

2

Schriften aus der Fakultät Humanwissenschaften der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Modellierung der Alltagsorganisation

Ein psychologisch basiertes Agentenmodell zur Erzeugung
der Verkehrsnachfrage

Ulrike Brüggemann



UNIVERSITY OF
BAMBERG
PRESS

Schriften aus der Fakultät Humanwissenschaften der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg 2

Schriften aus der Fakultät Humanwissenschaften der
Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Band 2



University of Bamberg Press 2009

Modellierung der Alltagsorganisation

Ein psychologisch basiertes Agentenmodell zur Erzeugung
der Verkehrsnachfrage

von
Ulrike Brüggemann



University of Bamberg Press 2009

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische
Informationen sind im Internet über <http://dnb.ddb.de/> abrufbar

Diese Arbeit hat der Fakultät Humanwissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Dissertation mit dem Titel "Mob-PSI: PSI lernt Alltagsorganisation oder Wie kann ein psychologisch basiertes Agentenmodell helfen, die Prognosekraft von sozio-technischen Multiagentensystemen zu verbessern?" vorgelegen.

1. Gutachter: Prof. Dr. Harald Schaub

2. Gutachter: Prof. Dr. Dietrich Dörner

Tag der mündlichen Prüfung: 13. November 2008

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Hochschulschriften-Server (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universitätsbibliothek Bamberg erreichbar. Kopien und Ausdrücke dürfen nur zum privaten und sonstigen eigenen Gebrauch angefertigt werden.

Herstellung und Druck: Digital Print Group, Erlangen

Umschlaggestaltung: Dezernat Kommunikation und Alumni

Foto auf dem Umschlag: Ute Jäger

© University of Bamberg Press Bamberg 2009

<http://www.uni-bamberg.de/ubp/>

ISSN: 1866-8674

ISBN: 978-3-923507-42-9 (Druckausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus-1744

Danksagung

Diese Arbeit wäre ohne den Ansporn, die Hilfe und die Unterstützung vieler Menschen nicht möglich gewesen; diese möchte ich an dieser Stelle würdigen:

Dies gilt zunächst der ‚wissenschaftlichen‘ Begleitung dieser Dissertation: Vielen Dank an Harry Lehmann, der mir die Idee eingegeben und den Mut gemacht hat, eine Promotion anzustreben, an Harald Schaub, der mir die Realisierung einer Promotion ermöglicht hat, an Dietrich Dörner und alle IfTP-Kolleg(inn)en für viele weiterführende theoretische Diskussionen, an Stefan Strohschneider, der mich an das wissenschaftliche Arbeiten heran geführt hat, und an meine IWK-Kolleg(inn)en, die das letzte Wegstück ‚motivatorisch‘ begleitet haben.

Ich danke den ‚Mutmachern‘ meiner ‚Promotions-Selbsthilfegruppe‘, bestehend aus Viola Hämmer und Cornelius Hagen, und den ‚Freizeit-Kraftspendern‘ der Formation der Tanzschule Rössert-Hahn, insbesondere meinem Tanzpartner Gerd Schneider.

Der größte Dank gilt jedoch meinem Ehemann Jens Meyer für die ‚Durchhalteparolen‘ und das ‚Rückenfreihalten‘ und meiner Schwiegermutter Ursula Meyer für die unermüdlichen Redigierungsarbeiten – alle verbleibenden Fehler sind allein mir zuzuschreiben.

Inhaltsverzeichnis

Prolog.....	17
Überblick.....	19
Teil I: Motivation und Grundlagen	27
1. Pragmatische Motivation	27
1.1. Was ist (städtische) Mobilität?	27
1.2. Welche Probleme gibt es mit der Mobilität?	30
1.3. Zusammenfassung.....	34
2. Was ist ein System und womit beschäftigt sich die Systemtheorie?.....	34
3. Modellieren und Simulieren.....	36
3.1. Was sind Sinn und Zweck von Modellbildung und Simulation?	37
3.2. Wie gelangt man zu einem Modell?.....	40
3.3. Was ist der (geeignete) Auflösungsgrad eines Modells?.....	45
4. Wie validiert man ein Modell?	50
4.1. Wie validiert man eine Theorie?.....	50
4.2. Welche Probleme können bei der Modellbildung und -validierung (komplexer) Systeme auftreten? Oder: Was ist der Unterschied zwischen der Modellierung von Kugeln und Menschen?	56
4.3. Was bedeutet dies für die wissenschaftliche Psychologie?	59
Teil II: State of the Art und Forschungsansatz	64
5. State of the Art.....	64
5.1. Wie arbeiten klassische systemtheoretische Modellierungsansätze?	65
5.2. Was ist das Agentenkonzept in der Informatik und wie hängt dies mit der Forschung zu künstlicher Intelligenz und zu künstlichem Leben zusammen?.....	66
5.3. Womit beschäftigt sich Forschung zur künstlichen Intelligenz (KI)?	68
5.4. Überblick über psychologische Modelle und Architekturen	72
5.5. Was kann die Verkehrs- und Mobilitätspsychologie beitragen?	74
5.6. Womit beschäftigt sich die soziale Systemtheorie?	77
5.7. Wie arbeitet die klassische Verkehrsmodellierung und welche alternativen Ansätze gibt es?	79
5.8. Wie arbeiten technische Optimierungsverfahren?	89
6. Für den Forschungsansatz relevante Erkenntnisse der Systemanalysen	92

6.1. Das aus den Systemanalysen gewonnene Systemverständnis in Kurzform.....	93
6.2. Wichtige aus den Systemanalysen gewonnene Eigenschaften des Gesamtsystems.....	94
6.3. Wichtige aus den Systemanalysen gewonnene Eigenschaften der Akteure.....	95
7. Forschungsansatz.....	95
8. Was ist die wissenschaftliche Motivation?.....	103
Teil III: Relevante psychologische Theorien und Modelle.....	105
9. Motivations- und Emotionspsychologie.....	107
9.1. Einleitung und Begriffsbestimmung.....	108
9.2. Überblick.....	112
9.3. Der evolutionsbiologische Zweck von Bedürfnissen.....	113
9.4. Tätigkeitszentrierte Anreize.....	115
9.5. Zieltheorien.....	116
9.6. Zusammenfassung.....	120
10. Handlungspsychologie.....	121
10.1. Phasischer Ansatz und Volitionspsychologie.....	123
10.2. Hierarchischer Ansatz und Handlungspsychologie.....	127
10.3. Zusammenfassung.....	133
11. Lern- und Gedächtnispsychologie.....	134
11.1. Lernpsychologie.....	135
11.2. Gedächtnispsychologie.....	145
12. Denken und Problemlösen.....	163
12.1. Informationsverfügbarkeit.....	165
12.2. Problemanalyse und -repräsentation.....	167
12.3. Denksportaufgaben vs. komplexes Problemlösen.....	170
13. Entscheidungspsychologie.....	171
14. Mobilitätspsychologie.....	180
14.1. Beiträge der Motivations-, Handlungs- und Entscheidungspsychologie.....	180
14.2. Beiträge aus der Gedächtnis- und Lernpsychologie.....	196
15. Die PSI-Theorie von Dörner und Mitarbeitern.....	201
15.1. Grundlegende Annahmen.....	204
15.2. Zusammenspiel der Prozesse, Modulation und Emotion.....	227
15.3. Wahrnehmen, Vorausblicken und Sichern.....	232
15.4. Absichtsbildung und -auswahl.....	236
15.5. Absichtsverfolgung.....	239
16. Zusammenfassung.....	241

17. Theoretische Differenzierung der PSI-Theorie für den modernen Menschen (Modern- Ψ).....	244
17.1. Welche Konzepte sind für ein ‚Modern- Ψ ‘ anzupassen und/oder zu differenzieren?.....	245
17.2. Konzeptionelle Differenzierung und Weiterentwicklung (Modern- Ψ)	251
17.3. Anwendung in der modernen Arbeitswelt.....	272
Teil IV: Anwendungsorientierte Ergebnisse	279
18. Ergebnisse auf der analytischen Ebene	281
18.1. Systemverständnis des Gesamtsystems ‚Städtische Mobilität‘ im Allgemeinen	281
18.2. Systemverständnis des ‚privaten Akteurs‘	285
18.3. Zustandsraumanalyse der ‚Alltagsorganisation‘	286
19. Simulationskonzept und technisch-organisatorische Setzungen und Rahmenbedingungen	307
19.1. Das Gesamtsimulationskonzept ‚Städtische Mobilität‘ (ILUMASS)	307
19.2. Das Simulationskonzept des ‚privaten Akteurs‘	313
20. Mob- Ψ	317
20.1. Motivationales System.....	317
20.2. Handlungsregulation.....	332
20.3. Gedächtnis und Lernen	348
20.4. Interak#tionen	351
20.5. Sonstige Weiterentwicklungen.....	355
20.6. Bestehende Probleme, erkannte Weiterentwicklungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten	358
20.7. Daten- und Rechenzeitproblematik.....	362
21. Abschließende Bewertung.....	365
Teil V: Evaluation	368
22. Nachweis der Wirksamkeit vorgenommener Weiterentwicklungen ...	372
23. Empirische Untersuchung der Plausibilität der erstellten Wochenabläufe.....	375
23.1. Zusammensetzung der Stichprobe	377
23.2. Mittelwertbildung	378
23.3. Die Bewertung von Reihenfolge und Tageszeit der Aktivitätsdurchführungen	380
23.4. Die Bewertung der zeitlichen Dauer der Aktivitätsdurchführungen	385
23.5. Die Bewertung der räumliche Distanz der gewählten Durchführungsstandorte	388

Verzeichnisse

23.6. Die Bewertung der Verkehrsmittelwahl	391
23.7. Die Selbsteinschätzung.....	394
23.8. Zusammenfassung	394
23.9. Qualitative Antworten	394
Teil VI: Resümee.....	396
Literatur	401

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Integration der Module des ILUMASS-Projektes	22
Abb. 2:	Prognosen des Pkw-Bestandes in der Bundesrepublik Deutschland	32
Abb. 3:	Unterschiedliche Prognosen der CO ₂ -Emissionen durch den Verkehr.....	32
Abb. 4:	Aufbau und Terminologie eines Regelkreises am Beispiel einer Wohnraumheizung.....	36
Abb. 5:	Das Black-Box-Problem anhand eines fiktiven Beispiels	48
Abb. 6:	Prognose bei verschiedenen Auslenkpositionen eines Stabpendels	55
Abb. 7:	Ein system dynamics Beispiel.....	65
Abb. 8:	Das Rucksack-Problem	89
Abb. 9:	Das Traveling-Salesman-Problem	89
Abb. 10:	Die drei Komponenten des motivationalen Geschehens	112
Abb. 11:	Das Rubikonmodell.....	125
Abb. 12:	Die hierarchisch-sequentielle Handlungsorganisation nach Hacker	129
Abb. 13:	Ein Handlungsfeld nach Oesterreich	130
Abb. 14:	Der Pawlowsche Hund.....	137
Abb. 15:	Eine Skinner-Box.....	138
Abb. 16:	Das klassische Drei-Speicher-Modell.....	149
Abb. 17:	Das Kurzzeitgedächtnis nach Baddeleys Theorie des Arbeitsgedächtnisses.....	152
Abb. 18:	Aktuelles Mehrspeichermodell	154
Abb. 19:	Das Restaurant-Skript	163
Abb. 20:	Das Spielbrett von Mensch ärgere Dich nicht	168
Abb. 21:	Der Turm von Hanoi.....	169
Abb. 22:	Ψ und seine Schnittstellen zur Umwelt	205
Abb. 23:	Beispiel für eine Umwelt von Ψ	207
Abb. 24:	Manipulative und lokomotive Operationen.....	208
Abb. 25:	Das sensorische Schema für das Erkennen eines Mondgesichts	210
Abb. 26:	Das motorische Schema für die Verhaltensweise ‚Kaffeetasche greifen‘	212
Abb. 27:	Die sogenannte Tripelhierarchie des Gedächtnisses.....	215
Abb. 28:	Überblick über Ψ	229
Abb. 29:	Die Bedürfnishierarchie.....	273
Abb. 30:	Das System ‚Städtische Mobilität‘	282

<i>Abb. 31:</i>	Integration der Module des Gesamtprojekts	308
<i>Abb. 32:</i>	Das Datenmodell	309
<i>Abb. 33:</i>	Die Relaxationsschleife.....	312
<i>Abb. 34:</i>	Der Wochenplanalgorithmus im Überblick	314
<i>Abb. 35:</i>	Teil eines Aktivitätsvorhabenrepertoires.....	320
<i>Abb. 36:</i>	Beispiel für ein häufigkeits- und ein dauercharakterisiertes Aktivitätsvorhaben.....	321
<i>Abb. 37:</i>	Ausschnitt aus der Liste der festgelegten Aktivitätstypen	322
<i>Abb. 38:</i>	Demonstration der Entscheidungsfindung	326
<i>Abb. 39:</i>	Demonstration Budgetierung	328
<i>Abb. 40:</i>	Demonstration Oberkategorien	328
<i>Abb. 41:</i>	Demonstration angepasster Durchführungsdauern	331
<i>Abb. 42:</i>	Zwei unmittelbar aufeinander folgende Planungsschritte.....	336
<i>Abb. 43:</i>	Demonstration Verkehrsmittelverfügbarkeit und -nutzbarkeit	342
<i>Abb. 44:</i>	Demonstration Suchraumwahl.....	346
<i>Abb. 45:</i>	Demonstration der Ermittlung des Haushaltsnettoeinkommens und der Verteilung des Mobilitätskostenbudgets.....	352
<i>Abb. 46:</i>	Demonstration der konsistenten Nutzung eines motorisierten Individualverkehrsmittels (MIV)	353
<i>Abb. 47:</i>	Demonstration Übertragung (Transfer) von Aktivitäten im Haushalt.....	353
<i>Abb. 48:</i>	Demonstration der ‚haushaltsweiten‘ Planungsreihenfolge	354
<i>Abb. 49:</i>	Demonstration Verkehrsmittelkombination und Ausgang.....	356
<i>Abb. 50:</i>	Demonstration der Verringerung der ‚Leerlaufzeiten‘ außer Haus	357
<i>Abb. 51:</i>	Demonstration der Wirksamkeit des Aktivitätentransfers	373
<i>Abb. 52:</i>	Demonstration der Wirksamkeit der Gelegenheits- und Suchraumwahl	374
<i>Abb. 53:</i>	Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person A.....	375
<i>Abb. 54:</i>	Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person B.....	376
<i>Abb. 55:</i>	Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person C.....	376
<i>Abb. 56:</i>	Altersverteilung und -durchschnitt der Stichprobe (ohne den Ausreißer mit 75)	378
<i>Abb. 57:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Reihenfolge der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C	383
<i>Abb. 58:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Tageszeit der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C.....	384

<i>Abb. 59:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der zeitlichen Dauer der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C.....	387
<i>Abb. 60:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der räumlichen Distanz der Durchführungsstandorte für die Wochenpläne A, B und C.....	390
<i>Abb. 61:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Verkehrsmittelwahl für die Wochenpläne A, B und C.....	393
<i>Abb. 62:</i>	Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Selbsteinschätzung für die Wochenpläne A, B und C	395

Tabellenverzeichnis

<i>Table 1:</i> Motive der Verkehrsmittelwahl.....	186
<i>Table 2:</i> Überblick über Ziel (Z), typische Anwendungsbedingungen (B) und -konsequenzen (K) der unterschiedlichen Operatorarten.....	306
<i>Table 3:</i> Mittelwerte der erfragten Items pro Wochenablauf.....	379

Abkürzungsverzeichnis

AVENA	akteureorientierte Verkehrsnachfragemodellierung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
IfTP	Institut für Theoretische Psychologie
ILUMASS	Integrated Land-Use Modelling and Transportation System Simulation
IRPUD	Institut für Raumplanung Universität Dortmund
ISB	Institut für Stadtbauwesen
LUIS	Lehr- und Forschungsgebiet Umweltverträgliche Infrastrukturplanung, Stadtbauwesen
MIV	motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
SimVV	integrierte Simulation von Verkehrsnachfrage und Verkehrsgeschehen
SysMob	Systemanalyse Mobilität
ZAIK	Zentrum für Angewandte Informatik Universität zu Köln

Prolog

Stellen Sie sich vor, Sie sind Bürgermeister(in)¹ einer Stadt, d.h. Ihre Aufgabe ist es, mithilfe der Stadtverwaltung die Geschicke dieser Stadt zu leiten und die vielfältigen und teilweise widersprüchlichen Erwartungen und Interessen der Einwohner möglichst gut unter einen Hut zu bringen.

Beispielsweise stellt sich das Problem, dass auf den zur Innenstadt führenden Straßen sehr oft Staus auftreten und sich demzufolge die Anwohner über das hohe Verkehrsaufkommen beschweren; weiterhin meldet das Umweltamt eine unzulässige Überschreitung der Luftverschmutzungs- und Lärmgrenzwerte und der Einzelhändlerverband klagt über zurückgehende Einnahmen. Die Ursache des Letzteren sei, dass die Innenstadt aufgrund der häufigen Staus schlechter erreichbar sei und somit die Käufer in Geschäfte auf der grünen Wiese in die Umlandgemeinden auswichen. Außerdem klagt die Stadtkasse, sie habe aus den gleichen Gründen geringere Einnahmen, da ihr Parkgebühren (der innerstädtischen Parkplätze) und Gewerbesteureinnahmen (der städtischen Ladenbesitzer) entgingen.

Im Stadtrat werden verschiedene Lösungen diskutiert: Einige schlagen vor, man könne die Straßen zurückbauen oder höhere Parkgebühren in der Innenstadt erheben, damit das Verkehrsaufkommen zurückgehe. Dies würde zwar die Verschmutzungsproblematik entschärfen, aber die Finanzproblematik der Ladenbesitzer verschärfen. Bezüglich der Stadtkasse wird kontrovers diskutiert, ob die zusätzlichen Einnahmen aufgrund der erhöhten Parkgebühren die entfallenden Einnahmen aufgrund der sinkenden Nachfrage nach Parkplätzen und die entfallenden Einnahmen aufgrund der sinkenden Steuereinnahmen kompensieren würden.

Andere schlagen wieder vor, die Straßen sogar auszubauen. Dies würde dazu führen, dass die innerstädtischen Geschäfte besser erreichbar wären und demzufolge dort mehr Menschen einkaufen würden. Dies wäre natürlich auf der einen Seite im Sinne der Geschäftsinhaber und der Stadtkasse, würde aber, auf der anderen Seite, die Verschmutzungsproblematik verschärfen. Die negativen Folgen der erhöhten Umweltbelastung könne man ja kompensieren, indem die Stadt den Einbau von Katalysatoren und Lärmdämmungsfenstern fördern würde. Dafür habe sie dann ja auch Geld, da die Einnahmen steigen würden. Aber ob das die Anwohner zufriedenstellen würde? Oder würden die Anwohner ins Umland ziehen, dort einkaufen und summa summarum hätten weder Ladenbesitzer noch Stadtkasse mehr Einnahmen?

Wieder andere schlagen vor, dass es doch viel einfacher und billiger sei, Park&Ride-Parkplätze zu bauen und den kostenlosen Transport in die

¹ Diese Ausdrucksweise wird aus Gründen des Leseflusses im Regelfall in dieser Arbeit vermieden werden; selbstverständlich sind jedoch auch bei nicht ausdrücklicher Nennung immer beide Geschlechter gemeint.

Innenstadt mit Ökobussen anzubieten. Dies würde mehr Menschen mit weniger Umweltverschmutzung in die Innenstadt bringen mit den entsprechend positiven Folgen für die Kassen und die Umweltqualität. Der finanzielle Aufwand sei auch geringer, da die baulichen Maßnahmen für Park&Ride-Parkplätze und die Anschaffung der Busse viel billiger seien als der Aus- oder Rückbau von Straßen. Außerdem seien diese Maßnahmen reversibel und schneller umsetzbar.

Dann gibt es noch eine Gruppe, die bezweifelt, ob die Bürger denn wie erwartet reagieren würden. Besonders dem letzten Vorschlag wird entgegengehalten, dass er auf dem Papier eine gute Idee sei, aber von den Bürgern nicht angenommen würde. Dem wird entgegengehalten, dann könnten ja noch zusätzlich die Parkgebühren erhöht werden und ...

Spätestens jetzt schwirrt sowohl dem Bürgermeister als auch dem Stadtrat und dem Leser der Kopf und sie fragen sich, wie sie ob der Komplexität der angedeuteten Verflechtungen fundiert beurteilen sollen, welche Maßnahmen zu welchen Effekten führen und welcher von zwei gegenläufigen Effekten überwiegt.

Die Antwort dieser Arbeit lautet, dass zum einen eine Computersimulation eine hilfreiche Unterstützung im Umgang mit komplexen Systemen wie diesem ist und dass zum anderen bestimmte Eigenschaften dieses Systems es erfordern, bei der inhaltlichen Ausgestaltung einer solchen Simulation ein psychologisches Modell menschlichen Handelns und Entscheidens zu verwenden.

Überblick

Das im Prolog exemplarisch beschriebene Problem ist nur eines unter vielen städtischen Managementproblemen. Der exemplarisch geschilderte Fall beschreibt im Speziellen ein Verkehrsproblem oder, ganzheitlicher gesprochen, ein Mobilitätsproblem, denn: Verkehr ist das Unterwegssein der Stadtbewohner, das durch die städtische Flächennutzung notwendig wird, d.h. er wird bedingt durch die räumliche Verteilung von verschiedenen Funktionen wie Wohnen, Arbeiten, Einkaufen etc. in einer Stadt. Dementsprechend spricht Belschner (Belschner, 1990 nach Flade, 1994, S.5) vom „Mobilitätsgebot“, das für die moderne Stadt typisch sei, da hier eine weitgehend räumliche Trennung der genannten Funktionen vorzufinden ist. Sowohl die Bedingungen der räumlichen Verteilung dieser Funktionen als auch der Möglichkeiten der Bewegung zwischen den Funktionsstandorten unterliegen städtischem Management, d.h. politischer Gestaltung. Diese Gestaltung erfordert bzw. ermöglicht die Mobilität der Einwohner und bedingt Art und Umfang des städtischen Verkehrs.

Die pragmatische Frage, die sich ganz allgemein stellt und die in dieser Arbeit am konkreten Anwendungsfall ‚Städtische Mobilität‘ bearbeitet wird, lautet: Wie kann man für derartige Systeme zu fundierten Annahmen über die Wirkungen von Maßnahmen kommen, die in ein solches System steuernd eingreifen sollen? Insbesondere stellt sich die Frage, wie die betroffenen Menschen auf diese Maßnahmen reagieren und wie sie die Maßnahmen und ihre Folgen beurteilen, sprich zu welchen objektiven und subjektiven Veränderungen diese Maßnahmen führen.

Bevor es um die Beantwortung dieser Frage geht, sei zunächst das ‚derartige Systeme‘ näher bestimmt, d.h. es wird eingegrenzt, für welche Art von Systemen (im Sinne von *Wirkungsgefügen*) das System ‚Städtische Mobilität‘ hier als exemplarischer Anwendungsfall dient und auf welche Art von Systemen somit die gefundenen Antworten anwendbar sein sollen:

‚Städtische Mobilität‘ dient als Beispiel für ein *komplexes, sozio-technisches* System, wobei mit Dörner² ein System als *komplex* bezeichnet werden soll, in dem sehr viele Bedingtheiten stark miteinander vernetzt sind, und mit *sozio-technisch* ein System bezeichnet werden soll, in dem sowohl physikalisch-technische Bedingungen als auch das Zusammenspiel des menschlichen Handlungs- und Entscheidungsverhaltens in einer Population eine Rolle spielen.

² „Die Existenz von vielen, voneinander abhängigen Merkmalen in einem Ausschnitt der Realität wollen wir als <<Komplexität>> bezeichnen. ... Der Grad an Komplexität ergibt sich also aus dem Ausmaß, in dem verschiedene Aspekte eines Realitätsausschnittes und ihre Verbindungen beachtet werden müssen, um eine Situation in dem jeweiligen Realitätsausschnitt zu erfassen und Handlungen zu planen.“ (Dörner, 1989, S.60)

Der sozio-technische Charakter des Systems findet sich auch in der Bezeichnung der Maßnahmen wieder, deren Wirkungen abgeschätzt werden sollen: Maßnahmen, die auf eine Veränderung der technischen Bedingungen abzielen, werden als *hard policies* bezeichnet; Maßnahmen, die auf eine Verhaltensänderung der menschlichen Akteure oder auf eine Veränderung von deren Interaktionen gerichtet sind, werden als *soft policies* bezeichnet (Brüggemann & Lehmann, 2001, S.5).

Um ein solches System zu verstehen und um somit eine Basis für die Abschätzung der Wirkung von in das System eingreifenden Steuerungsmaßnahmen zu haben, ist meiner Ansicht nach ein *Computersimulationsmodell* sehr hilfreich, d.h. eine auf einem dynamischen Modell eines solchen Systems basierende und auf einem Computer implementierte Simulation, mit der Szenarioexperimente durchgeführt werden können.

Die Integration psychologischer Theorien und Modelle in ein derartiges Systemmodell im Allgemeinen und in die Verkehrsmodellierung im Besonderen scheint mir geboten, da vielfach das normative, betriebswirtschaftlich geprägte Menschenbild des ‚homo oeconomicus‘ dominiert, d.h. es werden Nutzenmaximierungskalküle bezüglich objektivierbarer Größen (wie bspw. monetärer Kosten und Zeitaufwand) eingesetzt, die von einer expliziten Entscheidung des Handelnden ausgehen (siehe Kap. 14.1.6.). Dies scheint mir aus zwei Gründen für die Abbildung sozio-technischer Systeme nicht angemessen zu sein. Zum einen spielen bei Entscheidungen die subjektive Einschätzung objektiver Gegebenheiten (wie bspw. Bequemlichkeit) und soziale Faktoren (Macht xyz das auch so? Findet xyz das gut?) eine Rolle und zum anderen erfolgen gerade im Alltag viele Handlungen gewohnheitsmäßig, d.h. im engeren Sinne findet nicht tatsächlich eine Entscheidung statt. (Es wird weiter mit dem Auto zur Arbeit gefahren, weil das immer schon so gemacht wurde, und dabei wird evtl. die neu eröffnete, schnellere S-Bahn-Strecke übersehen.) Diese Ansicht wird durch (Systemanalyse)ergebnisse (Kap. 6.) im Rahmen des Projekts ‚Ökologisch verträgliche Mobilität in Städtischen Regionen‘ gestützt: „Objektiv betrachtet scheint das Handeln von Menschen vielfach irrational und nicht vorhersagbar, aber: Menschen handeln rational und zwar rational innerhalb ihrer subjektiven Sicht der Stadt ... und ihres subjektiven Bewertungsgefüges“ (Brüggemann & Lehmann, 2001, S.15). Weiterhin zeigte sich, „dass Menschen an Handlungen und Entscheidungen auch bei veränderten Bedingungen aus reiner ‚Gewohnheit‘ festhalten. ... Es gibt Arbeiten (Goodwin, 1977; Ortúzar & Willumsen, 1997), die solch ein verzögertes, träges Verhalten bei Verkehrsentscheidungen als Hysteresekurve beschreiben“ (Brüggemann & Lehmann, 2001, S.48): Bspw. liegt das Fahrpreisverhältnis Bus-Auto bei 0.8:2; der Busfahrpreis steigt und bei Erreichen des Verhältniswerts 1:2 wechseln Verkehrsteilnehmer vom Bus zum Auto; jetzt steigt auch der Autofahrpreis, aber das Zurückwechseln vom Auto zum Bus findet nicht bei Erreichen des Verhältniswertes 0.8:2 statt (bei dem zuvor das

Umsteigen vom Bus zum Auto erfolgte), sondern erst bei einem Verhältniswerts von 0.7:2.

Zusammenfassend lässt sich meiner Ansicht nach feststellen, dass die Modellierung sozio-technischer Systeme subjektive, individualisierbare Modelle erfordert, die unterschiedliche Entscheidungssituationen und in der Vergangenheit gemachte Erfahrungen berücksichtigen.

Dementsprechend geht der in dieser Arbeit verfolgte Forschungsansatz davon aus, dass ein sinnvolles Werkzeug zur Bearbeitung von Managementfragen hinsichtlich komplexer sozio-technischer Systeme das Konzept des *Multi-agentensystems* ist. Multiagentensysteme sind *mikroskopische* Computersimulationsmodelle, die das Verhalten des Gesamtsystems auf Basis des Zusammenspiels vieler einzelner, im Vergleich zum Gesamtsystem kleiner, Teile, den sogenannten *Agenten*, beschreiben. Diese Agenten handeln in Verfolgung ihrer eigenen Absichten autonom in einer virtuellen Umwelt, auf die sie Einfluss nehmen; dadurch verändern sie gegebenenfalls zukünftige Handlungsbedingungen (siehe Kap. 5.2.). Für die Modellierung sozio-technischer Systeme heißt das, dass jedes Individuum durch einen Agenten repräsentiert wird, der in einer durch technische und soziale Bedingungen geprägten Umwelt seine Handlungsziele verfolgt. Diesen Agenten sollte dabei ein psychologisch fundiertes individuelles Handlungsorganisations-, Handlungsplanungs- und Entscheidungsfindungsmodell zugrunde liegen, das lernfähig ist und das den Verhaltensspielraum von alltäglichem Routineverhalten bis hin zu seltener vorkommendem Problemlöseverhalten abdeckt. Ob des Umfangs und des Detaillierungsgrads eines solchen Modells erfolgen dessen Formalisierung und Implementierung sinnvollerweise mithilfe einer entsprechenden Computeranwendung (siehe Kap. 7.).

Konkret angewandt auf das sozio-technische System ‚Städtische Mobilität‘ unter Berücksichtigung der eingangs beschriebenen Verflechtung von Flächennutzung und Verkehrsgeschehen heißt dies, dass ein mikroskopisches, integriertes Computersimulationsmodell von Verkehrsgeschehen und Flächennutzung für städtische Regionen in Form eines Multiagentensystems benötigt wird. Jeder Stadtbewohner wird dabei durch einen Agenten repräsentiert, dessen Umwelt eine virtuelle Stadt ist, die von einer virtuellen Bevölkerung (den anderen Agenten) bewohnt wird.

Ein solches Modell ist sehr umfangreich und fordert daher verschiedenste Fachkenntnisse und die Aufteilung auf mehrere Arbeitsgruppen. Daher erfolgte die Entwicklung eines solchen Modells im Rahmen des Projektverbundes ILUMASS (Integrated Land Use Modeling and Transportation System Simulation, Beckmann et al., 2007). Im Zuge eines Gesamtkonzeptes verteilte dieser die zu erledigenden Arbeiten auf mehrere unabhängige Programm-Module (siehe Abb. 1), die auf der sogenannten *kurzfristigen* Zeitskala von einer Woche das alltägliche Verkehrsgeschehen und auf der sogenannten

mittelfristigen Zeitskala von einem Jahr die Entwicklung der Flächennutzung abbilden (siehe Kap. 6.1.):

In einem ersten Schritt werden die Daten, welche die synthetische³ Stadt (die virtuelle Umwelt) und die synthetische Bevölkerung dieser Stadt (die virtuelle Agentenpopulation) beschreiben, erzeugt; diese Daten werden im zweiten Schritt u.a. mit Beschreibungen durchzuführender Aktivitäten angereichert.

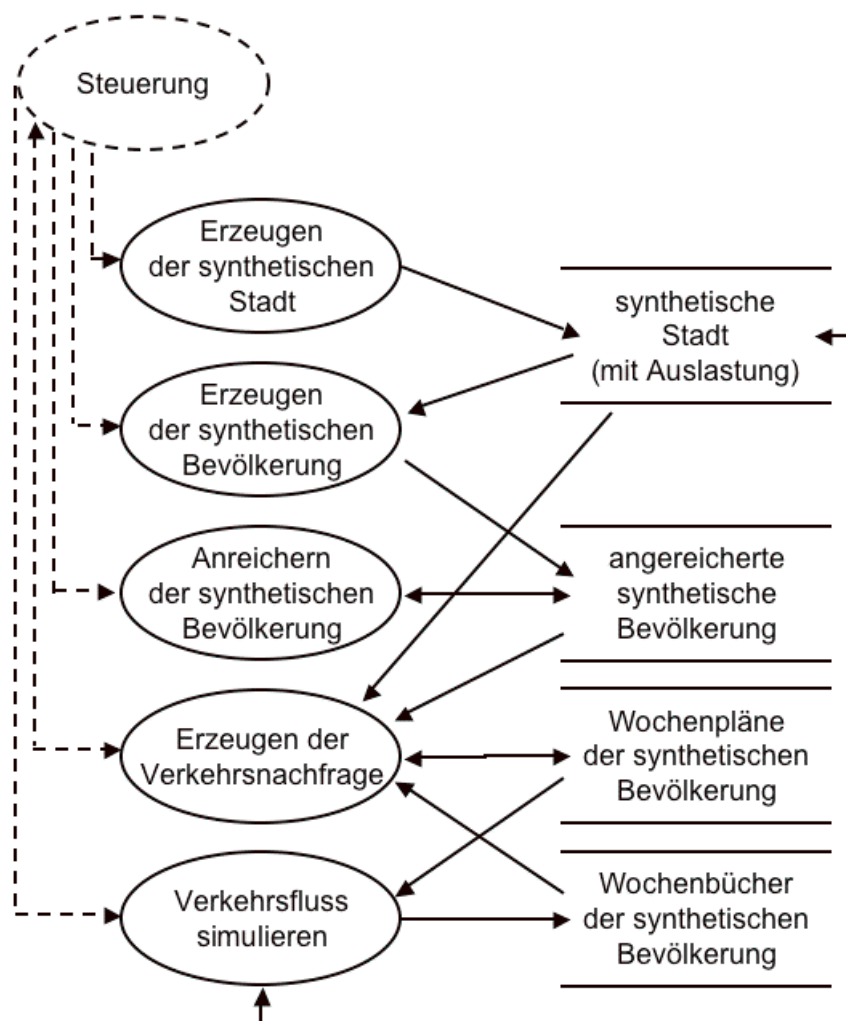


Abb. 1: Integration der Module des ILUMASS-Projektes

Quelle: eigene Darstellung

Nach der Schaffung dieses Ausgangszustands erfolgt die Simulation des alltäglichen Verkehrsgeschehens auf der sogenannten kurzfristigen Zeitskala: Das von mir am Wuppertal Institut (WI) und am Institut für Theoretische Psychologie der Universität Bamberg (IfTP) entwickelte *Mob- Ψ -Modul* erzeugt aus den Handlungszielen der Agenten und den in der Stadt wahrgenommenen Realisierungsmöglichkeiten die Verkehrsnachfrage in Form von sogenannten

³ Diese virtuelle Bevölkerung wird als ‚synthetisch‘, also als künstlich, bezeichnet, da sie in ihren statistischen Kennwerten jedoch nicht in der Ausprägung einzelner Personen empirisch erhobenen Daten entspricht (Details siehe Kap. 19.1.).

Wochenplänen, die aus beabsichtigten Aktivitäten, die in Funktionsstandorten durchgeführt werden, und aus resultierenden Wegen bestehen.

Dabei sehen sich die Agenten mit zwei klassischen in diesem Rahmen auftretenden Optimierungsproblemen konfrontiert, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem (bspw. Sedgewick, 1992 bzw. Russel & Norvig, 2003). Das Rucksack-Problem besteht darin, die Woche mit unterschiedlich langen und unterschiedlich wertgeschätzten Aktivitäten so zu füllen, dass eine möglichst ‚gute‘ Woche entsteht; das Rucksack-Problem besteht darin, eine Menge von Funktionsstandorten durch einen möglichst kurzen Weg zu verbinden (siehe Kap. 5.8.).

Technisch gesprochen wird die von meinem Mob- Ψ -Modul in Form von Wochenplänen erzeugte Verkehrsnachfrage durch eine *Verkehrsflusssimulation* auf das *Verkehrsnetz* umgelegt, d.h. vereinfacht gesagt wird die gleichzeitige Bewegung aller Agenten in der Stadt simuliert. Dadurch können sich von den vorgesehenen Abläufen abweichende Reisezeiten ergeben, die in den sogenannten *Wochenbüchern* vermerkt werden. Die beiden letztgenannten Schritte (Verkehrsnachfrageerzeugung und Verkehrsflusssimulation) werden so lange in einer Relaxationsschleife⁴ wiederholt, bis alle Wochenpläne gleichzeitig konsistent durchführbar sind.

Auf diese Art und Weise wird das alltägliche Verkehrsgeschehen einer als für ein Jahr repräsentativ angesehenen Woche erzeugt, auf deren Basis anschließend die Simulation der Flächennutzung auf der sogenannten mittelfristigen Zeitskala erfolgt: Sowohl die synthetische Bevölkerung als auch die Flächennutzung werden entsprechend fortgeschrieben. Die Relaxationsschleife und die Fortentwicklung der Bevölkerung und der Flächennutzung werden abwechselnd so oft wiederholt, wie es dem beabsichtigten Simulationszeitraum entspricht.

In dieser Arbeit wird zum Ersten im Problemaufwurf dargestellt, dass das Konzept eines Multiagentensystems, wie es z.B. durch den ILUMASS-Projektverbund realisiert wird, ein geeigneter Forschungsansatz zur Untersuchung sozio-technischer Systeme im Allgemeinen und städtischer Mobilität im Besonderen ist. Zum Zweiten wird argumentiert, dass eine zentrale Komponente eines solchen Konzepts ein Agent ist, der mit einem psychologisch fundierten Modell der mobilitätsrelevanten menschlichen Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung ausgestattet ist. Dafür werden zum Dritten eine mögliche Differenzierung der Dörnerschen PSI-Theorie (Dörner, 1999; Dörner, 2002) und ihre Übertragung auf Mobilität entworfen. Zum Vierten wird das von mir entwickelte Modell der Verkehrs-

⁴ Vereinfacht gesagt wird mit Relaxation ein Näherungsverfahren bezeichnet, das so lange eine bestimmte Berechnung unter Einbeziehung der zuvor errechneten Werte wiederholt, bis sich an den errechneten Werten keine wesentlichen Veränderungen mehr ergeben (detaillierte siehe Kap. 19.1.).

nachfrageentstehung vorgestellt und es wird gezeigt, was es leistet und inwiefern es bereits psychologische Theorien aufgegriffen hat.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt hierbei auf dem individuellen Agieren, womit eine Basis für eine – späteren Arbeiten vorbehaltene – Erweiterung um ein soziales Interagieren geschaffen wird. D.h. hier wird in einem ersten Schritt das Fundament eines umfangreichen Modells gelegt, das es erlaubt, die Wirkung von Maßnahmen auf allen möglichen Ebenen zu untersuchen, indem es ein möglichst umfassendes Menschenbild verwirklicht, statt den Menschen auf einen homo oeconomicus, sociologicus etc. zu reduzieren. Durch die Verwendung eines vervollständigten Menschenbildes würde die Beschreibungs- und Prognosekraft vorhandener Modelle erheblich verstärkt, die meiner Ansicht nach, wie bereits argumentiert, gerade durch eine derartige Reduktion begrenzt werden.

Insbesondere ergibt sich aus diesem Forschungsansatz die wissenschaftliche Fragestellung, die in dieser Arbeit behandelt wird: Welche psychologischen Theorien und Modelle sind geeignet, die Spannweite von alltäglichem, automatisiertem Handeln und Entscheiden bis hin zu problemlösendem Handeln und Entscheiden zu beschreiben, dabei den Einfluss von Erfahrung (Lernen) zu berücksichtigen und mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, die sich stellen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umzugehen? Und: Welche dieser psychologischen Theorien und Modelle sind hinreichend formalisiert oder lassen sich hinreichend formalisieren, sodass sie in ein Agentenmodell integriert werden können, welches im Rahmen eines Computersimulationsmodells in Form eines Multiagentensystems (MAS) eingesetzt wird?

Diese Fragestellung ist interdisziplinär, ist sie doch von ihren Inhalten her originär psychologischer Natur, bedarf der Systemtheorie zur Herleitung und Konstruktion eines geeigneten Modells und der Informatik zu dessen Formalisierung und Realisierung in Form eines Computersimulationsmodells. Dieser interdisziplinären Fragestellung entsprechend sind die Ziele der Bearbeitung dieser Fragestellung ein psychologisch fundiertes Agentenmodell für die Informatik, das menschliches Handeln und Entscheiden abbildet, die Überprüfung der verwendeten psychologischen Theorien und Modelle durch das Computersimulationsmodell und, last but not least, ein verbessertes Computersimulationsmodell zur Bearbeitung städtischer Managementprobleme.

Die Herleitung des Forschungsansatzes und die Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung erfolgen in dieser Arbeit am konkreten Anwendungsfall ‚Städtische Mobilität‘, ohne dabei jedoch aus dem Blick zu verlieren, dass die Art und Weise der Problemstellung nicht einzigartig ist, sondern sich in vielen anderen Bereichen in gleicher oder ähnlicher Form wiederfindet. Damit lassen sich die im Bereich ‚Mobilitätsmanagement in

Städten' gefundenen Einsichten und Lösungen auch auf andere Anwendungsbereiche nutzbringend übertragen.

Die Arbeit ist so aufgebaut, dass im Teil I (Motivation und Grundlagen) die pragmatische Relevanz des Problems dargestellt (Kap. 1.), der grundlegende Begriff des Systems geklärt (2.), auf Sinn und Zweck von Modellbildung und Simulation eingegangen (Kap. 3.) und das Problem der Validierung von Theorien und Modellen diskutiert (Kap. 4.) wird.

In Teil II (State of the Art und Forschungsansatz) wird aus dem Stand der Technik (Kap. 5.) und aus einer detaillierteren Problemanalyse (Kap. 6.) der Forschungsansatz hergeleitet (Kap. 7.) und die Arbeit wissenschaftlich motiviert (Kap. 8.).

Im Teil III (Relevante psychologische Theorien und Modelle) werden der wissenschaftlichen Fragestellung dieser Arbeit entsprechend zunächst die überprüften psychologischen Theorien und Modelle dargestellt (Kap. 9.-14.) und im Hinblick auf ihre mögliche Nutzung zusammenfassend bewertet (Kap. 15.). Hieraus ergibt sich die Entscheidung für die Verwendung der PSI-Theorie (Kap. 16.), deren notwendige Differenzierung im Hinblick auf den modernen Menschen (Kap. 17.) den theoretischen Teil abschließt; diese Differenzierung ist das Ergebnis dieser Arbeit auf der theoretischen Ebene.

Im Teil IV werden die anwendungsorientierten Forschungsergebnisse dieser Arbeit dargestellt, die auf drei Ebenen liegen: Erstens gibt es die ‚vorpsychologischen‘, aus systemanalytischen Arbeiten stammenden, Ergebnisse und Einsichten (Kap. 18.). Zweitens bedingen diese analytischen Arbeiten das grundlegende Simulationskonzept, mündeten in der Konzentration der eigenen Arbeiten auf die Erzeugung der Verkehrsnachfrage im AVENA-Modell und führten zur Eingliederung dieser Arbeiten in den ILUMASS-Projektverbund (Kap. 19.). Drittens forderten diese analytischen Arbeiten zunehmend eine psychologische Plausibilisierung und Weiterentwicklung des AVENA-Modells: Daraus resultierte dessen psychologische Überprüfung im ILUMASS-Projekt und dessen Verschmelzung mit einer für diesen Zweck theoretisch differenzierten PSI-Theorie (Kap. 17.) zum psychologisch fundierten Mob- Ψ -Modell (Kap. 20.) im Rahmen dieser Arbeit. In diesem Zuge werden technische Weiterentwicklungen erläutert, offene Probleme und der Weiterentwicklungsbedarf diskutiert und abschließend das entwickelte Modell im Hinblick auf die gesetzten Modellierungsziele bewertet.

Im Teil V erfolgen die Evaluation des entwickelten Modells durch Wirksamkeitsnachweise und eine empirische Überprüfung der Plausibilität der erzeugten Wochenabläufe.

In Teil VI (Resümee) erfolgen die Zusammenfassung und der Ausblick. Hier wird abschließend aufgezeigt, was eine als Computersimulationsmodell formalisierte psychologische Theorie leisten kann und welche Fortschritte ein

solches Modell auf dem Weg zu einer psychologisch fundierten Agentensimulation im Allgemeinen und einer besseren Verkehrsmodellierung im Speziellen ermöglicht.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das Problem, das in dieser Arbeit exemplarisch für eine Reihe ähnlich gelagerter Probleme durch psychologisch fundierte Modellbildung angegangen wird, städtisches Mobilitätsmanagement ist und dass das dafür vorgeschlagene Werkzeug ‚mikroskopisches, integriertes Modell von Verkehrsgeschehen und Flächennutzung für städtische Regionen‘ beschrieben wird.

Der Fortschritt liegt dabei in der Herleitung und Formalisierung eines psychologischen fundierten Agentenmodells der Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung, welches auf menschliche Art und Weise mit zwei klassischen Optimierungsproblemen (Rucksack und Traveling-Salesman) umgeht und die Voraussetzung schafft, dabei stattfindende Lernprozesse abzubilden und sowohl alltägliches Routineverhalten als auch problemlösendes Verhalten abzudecken.

Die Ziele dieser Arbeit sind somit die Propagierung der formalisierten Modellbildung in der Psychologie durch Computersimulationsmodelle, die Überprüfung dafür geeigneter psychologischer Theorien und Modelle und die Nutzbarmachung dieser Erkenntnisse für die Simulation menschlichen Handelns und Entscheidens in sozio-technischen Multiagentensystemen im Allgemeinen und im Anwendungsbereich Mobilität im Besonderen.

Teil I: Motivation und Grundlagen

Dieser Teil der Arbeit verfolgt zwei Ziele:

Das erste Ziel ist eine Einordnung der Bedeutsamkeit und der Wichtigkeit der eingangs vorgestellten Managementproblematik von städtischer Mobilität. Diese Frage wird am Anfang dieses Teils aus einer pragmatischen Perspektive beantwortet (Kap. 1.).

Das zweite Ziel dieses Teils ist die Erläuterung einiger grundlegender Begriffe und Probleme, als Basis für den Teil II (State of the Art und Forschungsansatz). Hierfür wird zunächst der Begriff des Systems eingeführt und auf die sich mit Systemen beschäftigende Theorie eingegangen (Kap. 2.). Weiterhin erfolgt eine Erläuterung der zentralen Begriffe Modell und Simulation (Kap. 3.). Abschließend wird in diesem Teil das Problem der Validierung angesprochen (Kap. 4.).

1. Pragmatische Motivation

In diesem Kapitel geht es um die Frage nach der Nützlichkeit der Problemlösung und damit um die Rechtfertigung des betriebenen Aufwands: Was ist städtische Mobilität, in welchem Ausmaß betrifft ihr Management die Menschen und warum spielen sowohl Verkehrsgeschehen als auch Flächen-nutzung eine Rolle (Kap. 1.1.)? Welche Probleme entstehen aus städtischer Mobilität und inwiefern sind Mensch und Umwelt durch diese Probleme betroffen (Kap. 1.2.)?

1.1. Was ist (städtische) Mobilität?

Einleitend wird zunächst die Frage beantwortet, was unter Mobilität verstanden wird: Es lassen sich grob zwei Bedeutungen unterscheiden, die beide durch diese Arbeit abgedeckt werden:

- Zum einen Mobilität im Sinne der Möglichkeit zur Ortsveränderung und
- zum anderen Mobilität im Sinne der erbrachten Verkehrsleistung.

Mobilität im Sinne der Möglichkeit zur Ortsveränderung ist für Menschen notwendig, da sich nicht alles, was für die Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse notwendig ist, an einem Ort befindet. Dies gilt für jeden Menschen und galt zu allen Zeiten: Schon der präneolithische, als Jäger und Sammler lebende Mensch musste sich mit dem natürlichen Nahrungsangebot bewegen. Auch der sesshaft gewordene neolithische, als Ackerbauer und Hirte lebende Mensch musste sich zwischen verschiedenen Feldern, Weiden, Nahrungsspeichern, Wohnhäusern und Tauschmärkten bewegen. Mit zunehmend differenzierterer Arbeitsteilung begannen insbesondere die im sekundären (verarbeitenden) und tertiären (dienstleistenden) Sektor tätigen Menschen in Ansiedlungen und Städten zu leben. Dieser Bevölkerungsteil stieg insbesondere

im Rahmen der industriellen Revolution und im Rahmen der Wandlung hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft an. In diesem Rahmen erfolgte eine drastische Verschiebung der Verteilung der arbeitenden Bevölkerung auf die drei Sektoren vom primären (produzierenden) Sektor in den sekundären (verarbeitenden) und tertiären (dienstleistenden) Sektor.

Im heutigen Deutschland leben 90% der Bevölkerung in städtischen Regionen⁵ und organisieren dort ihren Alltag zwischen dem Wohnen zu Hause, dem Arbeiten in der Firma oder im Büro, dem Einkaufen in den Geschäften und dem Erholen in den Freizeiteinrichtungen oder zu Hause. Etwas allgemeiner ausgedrückt: Menschen führen bestimmte *Aktivitäten* (Wohnung, Arbeitsstelle, Geschäfte etc.) durch, um ihre Bedürfnisse (Schlafen, Essen, Trinken, Geselligkeit etc.) zu erfüllen, und diese Aktivitäten sind nur an unterschiedlichen *Funktionsstandorten* (Wohnungen, Betriebe, Geschäfte, Freizeiteinrichtungen etc.) möglich. Für die *Wege* zwischen diesen unterschiedlichen Orten stehen diverse *Verkehrsmittel* (Fahrrad, Bus, Auto etc.) zur Verfügung, die die Überwindung der räumlichen Distanzen mit unterschiedlichem *Ressourceneinsatz* (Zeit, Geld etc.) ermöglichen.

Eine besondere Betonung liegt hierbei auf dem Wort *Alltag*, denn wie das Wort schon sagt, findet das tägliche Leben im Regelfall jeden Tag auf eine sehr ähnliche Art und Weise statt: Menschen haben nicht permanent völlig neue oder andere Bedürfnisse; sie sehen sich im städtischen Leben nicht permanent völlig neuen und unbekanntem Situationen und Problemen gegenüber, die erforscht bzw. gelöst werden müssen, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Im Gegenteil: „The majority of our actions (and even decisions) during work and leisure is governed by routinized program“ (Klumb, 1995, S.1 mit Verweis auf bspw. Simon, 1947, March & Simon, 1958 und March & Simon, 1958) und „Ein hoher Prozentsatz unserer täglichen Verrichtungen (ich schätze: gewöhnlich über 90 Prozent unseres Gesamtverhaltens) besteht aus dem <<Feuern>> von Verhaltensprogrammen, die automatisch ablaufen. ... Solche Automatismen ersparen uns Reflexion und Probieren ... Sie gehen ohne Nachdenken. Allerdings auch mitunter schief!“ (Dörner, 1999, S.94)

D.h. die Stadtbewohner verfügen über einen reichhaltigen Erfahrungsschatz bezüglich der Organisation des alltäglichen Lebens, der ihr Verhalten bestimmt: Der größte Teil des Verhaltens, und damit auch des Mobilitätsverhaltens, ist Routine. Es handelt sich hier also um hochgeübte Verhaltensweisen, die in entsprechenden Situationen nahezu automatisch ausgelöst werden, deren Ausübung keiner oder nur einer geringen bewussten Regulation bedarf und im Rahmen derer keine expliziten Entscheidungen erfolgen, die als Problem betrachtete Sachverhalte betreffen (vgl. Kap. 12. und 13.). Im Allgemeinen führt

⁵ Nach dem Statistischen Jahrbuch 2004 (Statistisches Bundesamt, 2004) leben 93% der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in Gemeinden mit mehr als 2000 Einwohnern; in Deutschland spricht man bei einer städtischen Siedlung mit mehr als 2000 Einwohnern von einer Stadt (<http://de.wikipedia.org> am 14.07.2005).

erst das ‚Schiefgehen‘ von Routinen dazu, dass diese überdacht werden und sich somit Verhalten gegebenenfalls wesentlich verändert.

Mobilität, im Sinne der erbrachten Verkehrsleistung, d.h. im Sinne der Anzahl und der Länge der mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln zurückgelegten Wege, entsteht, wie oben ausgeführt, ursächlich durch die Bedürfnisse der Menschen, die durch die Durchführung bestimmter Aktivitäten an entsprechenden Funktionsstandorten gestillt werden. Die Durchführung all dieser Aktivitäten an einem Ort ist weder für den Einzelnen und erst recht nicht für eine in Arbeitsteilung zusammenlebende Gemeinschaft von Menschen möglich. Durch Entscheidungen, die die räumliche Verteilung der Funktionsstandorte und die Art und Weise der Überwindung der räumlichen Distanzen zwischen diesen Standorten betreffen, entsteht die spezifische Ausprägung der erbrachten Verkehrsleistung. Diese wird häufig durch den sogenannten *modal split* charakterisiert, d.h. durch die Anzahl und die Länge der Wege, die mit den unterschiedlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden.

Entscheidungen, die räumliche Verteilung betreffend, werden im Folgenden als *mittel- und langfristige Entscheidungen* bezeichnet, da sie in ihren Konsequenzen Zeiträume von Monaten und Jahren betreffen. Sie führen zu dem, was im Überblick als *Flächennutzung* eingeführt wurde. Entscheidungen, den alltäglichen Stadtverkehr betreffend, werden im Folgenden als *kurzfristige Entscheidungen* bezeichnet, da sie in ihren Konsequenzen eher Stunden und Tage betreffen. Sie führen zu dem, was üblicherweise als *Stadtverkehr* (oder im Folgenden auch als *alltägliches Verkehrsgeschehen*) bezeichnet wird, nämlich zur Auslastung der Straßen und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) einer Stadtregion.

Aber nicht nur die Flächennutzung bedingt, wie zuvor beschrieben, das Verkehrsgeschehen, sondern das Verkehrsgeschehen hat auch umgekehrt einen Einfluss auf die Flächennutzung, da bspw. in schlecht erreichbaren Gebieten Funktionsstandorte aufgegeben werden und in gut erreichbaren Gebieten Funktionsstandorte entstehen. Daher muss man, wenn man sich mit städtischer Mobilität beschäftigt, sowohl die Flächennutzung als auch das alltägliche Verkehrsgeschehen, als auch deren gegenseitige Einflussnahmen berücksichtigen.

Es bleibt festzuhalten, dass ein Modell städtischer Mobilität sinnvollerweise inhaltlich sowohl das alltägliche Verkehrsgeschehen als auch die Flächennutzung integrieren sollte. Weiterhin ist festzuhalten, dass die Organisation von Mobilität in Städten den Großteil der Bevölkerung (90% in Deutschland) in dem größten Teil ihrer Zeit (Alltag, schätzungsweise 90%) betrifft.

1.2. Welche Probleme gibt es mit der Mobilität?

Die Notwendigkeit, mobil zu sein, die Organisation dieser Mobilität und sich daraus ergebende Bedingungen, Einschränkungen und insbesondere Probleme hat es schon immer gegeben:

„Praktisch konstant über Generationen und quer durch verschiedene Kulturen ist der zeitliche Aufwand für Verkehr: Etwa eine Stunde pro Tag ist man durchschnittlich unterwegs. Dabei gibt es selbstverständlich große individuelle Abweichungen und auch Unterschiede von Tag zu Tag. Im Mittel ist dieser Wert jedoch so stabil, dass man damit sogar die Entwicklung der Stadtgrößen erklären kann: Städte erreichen ebenfalls einen Durchmesser von etwa einer Stunde, sie wachsen im Ausmaß der Verkehrsgeschwindigkeiten. Zwar wird die Hypothese vom konstanten Reisezeitbudget nicht mit dem Anspruch eines Naturgesetzes zu vertreten sein, sie stellt jedoch eine gute gesicherte Erfahrungstatsache dar. Noch mehr erstaunt die Tatsache, dass auch die Anzahl der Wege im statistischen Mittel kaum Veränderungen unterworfen ist ... Die Dauer eines Weges ist dabei ziemlich unabhängig von der geographischen Lage ... So gesehen hat sich unsere Mobilität praktisch nicht verändert: Wir erreichen in der gleichen Zeit wie früher die gleiche Anzahl von Zielen wie früher. Auch die Art der Ziele hat sich nicht stark geändert, wohl aber deren Distanz.“ (Petersen & Schallaböck, 1995, S.67/8)

Der aus dem Handelswesen resultierende Verkehrsfluss des Imperium Romanum wurde bis zum 20. Jahrhundert nicht übertroffen und Kriege wurden in Abhängigkeit von den verkehrlichen Bedingungen geführt (Salin, 1964). Aber dabei sollen „Der Bau der Verkehrswege und der Verkehrsmittel sowie ihr Unterhalt und Betrieb ... im Altertum gigantische ökologische Schäden angerichtet haben. Der Bau großer Flotten, so ist zu lesen, soll zu den Zeiten der Römer so viel Holz verschlungen haben, daß die vorher dicht mit Nadelwäldern bestandenen Höhen des Apenin und des Balkans kahl wurden ... Nach schriftlichen Zeugnissen vom Anfang des Jahrtausends soll in Nordafrika und im Nahen Osten in vielen Regionen noch eine dichte Vegetation geherrscht haben, wo jetzt nur noch Wüsten sind.“ (Petersen & Schallaböck, 1995) Und: „Verkehrsprobleme, völlig analog denen des 20. Jahrhunderts, ergaben sich in den chaotisch wuchernden Großstädten, zumal in Rom. Im Vordergrund, – nahezu unlösbar – : das Problem der Verstopfung und das Problem des Lärms. Schon in augusteischer Zeit klagt Horaz, dass er mitten in den Fluten und Stürmen der Stadt nicht zu dichten vermöge.“ (Salin, 1964, S.6)

Auch für die nähere Vergangenheit und insbesondere hinsichtlich des städtischen Autoverkehrs lässt sich feststellen, dass die „Kritik am städtischen Autoverkehr ... fast ebenso alt wie das Auto selbst [ist]. Unfallgefahren, Lärm und Abgase sind bereits vor dem Ersten Weltkrieg in Publikationen gegeißelt worden. Die Verödung der autogerecht umgestalteten Stadtstraßen wurde beklagt, die durch das Auto beförderte Suburbanisierung am Beispiel der

amerikanischen Städte früh erkannt“ (Brüggemann & Lehmann, 2001, S.1). Die Erhöhung der Mobilität und die Zunahme des Verkehrs im Allgemeinen, aber auch die erhebliche Zunahme des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Besonderen hat in den Städten inzwischen zu weit reichenden Konsequenzen geführt. „Das Wissen darum, dass das wachsende Verkehrsaufkommen und insbesondere der Anstieg des motorisierten Individualverkehrs eine Reihe von Problemen mit sich bringt, ist heute Allgemeingut“ (Gorr, 1997, S.VII). Als einen Faktor für die Zunahme der „Unwirtlichkeit unserer Städte“ hat schon Mitscherlich vor über 30 Jahren die Zunahme des Verkehrs und die damit verbundenen Belastungen benannt (Mitscherlich, 1965; Mitscherlich, 1971).

Doch trotz dieser Kritik sind Forderungen nach einem weniger stadtbelastenden Verkehr, nach einer „Verkehrswende“ (Heidbreder & Hesse, 1990; Monheim, 2000) weitgehend erfolglos geblieben (Brüggemann & Lehmann, 2001). Die Belastungen für Mensch und natürliche Umwelt liegen nach wie vor weit über den Verträglichkeitsgrenzen, an denen sich die Planung seit Jahrzehnten zu orientieren sucht (Petersen & Schallaböck, 1995).

Sowohl bei der Entwicklung von Konzepten für eine nachhaltige Verkehrspolitik als auch bei der Entwicklung von Maßnahmen für eine integrierte Verkehrsplanung stößt man immer wieder auf das Problem der eingeschränkten Vorhersagemöglichkeit zukünftiger Entwicklungspfade in den Bereichen Mobilität und Verkehr. Dies gilt sowohl für die Bereiche der zu erwartenden Schadstoffemissionen, der technischen Entwicklungen, der Verkehrsnachfrage und der Mobilitätsangebote als auch für die Anzahl der Pkw-Zulassungen, die Menge zu transportierender Güter, die Verkehrsleistungen, die verkehrspolitischen Entwicklungen, die Änderungen in der Verkehrs- und Stadtentwicklungsplanung und für vieles Weitere mehr. So gingen, wie die beiden folgenden Beispiele zeigen, die Entwicklungen in den Bereichen Mobilität und Verkehr oft rasanter, steiler, gefährlicher und auswirkungsreicher vonstatten, als sämtliche erstellten Prognosen voraussagten:

- So hat „der Zuwachs an Autoverkehr während der vergangenen Jahrzehnte ... Prognostiker und Verkehrsplaner in seinem Umfang gleichermaßen überrascht. Wurde noch vor 40 Jahren in einer der ersten Shell-Prognosen (Deutsche Shell GmbH, 1959) zur Pkw-Bestandsentwicklung in Westdeutschland von einer baldigen Bestandssättigung in Höhe von ca. 13 Mio. Pkw ausgegangen, so verschob sich dieser Erwartungswert mit den jeweils neueren Prognosen immer weiter nach oben (Deutsche Shell GmbH, versch. Jahre). Die Pkw-Fahrleistung hat sich dabei – von keinem Experten vorausgesagt – seit 1960 etwa auf das Fünffache erhöht, innerhalb der letzten 20 Jahre noch mehr als verdoppelt. In diesem Zeitraum haben sich die Mobilitätsgewohnheiten der Menschen und die Raumstrukturen tief greifend verändert“ (Brüggemann & Lehmann, 2001, S.1; vgl. auch Abb. 2).

- Auch die CO₂-Emissionen durch den Verkehr wurden, wie die Abbildung (siehe Abb. 3) zeigt, sehr unterschiedlich eingeschätzt.

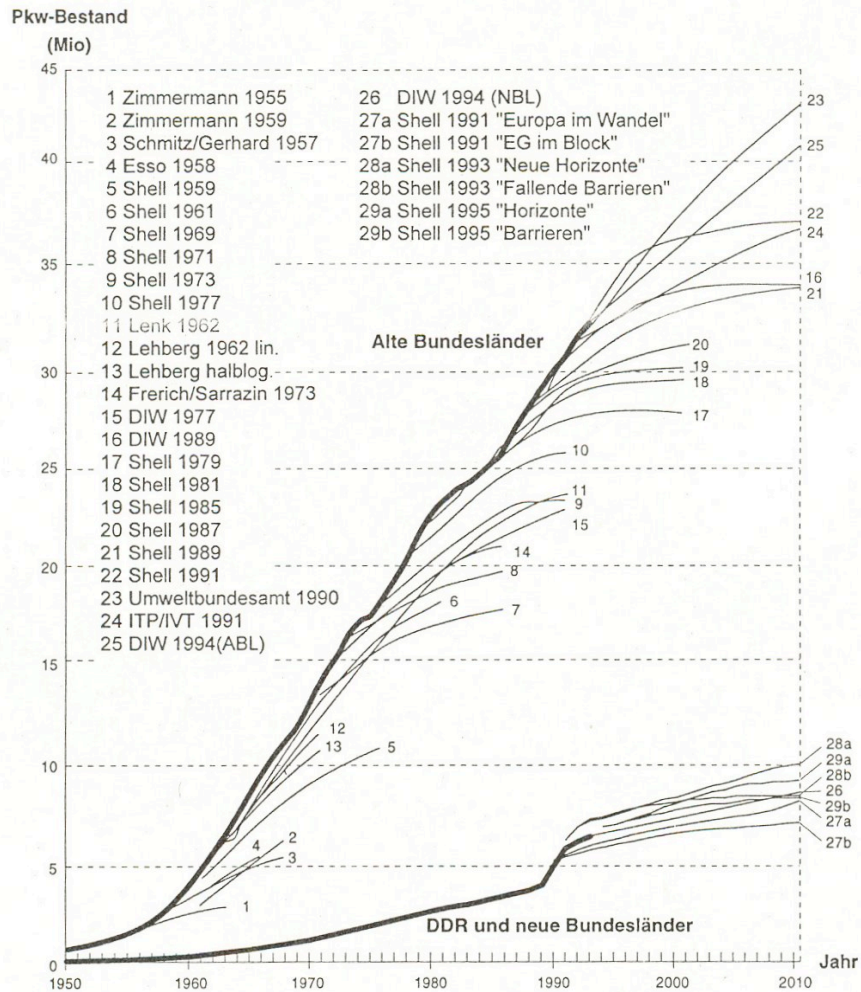


Abb. 2: Prognosen des Pkw-Bestandes in der Bundesrepublik Deutschland
Quelle: Kill, 1997, S.92

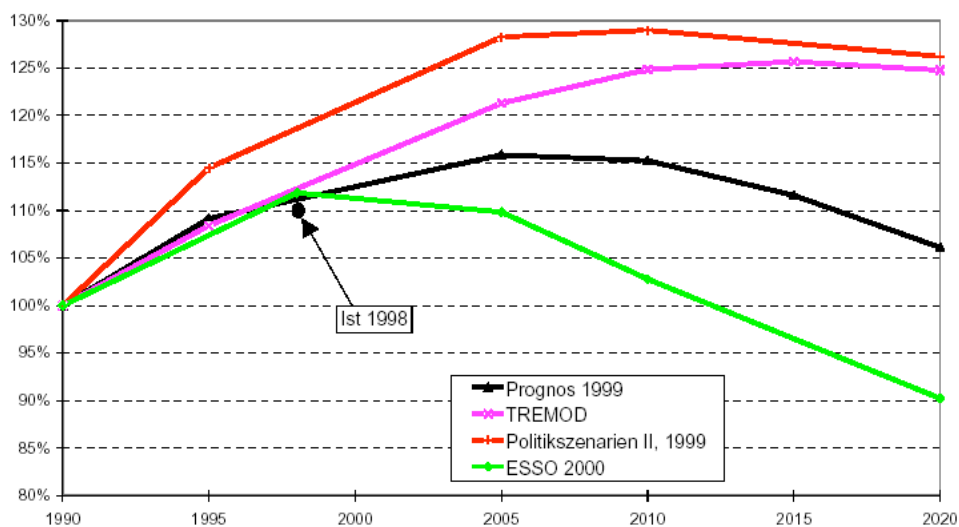


Abb. 3: Unterschiedliche Prognosen der CO₂-Emissionen durch den Verkehr
Quelle: Bundesministerium für Umwelt, 2000, S.60

‚Mobilität‘ stellt sich also nicht nur als politisches und planerisches, sondern ebenfalls als prognostisches Problem dar. Nicht nur, weil es – wie oben beschrieben – ein komplexes und widersprüchliches Problem ist, sondern (und vor allem), weil neben der dem ‚Verkehr‘ und der ‚Mobilität‘ inhärenten Eigendynamik auch ständig in das System eingegriffen wird und offensichtlich die Reaktion der Menschen auf diese Eingriffe falsch eingeschätzt wird.

Der historische Rückblick und sowohl die frühen als auch die aktuellen Veröffentlichungen sind ein Hinweis darauf, dass Menschen sich (stark) betroffen fühlen. Dies kann wohl auch jeder aus eigener Erfahrung bestätigen: Jeder hat sich schon einmal mehr oder minder über Verkehrslärm oder Luftverschmutzung geärgert und jeder weiß aus eigener Erfahrung oder aus der Presse von Bürgerinitiativen für oder gegen Verkehrsprojekte zu berichten.

Das Management von Mobilität in Stadtregionen ist also anscheinend ein Problem, das die Menschen bewegt und für das es noch keine zufriedenstellende Lösung gibt. Offensichtlich werden die zugrunde liegenden Mechanismen noch nicht vollständig in ihrem Zusammenspiel verstanden, da ansonsten eine Prognose einfacher und zuverlässiger möglich wäre. Es bleibt festzuhalten, dass es ein relevantes Problem gibt, bezüglich dessen aus wissenschaftlicher Sicht offensichtlich ein Forschungsbedarf besteht.

Diese Problematik ist und bleibt bestehen, da zwar die bereits angesprochene Luftverschmutzungsproblematik durch die Einführung der Katalysatortechnik angegangen wurde, jedoch der Reduktionseffekt durch das Verkehrswachstum konterkariert wird. Hinzu kommt u.a., dass Katalysatoren im Stadtverkehr nicht ihre volle Leistung entfalten und dass sie Alterung und Verschleiß unterliegen. „Schließlich: Nur wenige der vom Auto verursachten Umweltbelastungen lassen sich durch Katalysatoren beseitigen“ (Petersen & Schallaböck, 1995, S.92; vgl. auch Lambrecht et al., 2001). Denn weitere Umwelt- und Gesundheitsbelastungen sind

- die Lärmbelastung,
- die Feinstäube aus Kraftstoffverbrennung und Abrieb (Reifen, Bremsbeläge, Asphalt etc.),
- der Material-, Energie- und Flächeneinsatz für Fahrzeuge im fahrenden und ruhenden Verkehr und für Infrastrukturen⁶,
- die Trennwirkung von Straßen und
- die Unfallrisiken durch den Verkehr.

⁶ „- statistisch – [wird] eine Tonne Automasse zum Transport von eineinhalb Personen, also etwa 110 Kilogramm, beschleunigt und wieder abgebremst“ (Petersen & Schallaböck, 1995, S.123); jedes fahrende Auto benötigt 40 Quadratmeter Straßenfläche bei Stadttempo (Petersen & Schallaböck, 1995, S.133); in Städten ist der Platzbedarf für Kraftfahrzeugverkehr mittlerweile höher als für Wohnzwecke (Petersen & Schallaböck, 1995, S.293); der PKW zeigt den mit Abstand höchsten Flächenbedarf der Stadtverkehrsmittel im fließenden Verkehr (Lambrecht et al., 2001, S.17

„Städtische Mobilität“ verursacht also ein erhebliches Umweltproblem und es ist ein Irrglaube zu meinen, die durch Verkehr verursachte Umweltproblematik sei eine reine Luftverschmutzungs- und Lärmproblematik, die man durch moderne Filter-, Katalysator- und Dämmtechnik als technisch gelöst betrachten kann. Zum einen sind diese Technologien nicht vollständig durchgesetzt und zum anderen bleiben der Abrieb (und die draus entstehende Feinstaubproblematik) und der Energie-, Material- und Flächenverbrauch (und die daraus entstehende Ressourcenverknappung) bestehen, die in ihrem Ausmaß insbesondere durch die starke Individualisierung des Verkehrs verursacht werden. In der Konsequenz wird ein Strukturwandel des Mobilitätssystems gefordert (Petersen & Schallaböck, 1995).

1.3. Zusammenfassung

Mit diesem Kapitel wurde die Frage nach der pragmatischen Relevanz dieser Arbeit beantwortet: Das Management „Städtische Mobilität“ stellt ein viele Menschen in erheblichem Ausmaß betreffendes Problem dar, das bislang nicht zufriedenstellend gelöst werden konnte, da die Wirkungszusammenhänge dieses Systems offensichtlich nicht hinreichend genug verstanden werden, um (längerfristig) zutreffende Prognosen zu ermöglichen.

Für eine fundierte Einschätzung der wissenschaftlichen Relevanz sei auf das Ende des zweiten Teils verwiesen (Kap. 8.), da als Basis hierfür noch einige Vorleistungen zu erbringen sind.

2. Was ist ein System und womit beschäftigt sich die Systemtheorie?

Das aus dem Griechischen stammende Wort System bedeutet „ein Zusammengesetztes, ein Zusammenwirken von Teilen zu einem komplexen, aber auch geordneten und überschaubaren Ganzen“ (Glaser, 1997, S.68).

Die moderne Systemtheorie versteht unter einem System „einen Ausschnitt aus einem Realitätsbereich, der eine Struktur von Ursachen und Wirkungen hat und in dem bestimmte Prozesse in der Zeit ablaufen“ (Glaser, 1997, S.73). Oder um es mit Bossel etwas ausführlicher zu definieren: „Wir verwenden das Wort ‘System‘, um damit eine Anzahl von Bestandteilen abzugrenzen, die untereinander relativ stark, mit ihrer Systemumwelt aber nur relativ schwach interagieren, sodass man dem beobachtbaren Verhalten des Systems einen ‘Zweck‘ zuordnen kann. ... **Ein System besteht aus miteinander verbundenen Elementen, deren Zustände von anderen Elementen (oder sich selbst) abhängen und die die Zustände anderer Elemente (oder sich selbst) beeinflussen.** Das bedeutet, dass ein System (a) **Elemente** und (b) **Struktur** enthält; beide sind notwendige Bestandteile eines Systems.“ (Bossel, 1989, Hervorhebungen im Original)

Die Systemtheorie abstrahiert charakteristischerweise von der konkreten physischen Form und den wirkenden Naturgesetzen, indem sie die strukturelle und funktionale Gleichheit von Systemen in verschiedenen Realitätsbereichen (wie bspw. Biologie, Maschinenbau, Wirtschaft etc.) herausarbeitet, um die Gesetzmäßigkeiten und Leistungen dieser Strukturen insbesondere im zeitlichen Verlauf zu untersuchen (Glaser, 1997). Dabei „wird die Tatsache verwendet, dass Systeme den gleichen Systemgesetzen folgen können, obwohl sie als reale Systeme physisch völlig verschieden sein können. Damit ergibt sich die Möglichkeit, diese Systeme mit äquivalenten mathematischen Beschreibungen oder Computersimulationen darzustellen. ... In der Systemtheorie wird deshalb versucht, allgemeine Gesetze zu entwickeln, die das Verhalten von Systemen als Funktion ihrer Komponenten und ihrer strukturellen Verbindungen beschreiben“ (Bossel, 1989). So werden „In der modernen Systemtheorie ... Ideen diskutiert, die über den Bereich der unbelebten Natur hinausgreifen und auch biologische, soziale, kulturelle, geistige Phänomene unter einheitlichen strukturellen Konzepten zu fassen versuchen“ (Breuer, 1989; S.10).

Die beiden Wurzeln der Systemtheorie liegen in der Kybernetik und der Informationstheorie, für die beide bahnbrechende Grundlagenwerke Ende der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts erschienen, nämlich Wieners „Cybernetics“ (1948) und Shannon und Weavers „The mathematical theory of communication“ (1949).

Der Ausgangspunkt von Wieners Werk (Wiener, 1968) war, dass man in so unterschiedlichen Gebieten wie Maschinenbau und Biologie für die Steuerungs- und Regelungsprobleme strukturell ähnliche Lösungen gefunden hatte, d.h. strukturell ähnliche Verschaltungen von wechselwirkenden Teilen. Denn in beiden Bereichen stellt sich das Kernproblem der Ultrastabilität oder Homöostase, d.h., dass ein bestimmter Wert, der äußeren (störenden) Einflüssen unterliegt, durch steuernde Eingriffe auf einem Soll-Wert gehalten (reguliert) werden muss. Ein technisches Beispiel ist die Konstanthaltung der Drehzahl einer Dampfturbine trotz unterschiedlicher Last; ein biologisches Beispiel ist das Konstanthalten physiologischer Werte wie der Körpertemperatur trotz unterschiedlicher Umgebungstemperaturen. Im technischen Fall erfand Watt (1736-1819) einen Regelkreis, dessen Struktur darin besteht, dass eine Wirkung auf ihre eigene Ursache gegensinnig zurückwirkt (Glaser, 1997, S.70); dies nennt man negative Rückkopplung. Die Biologie geht (seit den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts) ebenfalls davon aus, dass die Steuerung innerer Milieus in höheren Organismen durch Wirkungsstrukturen in der Form von Regelkreisen erfolgt (Glaser, 1997, S.70).

Damit lag es für Wiener nahe, von der konkreten physischen Form zu abstrahieren und die Leistung dieser Strukturen zu untersuchen. Dafür musste er zunächst einmal eine neue Terminologie entwickeln (s.u.). Außerdem war es notwendig, vom konkreten Austausch von Materie und/oder Energie als

Träger der Wechselwirkungen zu abstrahieren, indem man die physischen Wechselwirkungen als Signale interpretiert, denen Information aufgeprägt ist. Information wird „in dieser Weise als undefinierter Grundbegriff >>negativ<< eingeführt“ (Glaser, 1997, S.71). Der entscheidende Inhalt von Wieners Buch betrifft jedoch das zeitliche Verhalten dieser Systeme, deren mathematischer Analyse er den größten Teil seines Buches widmet (Glaser, 1997).

Shannon und Weaver (Shannon & Weaver, 1968) fassten den Begriff der Information schärfer, indem sie ihn als Beseitigung von Ungewissheit bezeichneten und so in einem nichtphysikalischen Sinne messbar machten (Glaser, 1997). Sie gaben damit der „immer größer gewordenen Vielfalt physikalischer Verfahren der Nachrichtentechnik eine theoretisch einheitliche Grundlage“ (Glaser, 1997, S.72).

Die Abbildung (Abb. 4)demonstriert den Aufbau und die Terminologie eines Regelkreises am in der Literatur gerne verwendeten Beispiel einer Wohnraumheizung:

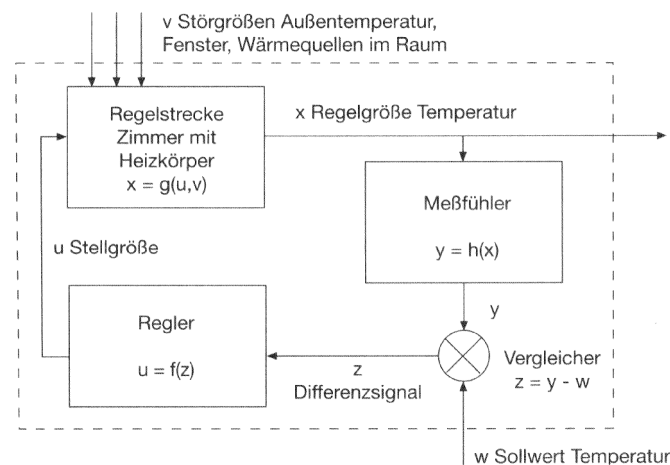


Abb. 4: Aufbau und Terminologie eines Regelkreises am Beispiel einer Wohnraumheizung

Quelle: Glaser, 1997, S.73

„Für die einzelnen Komponenten eines Regelkreises sind feste Bezeichnungen definiert. Der freie Ausgang des Systems, der in Übereinstimmung mit dem Sollwert gehalten werden soll, heißt Regelgröße. Der Block, der diese Variable physikalisch erzeugt, in unserem Beispiel das Zimmer mit Heizkörper, wird als Regelstrecke bezeichnet. Das Subsystem, das die Regelstrecke abhängig von der Soll-Ist-Differenz aussteuert, heißt Regler. Die Variable, über die dies geschieht, in unserem Beispiel u , wird Stellgröße genannt. Die freien Eingänge, die die Regelgröße in unerwünschter Weise beeinflussen, in unserem Beispiel Außentemperatur, Öffnung des Fensters und Wärmequellen im Raum, heißen Störgrößen“ (Glaser, 1997, S.73).

3. Modellieren und Simulieren

In diesem Kapitel wird auf die zentralen Begriffe des Modells und der Simulation eingegangen: Was ist ein Modell und warum bauen Menschen Modelle und führen dann mit diesen Modellen Simulationen durch (Kap. 3.1.)?

Wie kommt man zu einem Modell und welche Unterschiede gibt es im Formalisierungsgrad von Modellen (Kap. 3.2.)? Welche Modellierung ist welchem System angemessen (Kap. 3.3.)?

3.1. Was sind Sinn und Zweck von Modellbildung und Simulation?

„Modell [italien.] *das*, Vorbild, Muster, Entwurf von Gegenständen, auch gedankl. Konstruktionen. ... 2) *Wissenschaften* und *Technik*: materielles oder Gedankenobjekt, das einem Untersuchungsgegenstand in bestimmten Eigenschaften oder Relationen entspricht (Struktur-, Funktions- oder Verhaltensanalogie) und für sonst nicht mögl. oder zu aufwendige experimentelle Untersuchungen, mathemat. Berechnungen, Erklärungs- oder Demonstrationzwecke oder zur Optimierung des Originals verwendet wird“ (Lexikonredaktion, 1996).

Menschen sind bestrebt, ihre Umwelt zu verstehen, um sie gestalten zu können, denn wenn man, bildlich gesprochen, weiß, ‚wie der Hase läuft‘, ist dies von Vorteil, da man ihn dann fangen und verspeisen kann. Präziser ausgedrückt: Menschen suchen ihre Umwelt und die Folgen ihrer Eingriffe in diese Umwelt zu verstehen, mit dem Ziel, erwünschte Zustände zu erhalten bzw. zukünftig herbeizuführen und nicht erwünschte Zustände zu beseitigen bzw. zukünftig zu vermeiden.

Daher bilden Menschen eine psychische Repräsentation ihrer Umwelt – ein *mentales Modell* (Johnson-Laird, 1983) – und stellen sich die Eingriffe in die Umwelt und deren Wirkungen vor: Sie führen „*Probearbeitungen*“ durch (Freud, 1964) und bewerten diese anhand ihrer Konsequenzen. Auf der Basis dieses mentalen Probedhandelns erfolgen dann Entscheidungen über das tatsächliche Durchführen bzw. Unterlassen von Handlungen.

Dieses Probedhandeln erfolgt an einem Modell und nicht in der Realität, um das tatsächliche Eintreten nicht erwünschter Zustände zu vermeiden bzw. um – für die Realität folgenlos – Handlungsoptionen testen und vergleichen zu können, denn ein eventuell reales Probedhandeln ist häufig nicht möglich – sei es aus ökonomischen, zeitlichen, ethischen oder auch anderen Gründen. Bspw. ist es viel unaufwendiger, mit einem Blatt Papier und ausgeschnittenen Kartonformen oder mit einem CAD-Tool die Möblierung eines Zimmers probeweise ‚virtuell‘ zu verändern und dabei verschiedene Optionen durchzuspielen, als tatsächlich ‚in realitas‘ alle Möbel umzustellen.

Das Probedhandeln am Modell bietet sich insbesondere dann an, wenn die Folgen mancher Handlungen irreversibel sind. Dadurch schließen unterschiedliche Handlungsoptionen einander aus, sodass bei unerwünschten Folgen (einer durchgeführten Handlungsoption) ein Umschwenken (auf eine andere Handlungsoption) unmöglich wird. Wenn bspw. dem Initiator des Möbelumbaus nur eine begrenzte Anzahl von Arbeitsstunden zur Verfügung steht, die nur für einen Möbelumbau reichen, dann muss er mit der probeweise

gewählten Option (zumindest vorerst) leben. Nun ist ein nicht zufriedenstellend gelungener Möbelumbau eines Privatmenschen ein in den Konsequenzen relativ harmloses Beispiel, das im Regelfall auch mit einfachen Mitteln in seinen Konsequenzen ausreichend bedacht werden kann. Anders sieht es dagegen aus, wenn ein Architekturbüro unzureichende Baupläne erstellt, ein Unternehmerkonsortium ein Mautsystem ungenügend projiziert oder die mangelnde Berücksichtigung von Konsequenzen eines Bauvorhabens zur unwiederbringlichen Zerstörung eines einmaligen Biotopos führt.

Eine *Modell* ist – in dem zuvor beschriebenen Sinn – ein Werkzeug zur Unterstützung der Handlungsplanung, das als *stellvertretender Repräsentant eines realen Gegenstands(bereichs)* dient, mit dem beliebige Probehandlungen durchgeführt werden können. Ein Modell ist also immer etwas von Menschen – nämlich dem Werkzeugmacher, dem sogenannten Modellierer – mit einem bestimmten Ziel Gemachtes, daher wird im Folgenden auch von Modell-erstellung, -konstruktion, -design etc. gesprochen. Ein Modell ist immer eine *Abbildung* eines Originals, die sinnvollerweise von bestimmten Aspekten des Originals *abstrahiert* und diese *vereinfachend* darstellt (ausführlicher Kap. 3.3.) (Denn wenn das Modell exakt dem Original entspricht, entstehen beim Arbeiten mit dem Modell die gleichen Probleme wie beim Experimentieren mit dem Original und mit dem Ersatz des realen Objektes durch ein Modell ist wenig gewonnen.)

Anlass einer Modellkonstruktion ist im Regelfall ein Verständnis- und/oder Bewirtschaftungsproblem hinsichtlich eines *Systems*, also wie bereits eingeführt, eines *Gegenstands(bereichs)*, der aus einer Anzahl von Bestandteilen besteht, „die untereinander relativ stark, mit ihrer Systemumwelt aber nur relativ schwach interagieren, so daß man dem beobachtbaren Verhalten des Systems einen ‘Zweck‘ zuordnen kann“ (Bossel, 1989). Systeme in diesem Sinne wären bspw. ein Segelschiff oder auch das aus dem Biologieunterricht in der Schule allseits bekannte Ökosystem eines Teiches. Verständnis- oder Bewirtschaftungsprobleme könnten bspw. sein, dass man die Besegelung oder die Takelage optimieren möchte, verschiedene Rumpfformen unter unterschiedlichen nautischen Bedingungen austesten möchte, verstehen möchte, warum am Grunde eines Sees immer +4C° herrschen, warum ein See unter bestimmten Bedingungen ‚umkippt‘ etc.

Viele Systeme sind jedoch zu komplex, als dass die Modellkonstruktion und das Probehandeln mental möglich wären. Die Verarbeitungskapazität des Menschen ist hierfür nicht ausreichend (Miller, 1956; Simon, 1982); er macht dabei in seiner menschlichen Begrenztheit liegende typische Fehler (Reason, 1994; Dörner, 1989). Insbesondere fällt Menschen der Umgang mit nicht linearen Wachstumsverläufen und schwingenden Systemen schwer (Dörner, 1989, S.157ff), wie sie üblicherweise in natürlichen und technischen Systemen vorkommen. Zur Ergänzung und zur Unterstützung des menschlichen Denkvermögens wurde daher schon früh das mentale Modell als *physisches*

Modell ‚externalisiert‘ wie bspw. Modelle der Pyramiden, Schiffsmodele in Windkanälen etc. Bezüglich physischer Modelle wird dann auch nicht mehr von Probehandeln, sondern von *Experimentieren* gesprochen.

Durch die rasante technische Fortentwicklung im letzten Jahrhundert konstruieren Menschen immer komplexere künstliche Systeme und greifen räumlich und zeitlich immer weiter und tiefer in natürliche Systeme ein. „Wir, die Menschheit, bewegen heute mehr Masse als die Geosphäre“ (Schmidt-Bleek, 1994, S.23), „in einigen Fällen bis zu zweihundertmal“ (Schmidt-Bleek, 1994, S.37) mehr. Dabei werden die von Menschen bewirtschafteten Systeme immer komplexer und die Grenzen des physischen Modells als stellvertretender Repräsentant des realen Gegenstands(bereichs) sind in der Praxis schnell überschritten: Es gibt zu viele relevante Faktoren und Wechselwirkungen, als dass diese noch sinnvollerweise durch ein physisches Modell abgebildet würden. Der Umfang und die Komplexität solcher Modelle sind nur mit einem Computer praktikabel handhabbar, d.h. heute werden im Regelfall *Computer(simulations)modelle* erstellt. In Zusammenhang mit Computermodellen spricht man dann auch nicht mehr von Probehandeln oder Experimentieren, sondern von *Simulieren*.

Das Ziel des Arbeitens mit einem Modell ergibt sich, wie oben eingeführt, aus dem Anlass der Modellkonstruktion, nämlich einem Verständnis- und/oder Bewirtschaftungsproblem. Ziel ist das bessere Verständnis des Verhaltens und der Funktionsmechanismen eines gegebenen Systems zum Zwecke der Verbesserung der Entscheidungsbasis für die Bewirtschaftung (Management) des Systems, d.h. zur Optimierung der Systemveränderung und -steuerung.

Dem Ziel Verständnisverbesserung trägt dabei insbesondere der Prozess der Modellkonstruktion Rechnung, denn schon Vico (1668-1744) vertrat die Ansicht (Vico, 2000 nach Simon-Schäfer, 2006), dass Menschen durch Nachbauen (im buchstäblichen Sinne) begreifen. Oder um es mit dem Nobelpreisträger Richard P. Feynman (1918-1988) auszudrücken: „What I cannot create, I do not understand“ (nach Gleick, 1992). Insbesondere fördert der Prozess der Modellkonstruktion zwangsläufig das systematische Stellen von Fragen, und – wie einige Untersuchungen zeigen – kommt dem Stellen von Fragen eine Schlüsselrolle bei der Lösung von Problemen zu (Dörner, 1989, S.40f; Bartl & Dörner, 1998).

Dem Ziel Bewirtschaftungsverbesserung trägt insbesondere das Arbeiten mit dem am Ende des Prozesses resultierenden Modell Rechnung. Mit diesem werden verschiedene *Szenarien* simuliert, d.h. durch verschiedene Setzung von Eingangsdaten und Modellparametern werden verschiedene Entwicklungspfade, anstehende Veränderungen, alternative Eingriffsmöglichkeiten, variierende Bedingungen etc. beschrieben, durchgerechnet und in ihren Konsequenzen analysiert.

3.2. Wie gelangt man zu einem Modell?

Der wissenschaftliche Weg zu einem Modell führt über die Durchführung einer *Systemanalyse*, deren Ergebnisse in Form eines *Modells* verarbeitet werden; dieses Modell wird heutzutage im Regelfall mithilfe einer Computeranwendung formalisiert:

Bei der Durchführung einer Systemanalyse wird das Wissen über einen Gegenstands(bereich) aus den verschiedensten Blickwinkeln und Perspektiven auf systematische Art und Weise durch das Stellen von Fragen und durch das Zusammenstellen und Aufbereiten der Antworten koordiniert und synthetisiert. Anschaulich gesprochen, wird dadurch aus vielen einzelnen zweidimensionalen Photos ein dreidimensionales Objekt konstruiert. Eine Systemanalyse hilft, Wissen und Sichtweisen zu vermitteln sowie Lücken und/oder Widersprüche aufzuzeigen. Typische Denk- und Argumentationsfehler werden durch eine systematische Vorgehensweise vermieden oder zumindest aufgedeckt. Weiterhin führt häufig schon das Stellen einer bzw. der richtigen Frage weiter, sodass, wie bereits erwähnt, auch ein Wert in dem Analyseprozess an sich liegt: Experten werden veranlasst – idealer Weise interdisziplinär – auf ihnen unter Umständen ungewohnte Art und Weise über den Gegenstand(sbereich) zu reflektieren und bislang nicht expliziertes Wissen oder nicht explizierte Sichtweisen zu formulieren.

Die Ergebnisse einer Systemanalyse werden in einem Modell verarbeitet, welches verschiedene Formalisierungsgrade haben kann, d.h. die Modelle werden in verschiedenen Sprachen ausgedrückt, die sich in ihrem Formalisierungsgrad unterscheiden: Dies geht mit zunehmenden Formalisierungsgrad von einem alltags- oder fachsprachlich formulierten Wortmodell über ein mathematisch formalisiertes Modell (analytische oder logische Formelsprachen) bis hin zu einem auf einem Computer implementierten Simulationsmodell (Programmiersprache).

Dies alles geschieht mit dem Ziel, Antworten auf spezifische Fragestellungen geben zu können, die das Verhalten des Systems unter verschiedenen Rahmenbedingungen betreffen: Denn mit dem auf diesem Wege erstellten Modell als stellvertretendem Repräsentanten des abgebildeten Systems werden anschließend Simulationsexperimente durchgeführt.

Um klarer zu machen, was hier eigentlich analysiert wird, sei an die Systemdefinition von Bossel angeknüpft, die besagt, dass ein „**System ... aus miteinander verbundenen Elementen [besteht], deren Zustände von anderen Elementen (oder sich selbst) abhängen und die die Zustände anderer Elemente (oder sich selbst) beeinflussen.** Das bedeutet, dass ein System (a) **Elemente** und (b) **Struktur** enthält; beide sind notwendige Bestandteile eines Systems.“ (Bossel, 1989, Hervorhebungen im Original)

Gemäß dieser Definition muss eine Systemanalyse die Elemente, die Wechselwirkungen und die Prozesse eines Systems erfassen und beschreiben. Dies

spiegelt sich in der Vorgehensweise einer Systemanalyse (nach Bossel, 1989) wider, die sich in folgende, anschließend detaillierter beschriebene Phasen zergliedern lässt:

- Phase 1: Festlegung des Ziels der Systemanalyse
- Phase 2: Definition der Systemgrenze
- Phase 3: Modellbildung
bestehend aus den Arbeitsschritten
 - Inventarisierung der Systemelemente und eventuell externer Einflussgrößen und
 - Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen und eventuell externen Einflussgrößen
 mit zunehmender Formalisierung der Erkenntnisse in folgenden aufeinander aufbauenden Modellarten:
 - Wortmodell (verbale Beschreibung des Systems),
 - qualitatives Modell (Systemelemente, qualitative Wechselwirkungen),
 - quantitatives Modell (Quantifizierung der qualitativen Wechselwirkungen) und
 - gegebenenfalls Computersimulationsmodell
- Phase 4: Simulationen und Szenarienuntersuchungen

Da ein reales System im Allgemeinen aus sehr vielen Elementen mit komplex strukturierten Wechselwirkungen besteht, ist die erste Phase einer Systemanalyse die Festlegung des Ziels der Systemanalyse. Durch die *Zielsetzung* wird die Systembeschreibung auf die zur Erreichung des Ziels notwendigen Aspekte reduziert. Dies ist eng verknüpft mit der zweiten Phase, der Abgrenzung des zu untersuchenden Systems gegen seine Umgebung, d.h. mit der *Festlegung der Systemgrenze*, und damit der Festlegung, was analysiert und modelliert werden soll und was nicht.

Mittelbar erfolgt durch die Ziehung der Systemgrenze eine Festlegung von *Inputs* und *Outputs*: Input ist alles, was von der Umwelt in das System eintritt; Output ist alles, was aus dem System in die Umwelt austritt. Dies führt dazu, dass Systeme sich als *verarbeitend* beschreiben lassen: Sie wandeln Inputs in Outputs um, seien es nun Materialien und/oder Informationen.

Die Wichtigkeit dieser ersten Phase ist nicht überzubetonen, werden doch, wie die weiteren Ausführungen zeigen werden, viele Entscheidungen während des Analyse- und Modellierungsprozesses gemäß dem Kriterium ‚was ist der Zielsetzung angemessen‘ getroffen. Diese Wichtigkeit wird nicht nur von Systemanalytikern betont (bspw. Bossel, 1989), sondern auch durch psychologische Befunde untermauert. So stellt bspw. Dörner (Dörner, 1989, S.68, S.74ff) die Wichtigkeit der sorgfältigen Zielsetzung für das erfolgreiche Problemlösen heraus und Badke-Schaub (Badke-Schaub & Frankenberger, 2004, S.77ff) benennt die gemeinsame und sorgfältige Zielklärung als Erfolgsfaktor für das Problemlösen in Gruppen.

So wird man bspw. andere Komponenten des Systems ‚Mensch‘ erfassen, wenn das Ziel, das mit der Durchführung der Systemanalyse verfolgt wird, die Untersuchung der Wirksamkeit von unterschiedlichen Diäten oder die Untersuchung der Wirksamkeit von unterschiedlichen Lehrmethoden ist. Im ersten Fall würden Faktoren wie Gewicht, Größe, zu erbringende körperliche Leistung etc. eine Rolle spielen und Diätpartner wären in die Systembetrachtung einzubeziehen; im zweiten Fall wären Faktoren wie Vorwissen, Motivation, Konzentrationsfähigkeit etc. hervorzuheben und in der Systembetrachtung wären Mitschüler und Lehrer zu berücksichtigen.

Durchgeführt werden die beiden ersten Phasen Zielbildung und Grenzziehung im Regelfall in Form eines durch Systemanalytiker moderierten Diskussionsprozesses innerhalb einer Arbeitsgruppe, die von anderen beauftragt wurde oder sich selbst zusammengeschlossen hat, um sich gemeinsam eines auftretenden Managementproblems anzunehmen.

In der dritten Phase einer Systemanalyse erfolgt die eigentliche Modellbildung. Der erste Arbeitsschritt ist hierbei die sogenannte *Inventarisierung* (im Sinne einer vollständigen Aufstellung und Beschreibung), d.h. die Identifizierung, Beschreibung und Darstellung der Systemelemente und der externen Einflussgrößen (außerhalb der Systemgrenzen). Der zweite Arbeitsschritt ist das Erfassen der strukturellen Verknüpfungen der Elemente. Dies geschieht formal durch die Erstellung eines *qualitativen Modells*, welches das System strukturell mit den wesentlichen Elementen und ihren qualitativen *Wechselwirkungen* beschreibt.

Ausgangspunkt für diese Arbeit können *Wortmodelle* sein, die in Alltags- oder Fachsprache den zu modellierenden Gegenstand(sbereich) beschreiben. Konkret können die Inventarisierung und die Bestimmung der Wechselwirkungen in mehreren systemanalytischen Workshops erfolgen, deren Teilnehmer jeweils unterschiedliche Perspektiven des Systems haben. Man bittet die Gruppen, ein Inventar, also eine Menge der Elemente des Systems, aufzustellen, indem zunächst alle Teilnehmenden die ihrer Meinung nach drei bzw. vier relevantesten Elemente notierten. Diese Inventarliste wird anschließend harmonisiert: Doppelnennungen werden entfernt, für ähnliche Begriffe wird entweder ein verallgemeinernder Begriff gefunden oder die Begriffe werden bei Bedarf differenziert und entsprechend benannt. Anschließend wird, durch Gruppenarbeit vorbereitet, ein Diagramm der qualitativen Wechselwirkungen erstellt, das festlegt, welche Faktoren aufeinander wirken und ob dies verstärkend oder abschwächend geschieht. Auch diese Arbeitsphase wird im Regelfall von Systemanalytikern moderiert.

Anschließend wird ein quantitatives Modell erstellt, indem die qualitativen Verknüpfungen soweit als möglich mittels Wechselwirkungs- und Rückkopplungsfunktionen quantifiziert werden. Hierbei kann es sich um jegliche Art von mathematischer Funktion handeln. Dies ist die Basis für die Formalisierung des Modells, sei es in einem analytischen oder logischen

Formelsystem oder auch in einer Programmiersprache als Computersimulation.

Welche Art der Formalisierung erfolgt, ist nicht nur eine Entscheidung des Modellierers, sondern die möglichen Formalisierungen liegen in Eigenschaften des Systems selbst begründet:

Die Systemtheorie kann zeigen, dass es Gegenstandsbereiche bzw. Systeme gibt, deren Eigenschaften es erlauben, sie mit einer analytisch geschlossenen Gleichung oder einem analytisch geschlossenen Gleichungssystem zu beschreiben (Bossel, 1989). Diese bestehen aus einer Formel bzw. einem Formelsystem, das sich mithilfe mathematischer Methoden manipulieren lässt, um zu Lösungen, Optima, Zeitverläufen etc. zu gelangen. Hierfür wird man bei umfangreicheren Systemen und/oder aufwendigen Berechnungen im Regelfall den Computer heranziehen, indem man die Formeln und den Lösungsalgorithmus als Programm formuliert. Die Voraussetzung für die analytische Geschlossenheit ist, dass sich ein System durch *kontinuierliche* Zustandsvariablen mit *linearen* Beziehungen beschreiben lässt (Bossel, 1989). Ein Beispiel für ein derartiges System wäre ein schwingendes Fadenpendel, dessen dynamische Ortsveränderung sich durch physikalische Formeln darstellen lässt, die die Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie beschreiben. Dies mündet in einer Formel, die die Position des Pendels in Abhängigkeit von der verstrichenen Zeit beschreibt.

Kommen jedoch diskrete und/oder nicht-lineare Beziehungen ins Spiel, so kann ein System im Regelfall nicht mehr analytisch geschlossen beschrieben und gelöst werden, sondern sein zeitliches Verhalten muss mithilfe einer *Simulation* im Regelfall auf dem Computer nachgebildet werden. Eine solche Simulation enthält zum einen Zustandsvariablen, die aufeinander einwirken, und zum anderen wird der kontinuierliche Zeitverlauf in diskrete Zeitschritte zerlegt. Der Wert einer Zustandsvariablen in einem Zeitschritt $t+1$ wird nun bestimmt von den Werten einer Menge von Zustandsvariablen zum vorhergehenden Zeitschritt t . Das Verhalten des Systems wird auf diese Weise durch aufeinander aufbauende, sich im Zeitverlauf weiterentwickelnde Zustände eines Simulationsmodells nachgebildet (Bossel, 1989). Ein einfaches Beispiel für ein derartiges System wäre ein Wachstumsprozess, bei dem die Wachstumsfunktion nicht linearer, sondern bspw. exponentieller Natur ist.

Gegebenenfalls bietet es sich auch an, ein System mit Mitteln der formalen Logik zu beschreiben und durch ein entsprechendes logisches Kalkül zu lösen. Dies wird in der Praxis aufgrund des Problemumfangs meistens so aufwendig sein, dass man auch hier auf den Computer zurückgreift.

Die Beschreibung mithilfe einer lösbaren analytisch geschlossenen Gleichung oder mit einem erfüllbaren logischen Formelsystem wird jedoch im Regelfall bei einem komplexen, d.h. umfangreichen und stark vernetzten, System nicht möglich sein, insbesondere dann nicht, wenn verschiedene Arten von

Funktionen gemischt auftreten und umfangreiche Daten- und Kontrollstrukturen als notwendig erachtet werden. Zudem ist ein Ziel einer Systemanalyse auch immer eine Verbesserung des Systemverständnisses und häufig wird ein vereinfachter Nachbau des Systems in Form eines Computermodells transparenter sein als ein analytisches oder logisches Gleichungssystem.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Systemmodell sowohl aufgrund theoretischer als auch praktischer Erwägungen im Regelfall als Computersimulation vorliegt. Zudem liegt der Vorteil einer Computeranwendung darin, dass die Formulierung in einer Programmiersprache zur Lückenlosigkeit, Vollständigkeit und Eindeutigkeit zwingt und zu Transparenz, Konsistenz und Widerspruchsfreiheit anhält – sie erfüllt also Kriterien, die nach Vollmer (Vollmer, 1989) eine gute Theorie auszeichnen (Details siehe Kap. 4.1.1.).

Für die Überführung in ein Computersimulationsmodell ist im Wesentlichen die Arbeit von Modellierungsspezialisten und Informatikern gefragt, die unter Verwendung des spezifischen Wissens der Fachexperten die qualitativen Wechselwirkungen quantifizieren und Inventar und quantifizierte Wechselwirkungen mithilfe von Methoden der Softwaretechnologie in ein Computerprogramm überführen. Hier gilt es, den angemessenen Abstraktionsgrad zu finden (siehe folgendes Kapitel 3.3.), geeignete Daten- und Kontrollstrukturen zu spezifizieren, diese in ein Programmdesign umzusetzen und abschließend in einer geeigneten Programmiersprache zu implementieren.

Das formalisierte Modell erlaubt abschließend in der vierten Phase die Untersuchung spezifischer Fragestellungen, indem das Verhalten des Systemmodells unter unterschiedlichen Bedingungen entweder durch mathematische Analyse oder durch das Simulieren unterschiedlicher Szenarien (bestimmter Konstellationen der Modellparameter) betrachtet wird.

Diese Untersuchungen können als Entscheidungsbasis für Systemeingriffe dienen. Bspw. identifiziert eine Sensitivitätsanalyse Elemente und Parameter⁷, die das Verhalten des Systems dominieren.

Das Design, die Durchführung und die Interpretation dieser Szenariountersuchungen sind sinnvoll nur gemeinsam durch Fachexperten, Systemanalytiker und Modellierungsspezialisten möglich, die sich insbesondere der Grenzen des vorliegenden Modells bewusst sind. Denn es sei daran erinnert, dass ein Modell immer eine Abstraktion des Originalsystems ist, die im Hinblick auf bestimmte Ziele erfolgte: Wie bereits für die Phasen Zielsetzung und Systemgrenzziehung beschrieben, werden nur die im Hinblick auf das Analyseziel interessierenden Aspekte des Originalsystems detailliert abgebildet, während hingegen andere Aspekte grob vereinfacht oder gar nicht abgebildet

⁷ Parameter sind Größen in den Elementbeschreibungen, den Wechselwirkungs- und Rückkopplungsfunktionen und in den externen Einflussgrößen bzw. -funktionen.

werden. Um zu dem angeführten Beispiel zurückzukehren: So wie man sprichwörtlich Äpfel nicht durch Birnen teilen kann, so kann man mit einem Modell zur Untersuchung der Wirksamkeit von unterschiedlichen Diäten nicht die Wirksamkeit von unterschiedlichen Lehrmethoden untersuchen und sinnvolle Ergebnisse erwarten. Denn ein Modell ist immer ein für einen bestimmten Zweck konstruiertes Werkzeug, von dessen zweckentfremdetem Einsatz man keine sinnvollen Resultate erwarten kann.

Die hier angeführten Phasen einer Systemanalyse sind nicht streng sequentiell, sondern iterativ zu verstehen, d.h. diese Phasen werden im Regelfall mehrfach in einer Schleife durchlaufen: Es wird immer wieder vorkommen, dass von einer fortgeschrittenen Phase eine oder auch mehrere Phase(n) zurückgegangen wird, um korrigierende Modifikationen und/oder Ergänzungen vorzunehmen und dann um von dort wieder die Arbeiten in der vorgesehenen Reihenfolge aufzunehmen.

3.3. Was ist der (geeignete) Auflösungsgrad eines Modells?

Wie bereits eingeführt, ist ein Modell immer eine abstrahierende Abbildung des Originalsystems, d.h. es sieht von bestimmten Aspekten der Realität ab. Genau diese Komplexitätsreduktion macht es nützlich und sinnvoll, denn wenn das (Verhalten des) Originalsystem(s) einfach verständlich wäre bzw. wenn man mit dem Originalsystem problemlos und unaufwendig experimentieren könnte, bräuchte man kein vereinfachendes Modell zur Veranschaulichung und zum experimentellen Ersatz zu konstruieren.

Bei dieser Modellkonstruktion gilt es, den geeigneten *Auflösungsgrad* zu wählen, d.h. den Grad an Abstraktion zu finden, der dem Analyse- und Modellierungsziel *angemessen* ist, gemäß der Regel: so wenig (Modellierungsaufwand) wie möglich und so viel (Modellierungsaufwand) wie nötig.

Treibt man auf der einen Seite zu wenig Aufwand, d.h. ist der Abstraktionsgrad zu hoch, der Auflösungsgrad zu niedrig und das Modell nicht detailliert genug, so bildet das Modell nicht all die Aspekte des Originalsystems ab, deren Berücksichtigung zur Erreichung des Analyse-, Modellierungs- und Simulationsziels notwendig wäre.

Treibt man auf der anderen Seite zuviel Aufwand, d.h. ist der Abstraktionsgrad zu niedrig, der Auflösungsgrad zu hoch und das Modell zu detailliert, so gibt es irgendwann den Punkt, wo die Modellverbesserung den zusätzlichen Modellierungsaufwand nicht rechtfertigt. Insbesondere treten unter Umständen beim Experimentieren mit dem Modell dann, wenn das Modell dem Originalsystem zu ähnlich wird, genau die gleichen Schwierigkeiten oder Unmöglichkeiten wie beim Experimentieren mit dem Originalsystem auf; es ergeben sich also genau die Schwierigkeiten, die durch das Arbeiten mit einem Modell vermieden werden sollten.

Dem angemessenen Auflösungsgrad kann man sich von beiden Seiten nähern, d.h. von der Seite zu starker Abstraktion und von der Seite zu niedriger Abstraktion. Mit der Annäherung von jeder dieser beiden Seiten ist eine bestimmte Herangehensweise verknüpft:

- Ein *Top-Down-Ansatz* ist deduktiv und spezialisierend, d.h. er beginnt damit, ein System als Ganzes zu betrachten (*top*), um dieses dann immer weiter in Subsysteme zu zergliedern (*down*), bis der angemessene Auflösungsgrad erreicht ist.
- Ein *Bottom-Up-Ansatz* ist induktiv und abstrahierend, d.h. er geht von den basalen Bestandteilen eines Systems aus (*bottom*) und fasst diese soweit zu Subsystemen zusammen (*up*), bis der angemessene Auflösungsgrad erreicht ist.

In beiden Fällen werden Subsysteme des Originalsystems in Form von Elementen des Systemmodells abstrahierend repräsentiert. Hierin liegt jedoch der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Herangehensweisen, der dazu führt, dass ein Top-Down-Ansatz und ein Bottom-Up-Ansatz zu anderen Modellen desselben Systems führen, selbst wenn sie beim gleichen Auflösungsgrad die Verfeinerung bzw. Aggregation beenden:

Kommt man aus der Vogelperspektive des Top-Down-Ansatzes, so weiß man nichts über das Innenleben der Subsysteme. Sie werden als *Black Box* behandelt, in die man nicht hinein schaut. Damit macht man sich aber auch keine Gedanken über die ursächlichen Zusammenhänge zwischen den In- und Outputs und vergegenwärtigt sich somit nicht die in den Subsystemen stattfindenden *Umwandlungsprozesse*. Stattdessen repräsentiert man das Subsystem durch eine *Umwandlungsfunktion*, d.h. auf Basis von beobachteten und evtl. experimentell gefundenen In- und Outputdaten wird durch mathematische Methoden eine Übertragungsfunktion ermittelt (eine Abbildung von Input- auf Outputdaten), die die vorliegenden Daten möglichst gut beschreibt.

Hiermit geht allerdings eine beschränkte Prognosefähigkeit einher, derer man sich bewusst sein muss und die aus dem begrenzten Gültigkeitsbereich der Übertragungsfunktionen resultiert: Derartig erstellte Übertragungsfunktionen basieren auf Daten, die unter bestimmten Untersuchungsbedingungen gefunden (empirisch ermittelt) wurden. Der Einfluss der Untersuchungsbedingungen auf die Umwandlungsprozesse wird sich nur dann in Form von Parametern der Umwandlungsfunktion wiederfinden, falls in der zugrunde liegenden Datenbasis eine Variation dieser Bedingungen stattgefunden hat und dies zu Auswirkungen geführt hat bzw. wenn man bei der Ermittlung der Übertragungsfunktion den Einfluss bestimmter Untersuchungsbedingungen aus anderen Überlegungen heraus als ergebniswirksam erkannt hat.

Die mathematischen Methoden, die zur Ermittlung dieser Übertragungsfunktionen verwendet werden, erkennen jedoch keine ursächlichen Zusammenhänge zwischen Merkmalen, sondern ermitteln nur Korrelationen,

d.h. sie finden das gemeinsame zeitliche Auftreten von Merkmalen. So findet sich bspw. eine Regel wie: Wenn es viele Störche gibt, gibt es auch viele Babys, die es bis immerhin bis in die Zeitschrift *Nature* schaffte (Beck-Bornholdt & Dubben, 2002, S.151). Eine derartige Korrelation bedeutet jedoch nicht, dass Störche die Ursache für Babys sind, sondern gibt nur einen Hinweis darauf, dass es einen kausalen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Störchen und Babys geben *könnte*. Dies muss jedoch kein direkter kausaler Zusammenhang sein (die Störche bringen die Babys bzw. umgekehrt), sondern kann auch durch gemeinsame Ursachen bedingt sein (z.B. allgemein verbesserte Lebensbedingungen durch weniger Umweltverschmutzung), sich auf einen systematischen Fehler zurückführen lassen oder tatsächlich zufällig sein⁸. Dieses und weitere Beispiele finden sich bei Beck-Bornholdt und Dubben (Beck-Bornholdt & Dubben, 2002).

Zusammenfassend lässt sich also zum einen sagen, dass bei der Verwendung derartig erstellter Übertragungsfunktionen nur dann korrekte Prognosen erwartet werden können, wenn sich die Anwendungsbedingungen nicht verändern, d.h. wenn, wie die Abbildung 5 demonstriert, die Übertragungsfunktion nur in dem Wertebereich angewendet wird, in dem die Beobachtungsdaten gewonnen wurden. Zum anderen kann man sagen, dass die Vogelperspektive des Top-Down-Ansatzes und die damit häufig einhergehende Ersetzung von kausalen Zusammenhängen durch aus Korrelationen gewonnenen Übertragungsfunktionen prinzipiell das Risiko beinhalten, die kausalen Wirkungen von während der Datengewinnung stabilen Untersuchungsbedingungen, sogenannten *Rahmenbedingungen*, zu übersehen.

Kommt man aus der Froschperspektive des Bottom-Up-Ansatzes, muss man zwar auch die Subsysteme durch eine Übertragungsfunktion repräsentieren, aber hier verfügt man über eine viele bessere Wissensbasis, da die internen Umwandlungsprozesse bekannt sind, die es zu aggregieren gilt. Dies erlaubt die Berücksichtigung von kausalen Zusammenhängen und fördert das Erkennen des Einflusses von relevanten Untersuchungsbedingungen. Insbesondere kann man auf diese Weise den Gültigkeitsbereich der Übertragungsfunktion deutlich besser abschätzen, hat man doch in einem expliziten Entscheidungsakt die Aggregation der Umwandlungsprozesse zu einer Übertragungsfunktion vorgenommen.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die beim Top-Down-Ansatz erstellten Übertragungsfunktionen einen stark deskriptiven Charakter haben, während sie beim Bottom-Up-Ansatz einen stärker erklärenden Charakter haben. Demzufolge führt auch der Top-Down-Ansatz eher zu deskriptiven und der Bottom-Up-Ansatz eher zu erklärenden Modellen.

⁸ Bei den Störchen und den Babys ist es so, dass sich zwischen zwei zeitlich variierenden Größen immer eine Korrelation finden lässt (Beck-Bornholdt & Dubben, 2002, S.151).

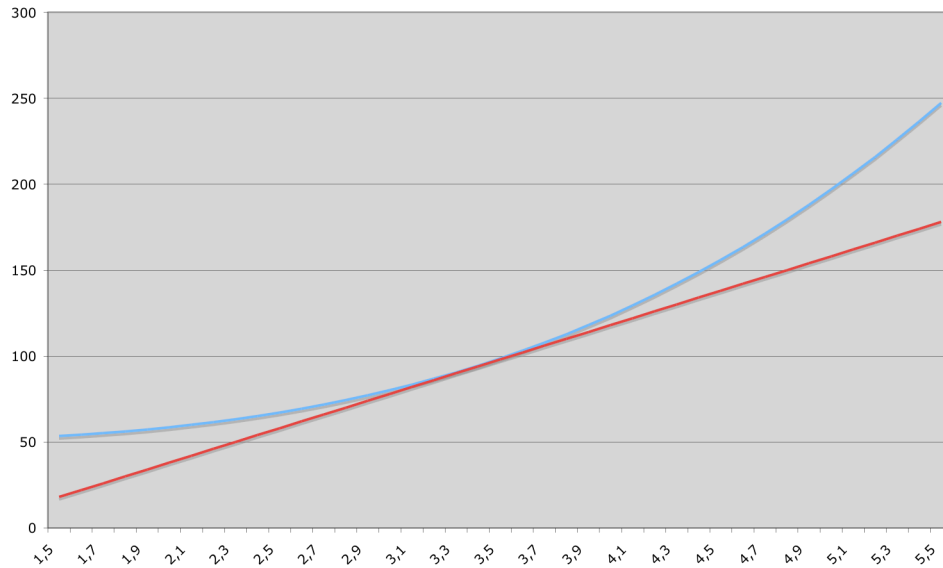


Abb. 5: Das Black-Box-Problem anhand eines fiktiven Beispiels

Quelle: eigene Darstellung

Angenommen die tatsächlich real vorliegende Funktion ist die blau dargestellte Potenzfunktion. Erfolgt nun die Datenerhebung bezüglich der zu ermittelnden Übertragungsfunktion in dem Ausschnitt (auf der x-Achse) zwischen 3 und 4, dann könnte man geneigt sein, die Korrelation durch die rot dargestellt lineare Funktion zu repräsentieren, die in diesem Bereich eine recht gute Näherung der Potenzfunktion ist. Würde man die Verwendung der linearen Funktion jedoch nicht auf diesen Bereich beschränken, so wird es erhebliche Abweichungen zwischen Modell und Realität geben.

Nur von erklärenden Modellen kann man aber berechtigt erwarten, die Reaktion auf unerwartete Bedingungen richtig (zumindest richtungssicher) abbilden zu können, d.h. bei veränderten Rahmenbedingungen bezüglich der Prognose deutlich besser abschneiden zu können als deskriptive Modelle. Dies wird mit dem Nachteil eines deutlich höheren Arbeits- und Modellierungsaufwands erkaufte.

Nun stellt sich die berechtigte Frage: Wann sollte man denn einen Top-Down- und wann einen Bottom-Up-Ansatz verfolgen? Die einfache Antwort ist, dass man das tun soll, was dem Analyse- und Modellierungsziel angemessen ist. Die detaillierte Antwort ist: Je stärker die Zielsetzung auf Verständnis und Erklärung ausgerichtet ist, je weniger man über das bestehende System weiß und je größer die Bandbreite des zu untersuchenden Systemverhaltens sein soll (Veränderung von Rahmenbedingungen), desto eher sollte man einen Bottom-Up- statt eines Top-Down-Ansatzes verfolgen.

Im Hinblick auf den Auflösungsgrad lassen sich jedoch nicht nur zwei Herangehensweisen unterscheiden, sondern auch zwei Arten des Umgangs mit dem Vorliegen vieler Teile der gleichen Art, d.h. vieler Teile, die alle die gleichen Eigenschaften haben, die sich jedoch in der Ausprägung der Eigenschaften unterscheiden. Ein Bsp. hierfür wäre eine Menschenmenge, deren ‚Bestandteile‘ durch die Eigenschaften Geschlecht, Alter, Größe etc.

beschrieben würden, oder auch eine Gasmenge, deren Gasmoleküle durch Position, Geschwindigkeit etc. beschrieben würden.

Zum einen können viele Teile der gleichen Art, die unterschiedliche Ausprägungen von Eigenschaften haben, in ihrer Gesamtheit durch statistische Kenngrößen beschrieben werden, die die Verteilung der Eigenschaften in dieser Gesamtheit charakterisieren. Das Gesamtverhalten des Systems ergibt sich aus der Wechselwirkung der Kenngrößen. Dieser Umgang mit vielen Teilen gleicher Art wird als Modellierung und Simulation des Systems auf der *Makroebene* bezeichnet, d.h. der Auflösungsgrad ist in diesem Fall relativ niedrig.

Zum anderen können viele Teile der gleichen Art, die unterschiedliche Ausprägungen von Eigenschaften haben, als Einzelteile abgebildet werden, die vom Prinzip her alle gleich sind und deren individuelle Ausprägung durch unterschiedliche Parameterwerte dargestellt wird. Das Gesamtverhalten des Systems ergibt sich aus der Gesamtheit des Verhaltens der Einzelteile. Dieser Umgang mit vielen Teilen gleicher Art wird als Modellierung und Simulation des Systems auf der *Mikroebene* bezeichnet, d.h. der Auflösungsgrad ist in diesem Fall relativ hoch.

Auch hier ist es wieder so, dass das Arbeiten auf der Mikroebene zwar aufwendiger, aber auch erklärungs mächtiger ist, da das Systemverhalten differenziert aus dem Verhalten der Einzelteile erklärt wird.

Nun stellt sich auch hier die berechtigte Frage: Wann sollte man auf der Makro- und wann auf der Mikroebene arbeiten? Auch hier ist wiederum die einfache Antwort, dass man das tun soll, was dem Analyse- und Modellierungsziel angemessen ist. Die detaillierte Antwort ist: Je stärker die Zielsetzung auf Verständnis und Erklärung ausgerichtet ist, je weniger man über das bestehende System weiß und je eher konkrete, räumliche und diskrete Wechselwirkungen eine Rolle spielen, desto eher sollte man auf der Mikro- statt der Makroebene arbeiten.

Abschließend zu den Betrachtungen zum Auflösungsgrad sei zum einen darauf hingewiesen, dass die Festlegung eines Auflösungsgrades notwendigerweise mit der Modellierung eines Systems einhergeht. Zum anderen muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass daraus ein prinzipieller Abbildungsfehler resultiert, der eine prinzipielle Beschränktheit eines Modells darstellt:

Es wird eine bestimmte Auflösung gewählt, d.h. es werden nur Aggregate des Systems innerhalb einer bestimmten Größenordnung abgebildet. Kleinere Strukturen werden subsummiert, größere Strukturen werden gar nicht berücksichtigt. Je nachdem, von welcher Seite die Annäherung erfolgt, werden die abgebildeten Aggregate induktiv, abstrahierend (re)konstruiert (mit einem sehr hohen Auflösungsgrad beginnend, Bottom-Up) oder aber entstehen deduktiv, spezialisierend durch Zerlegung (mit einem sehr niedrigen Auflösungsgrad beginnend, Top-Down).

Diese Reduktion des Systems auf Aggregate einer bestimmten Auflösungsebene erfolgt durch die Art und Weise der Systembetrachtung. Diese Einschränkung auf Aggregate einer bestimmten Größenordnung existiert somit nur im Auge des Betrachters (Systemmodell) und ist im betrachteten System nicht vorhanden: Im Regelfall wird auf einem Auflösungsgrad modelliert und die Werte und das zeitliche Verhalten von auf diesem Auflösungsgrad nicht modellierten Systembestandteilen werden extern durch ein Szenario vorgegeben. Hingegen lassen sich im realen System auf unterschiedlichen Auflösungsebenen Aggregate beobachten, die permanent und gleichzeitig miteinander interagieren; die Gesamtheit der auf einer höher aufgelösten Ebene beobachtbaren Ereignisse aggregiert sich zu den auf einer niedriger aufgelösten Ebene beobachtbaren Charakteristika.

Einen gewissen Ausweg aus der Schwierigkeit, verschiedene Auflösungs- bzw. Aggregationsebenen gemeinsam darzustellen, liefern Multiagentensysteme die wie bei ILUMASS mit ineinander gebetteten Iterationsschleifen verschiedenen Auflösungsgrads arbeiten.

4. Wie validiert man ein Modell?

Als Abschluss der Ausführungen zum Modellieren und Simulieren sei nun die Frage behandelt, wie man ein Modell *validiert*, d.h. wie man nachweist, dass das entwickelte Modell eine ‚korrekte‘ Abbildung des Originalsystems ist, auf Basis dessen sich zutreffende Prognosen des Systemverhaltens ableiten lassen.

Ein Modell ist nun nichts anderes als eine bestimmte Form der Formulierung einer Theorie, d.h. man müsste zunächst eigentlich fragen: Wie validiert man eine Theorie (Kap. 4.1.)?

Dies führt zu der Frage, auf die dann in dem folgenden Kapitel das besondere Augenmerk gerichtet wird, nämlich welche Probleme bei der Modellbildung und -validierung komplexer Systeme auftreten können (Kap. 4.2.). Zugespritzt könnte man auch abschließend fragen: Was macht die wissenschaftliche Psychologie so schwierig (Kap. 4.3.)?

4.1. Wie validiert man eine Theorie?

4.1.1. Erkenntnistheoretische Einführung

Hierfür bedarf es zunächst einiger einführender, erkenntnistheoretischer Erläuterungen hinsichtlich der Frage, ob überhaupt und inwieweit man nachweisen kann, dass etwas wahr oder richtig ist, d.h. inwieweit unsere Wahrnehmung von etwas (subjektiver Erkenntnisinhalt) mit dem real Gegebenen (objektiver Erkenntnisgegenstand) übereinstimmt. Es geht also um Fragen wie: Gibt es das, was ich sehe, unabhängig von mir, der Betrachterin?

Wenn ich etwas Rundes sehe, ist es dann wirklich rund oder liegt ein Wahrnehmungsfehler vor und ‚in Wirklichkeit‘ ist es eckig?

Dieses sogenannte Subjekt-Objekt-Problem ist eine fundamentale erkenntnistheoretische Problemstellung, auf die es in der Philosophie verschiedenste Lösungsversuche gegeben hat, die sich „danach unterscheiden, ob ein subjektunabhängiges Objekt angenommen wird oder nicht, zum anderen danach, wie die Entstehung der Erkenntnisinhalte dargestellt wird. Die erste Unterscheidung führt zur Gegenüberstellung einer *idealistischen* ... und einer *realistischen* ... Position, die zweite zur Gegenüberstellung einer *rationalistischen* ... und einer *empiristischen* ... Position. ... I. Kant hat diese unterschiedlichen Positionen miteinander zu vermitteln versucht“ (Mittelstraß, 1980-1996, zu Subjekt-Objekt-Problem). In „seinem Entwurf eines transzendentalen Idealismus ... räumt [Kant] die Existenz externer Gegenstände ein (↑Ding an sich); jede Erkenntnis von diesen stehe jedoch unter den durch die Formen der ↑Anschauung und des ↑Verstandes gegebenen Bedingungen“ (Mittelstraß, 1980-1996, zu Realismus (erkenntnistheoretisch)). D.h. Kant ging davon aus, dass es zwar eine externe Welt gibt, die von unseren Sinnen wahrgenommen wird, dass aber jedes Erkennen ein konstruktiver Prozess ist, in dem sich die Art und Weise, wie unser Geist funktioniert, niederschlägt. Dementsprechend wird das Wahrnehmen zwar von einem real existierenden Objekt ausgelöst, aber der subjektive Erkenntnisinhalt hat nur bedingt etwas mit dem objektiven Erkenntnisgegenstand zu tun.

Unabhängig von Kant stützte sich der Rationalismus der Aufklärung aber auch auf den cartesianischen Rationalismus und den klassischen Empirismus (Bacon, Locke, Hume). Diese organisierten das Programm einer rational geplanten und durchgeführten Empirie (Mittelstraß, 1980-1996, zu Rationalismus). In der Folge dieses Wissenschaftsprogramms lösten sich eigenständige wissenschaftliche Bereiche aus der Philosophie und es kam zu dem enormen wissenschaftlichen und technischen Fortschritt, wie wir ihn auch heute noch erleben.

Zu einer Leitwissenschaft wurde dabei die Physik (Bischof, 1981), die davon ausgeht, dass es eine zugrunde liegende harmonische (ästhetische) Ordnung der Natur gibt, die es zu finden gilt. Sie nimmt an, dass es einige wenige Grundgesetze gibt, die zu allen Zeiten und für jede Materie an jedem Ort gelten. Somit sind die vorgefundenen Systeme nur jeweils Spezialfälle von einigen wenigen allgemeinen Gesetzen und die im Spezialfall geltenden Gesetze lassen sich durch Einsetzen der Randbedingungen in die allgemeinen Gesetze (in Form von entsprechenden Parametern) herleiten. So erklären die allgemeinen Newtonschen Gesetze bezüglich der ‚Massen in Wechselwirkungen‘ sowohl die Fall-, Pendel- als auch die Keplerschen Gesetze (Bischof, 1981), die zuvor unverbunden nebeneinander standen. Diese Einstellung drückt sich „in Paracelsus‘ schönem Wort aus, dass ‚eine Blum‘ genug sei, ‚die ganze Schöpfung zu verstehen“ (Bischof, 1981, S.20). Bischof bezeichnet diese

Vorgehensweise als „materielle Reduktion“ (Bischof, 1981) und charakterisiert den *Harmoniegedanken* als heuristisches Prinzip, welches die Forschung dahingehend leitet, dass sie *Ordnung* in den vorgefundenen Systemen sucht.

Das Vorgehen ist dabei so, dass durch *Induktion*, d.h. durch Generalisierung, ein allgemeines Gesetz (eine allgemeine Theorie⁹) hergeleitet wird: Daraus, dass es in der eigenen Straße nur schwarze Katzen gibt, schließt man, dass alle Katzen schwarz sind, d.h. auf Basis dieses ‚Gesetzes‘ ist es möglich, Aussagen über Katzen zu treffen, die man nie gesehen habe. Denn aus diesem allgemeinen Gesetz werden durch *Deduktion*, d.h. durch Ableitung, spezifische Gesetze für einen bislang nicht untersuchten Spezialfall aufgestellt. Um die allgemeine Theorie zu bestätigen – oder um eben auch Widersprüche zu finden und damit Hinweise auf eine Verbesserung der Theorie zu finden –, überprüft man die abgeleiteten Sätze (Hypothesen¹⁰) empirisch. Man könnte zum Bsp. ableiten, dass alle Katzen in der Nachbarstraße schwarz sind, und sich dann dorthin begeben, um dies zu überprüfen. (Der Physik ist es bspw. gelungen, vier elementare Kräfte zu identifizieren (elektro-magnetische Kraft, starke und schwache Kernkraft, Gravitationskraft) und drei davon (elektro-magnetische Kraft, starke und schwache Kernkraft) durch eine Theorie zu erklären. Diese Theorie sagte die Existenz eines bestimmten Teilchens voraus, das dann in einem aufwendig zu diesem Zweck konstruierten Experiment in einem Teilchenbeschleuniger gefunden werden konnte.)

Das Beispiel der schwarzen Katzen zeigt aber bereits ein Problem auf, das u.a. zu der wissenschaftstheoretischen Position des *kritischen Rationalismus* führt (Mittelstraß, 1980-1996). Dieser knüpft an Karl Raimund Poppers (1902-1994) Programm einer Logik der Forschung (Popper, 1934) an. Denn die Theorie, dass alle Katzen schwarz sind, ist mit der Feststellung, dass auch die Katzen in der Nachbarstraße schwarz sind, noch lange nicht bewiesen. Und auch eine noch so ausgeklügelt gezogene Stichprobe in anderen Straßen stellt selbst im Erfolgsfall (alle vorgefundenen Katzen sind schwarz) nicht sicher, dass es in einer nicht untersuchten Straße nicht doch eine andersfarbige Katze gibt. Um wirklich zu beweisen, dass die Theorie richtig ist, d.h. um sie zu *verifizieren*, müsste man alle existenten Katzen überprüfen, was zum einen praktisch schier unmöglich ist und zum anderen hinsichtlich des durch die Generalisierung

⁹ „Theorie [grch. >>Betrachtung<<, >>Anschauung<<] die, 1) *allg.*: ordnende Verknüpfung von (Einzel-) Beobachtungen über Gegenstände, Sachverhalte, Vorgänge und Handlungen, Zusammenschau sowohl empir. wie log. Daten ... 2) *Wissenschaft*: Bez. 1) für Aussagen oder Sätze, die der Zusammenfassung einzelner empir. Befunde eines bestimmten Erkenntnis- bzw. Objektbereichs oder auch formaler Erkenntnisse (Mathematik, Logik) dienen; 2) Bez. für ein wiss. Lehrgebäude über Grundlagen, Prinzipien, Ordnungsgefüge und Gesetze eines Wissenschaftsgebiets.“ (Lexikonredaktion, 1996)

¹⁰ „Hypothese [grch. >>Unterstellung<<] die, eine wissenschaftl. fundierte Annahme, die so formuliert ist, dass sie durch Erfahrung, Experiment bestätigt (verifiziert) oder widerlegt (falsifiziert) werden kann. H. sind Basis für wiss. Theorien.“ (Lexikonredaktion, 1996)

verfolgten Ziels (nämlich etwas über Katzen auszusagen, die man noch nie gesehen hat) sinnlos ist.

Eine zweite Basis für den kritischen Rationalismus ist die grundsätzliche Skepsis an Begründungsversuchen (Mittelstraß, 1980-1996): Alle Versuche, einen ‚archimedischen Punkt‘ zu finden, d.h. einen einzigen Sachverhalt als gültig zu verifizieren (Erkenntnisinhalt = Erkenntnisgegenstand) und auf diesem Fundament alles andere Wissen aufzubauen – nach Archimedes den festen Punkt zu finden, von dem aus man die Welt aus den Angeln heben kann –, sind bislang gescheitert und enden im sogenannten Münchhausen-Trilemma (Vollmer, 1989).

Poppers Schluss ist, dass Wissen immer vorläufigen Charakter hat: Eine Theorie ist immer etwas Spekulatives, das nicht verifiziert, sondern nur *falsifiziert*, d.h. widerlegt, werden kann¹¹. Dementsprechend vertritt Popper einen Theoriepluralismus und setzt die kritische Prüfung einer Theorie, d.h. das Bestehen gegenüber Falsifikationsversuchen, an Stelle der traditionellen Begründung, d.h. an Stelle des Nachweises ihrer Wahrheit (Mittelstraß, 1980-1996). (Man irrt sich an die Wahrheit heran.) Das Kriterium für eine gute erfahrungswissenschaftliche Theorie ist also nicht ihre Beweisbarkeit, sondern ihre Bewährung und ihre Nützlichkeit im Wissenschaftsbetrieb. Vollmer gibt hierfür notwendige (Zirkelfreiheit, innere und äußere Widerspruchsfreiheit, Erklärungswert, Prüfbarkeit, Testerfolg) und erwünschte (Vollständigkeit, Allgemeinheit, Tiefe, Präzision, Einfachheit, Anschaulichkeit, Prognosepotential, Wiederholbarkeit der Effekte) Eigenschaften an (Vollmer, 1989). In der Folge hat sich die insbesondere von Popper vertretene These der Theorieabhängigkeit der Erfahrungsbasis durchgesetzt, d.h. die Ansicht, dass die Suche nach und damit das Erlangen von Erfahrungen (z.B. durch Experimente) von Theorien angeleitet wird (Mittelstraß, 1980-1996, zu Empirismus).

Thomas Samuel Kuhn (*1928) relativierte die Position Poppers: Auf „Basis historischer Studien zur Entstehungsgeschichte der neuzeitlichen Wissenschaften ...“, hat K. eine neue Konzeption der Wissenschaftsgeschichte und, in Abhängigkeit davon, eine neue Sicht der Wissenschaftstheorie entwickelt, die zu einer fundamentalen Umorientierung der wissenschaftlichen Diskussion in den sechziger Jahren geführt hat; die Diskussion ist bis heute nicht abgeschlossen“ (Mittelstraß, 1980-1996, zu Kuhn). Die Theorie der Wissenschaftsentwicklung des kritischen Rationalismus geht davon aus, dass Wissen kontinuierlich wächst und dass dabei (für die Anerkennung neuen Wissens) wissenschaftsinterne, methodologische Rationalitätskriterien angelegt werden. In Abgrenzung hierzu ist Kuhn der Ansicht, dass die Wissenschaftsentwicklung diskontinuierlich verläuft und auch von wissenschaftsexternen,

¹¹ Einschränkung muss hier ergänzt werden, dass Popper sich dabei auf allgemeine Aussagen wie ‚alle Katzen sind schwarz‘ bezieht, die nur falsifiziert werden können; es geht dabei nicht um Existenzaussagen, wie ‚es gibt eine schwarze Katze‘, die in der Tat durch das Auffinden einer einzigen schwarzen Katze verifiziert werden kann.

sozialen Faktoren bestimmt wird. Der zentrale Begriff seiner Theorie (Kuhn, 1963) ist das ‚*Paradigma*‘, welches die methodologischen Kriterien des Wissenschaftsbetriebs festlegt und welches im Rahmen von *wissenschaftlichen Revolutionen* mehr oder weniger schnell gewechselt wird. „Wesentlich für K.s Rekonstruktion wissenschaftlicher Revolutionen ist die sich aus seiner Konzeption zwangsläufig ergebende Behauptung, daß der Paradigmenwechsel nicht argumentativ verlaufen kann (alle Rationalitätsstandards sind Paradigmen verpflichtet); an die Stelle von Argumentationen treten soziale Vorgänge der Überredung und Diffamierung der Anhänger des alten Paradigmas, schließlich das >Aussterbenlassen<. ... Im Gegensatz zur Konzeption Poppers vom Wachstum der Wissenschaft steht nach K. kein methodologisches Kriterium zur Verfügung, mit dem sich paradigmunenabhängig Fortschritt messen ließe“ (Mittelstraß, 1980-1996, zu Kuhn).

Abschließend ist noch Paul Karl Feyerabends (*1924) Position des *erkenntnistheoretischen Anarchismus* zu nennen, der jegliche „methodologische Prinzipien als überhaupt fortschrittsfeindlich inkriminiert“ (Mittelstraß, 1980-1996, zu Erkenntnis) hat. Er bestreitet die sinnvolle Rolle methodischer Standards und fordert den Abbau aller durch methodische Normen erzeugten Denkverbote (Mittelstraß, 1980-1996, zu Erkenntnis).

4.1.2. Die Grenzen der klassischen Physik

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts stieß die ‚Leitwissenschaft‘ Physik durch die Entdeckung des deterministischen Chaos auf Grenzen ihrer Prognosefähigkeit (Kriz, 1992; Briggs & Peat, 1993), die durch die Hinwendung zu systemtheoretischen Ansätzen teilweise überwunden wurden (Breuer, 1989, S.8ff):

In der klassischen Physik, z.B. beim Untersuchen des Verhaltens einer Kugel auf einer schiefen Ebene, sieht das klassische Experimentaldesign vor, dass man alle wesentlichen Faktoren (Höhe, Länge und Material der schiefen Ebene, Material und Masse der Kugel etc.) bis auf einen konstant hält. Dieser eine Faktor, die *unabhängige Variable* (bspw. die Höhe der schiefen Ebene), wird variiert und das Verhalten der *abhängigen Variable* (bspw. die Laufzeit der Kugel auf der Ebene) gemessen.

Hierbei wird jedoch von idealisierten Bedingungen ausgegangen, d.h. es wird vorausgesetzt, dass man alle wirksamen Größen kontrollieren kann, dass keine weiteren Größen wirksam werden und dass man mehrfach exakt die gleichen Ausgangsbedingungen schaffen kann. Dies ist in der „schmutzigen Wirklichkeit“ (Breuer, 1989) aber nicht der Fall. Es wurde klar, dass es Systeme gibt, für die das Prinzip starker Kausalität gilt, d.h. ähnliche Ausgangsbedingungen haben ähnliche Folgen (bspw. die schiefe Ebene). Es gibt aber auch Systeme, die keine starke Kausalität aufweisen, d.h. ähnliche Ausgangsbedingungen haben ganz unterschiedliche Folgen (vgl. Abb. 6).

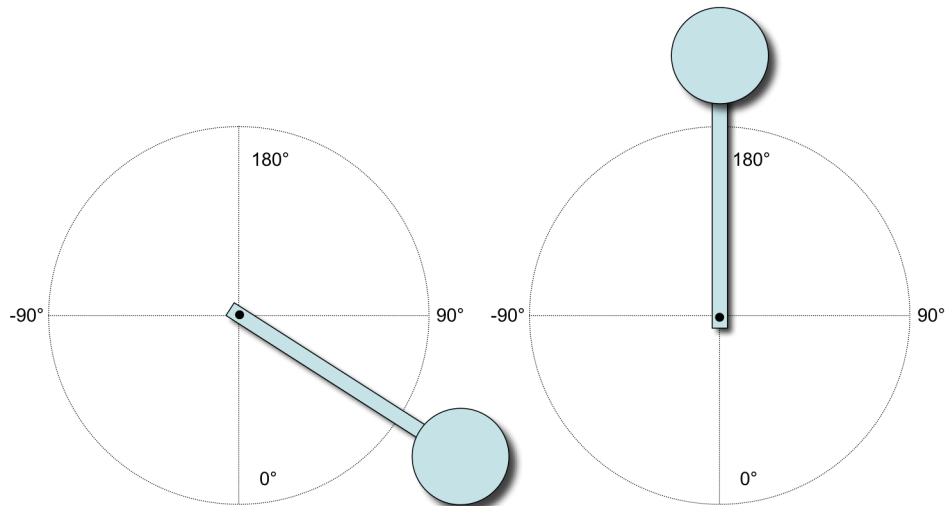


Abb. 6: Prognose bei verschiedenen Auslenkpositionen eines Stabpendels

Quelle: eigene Darstellung

Wird das (nahezu reibungsfreie) Pendel in dem Bereich zwischen -90° und $+90^\circ$ ausgelenkt, um es dann frei schwingen zu lassen, so wird sich das Schwingverhalten des Pendels bei annähernd gleicher ursprünglicher Auslenkung in einer Versuchsreihe auch annähernd gleich entwickeln. Wird das Pendel jedoch um 180° ausgelenkt, genügen minimale Abweichungen in der ursprünglichen Auslenkung oder minimale externe Störungen, um das Pendel zu der einen oder anderen Seite schwingen zu lassen, d.h. das Schwingverhalten des Pendels wird sich in einer Versuchsreihe sehr unterschiedlich entwickeln.

„In diesem Zusammenhang ist der Begriff des deterministischen Chaos von Bedeutung geworden und es werden Modelle für typische Entwicklungsprozesse, Gleichgewichts- bzw. Endzustände so charakterisierbarer dynamischer Systeme entworfen (etwa in den Konzepten der „Selbstorganisation“, der „chaotischen Attraktoren“, der „Katastrophentheorie“, „Fraktale“, u.ä.; ...)“ (Breuer, 1989, S.10). D.h. diese Systeme verhalten sich zwar auf festgelegte (deterministische) Art und Weise und nicht etwa zufällig, aber selbst kleinste Abweichungen in den Anfangsbedingungen führen zu stark unterschiedlichen Endbedingungen.

Da man immer Messfehler hat (beim Feststellen der Ausgangsbedingungen), es immer Störgrößen gibt (die in der Rechnung nicht berücksichtigt werden) und jeder Rechner nur eine begrenzte Rechengenauigkeit hat, ist es in der Praxis nicht möglich, die Endbedingungen zu berechnen. Man kann jedoch Modellrechnungen mit leicht variierenden Ausgangsbedingungen vornehmen und so mögliche Entwicklungspfade voraussagen bzw. Attraktoren angeben, d.h., vereinfacht gesprochen, Zustände, die das System früher oder später erreichen wird und in denen es verharren wird. Die Systemtheorie ist also nichtdestotrotz in der Lage, Aussagen über solche Systeme zu machen.

Es bleibt also festzuhalten, dass sich in der Physik das klassisch-newtonsche Weltbild in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auflöste und systemische Betrachtungsweisen ihren Einzug fanden.

Zum anderen wandte man sich in dieser Zeit in der Atomphysik Systemen zu, bei denen man nicht, wie zuvor in der klassischen Physik im Regelfall möglich, alle interessierenden Größen direkt kontrollieren und messen konnte. So formulierte Heisenberg (1901-1976) seine Unschärferelation, die besagt, dass man Ort und Impuls eines Teilchens nicht gleichzeitig feststellen kann. Die dort angewandten Messverfahren, wie bspw. eine Nebelkammer oder die Experimente zum Einfangen von Neutrinos, arbeiten alle weitestgehend mit indirekten Verfahren.¹²

Zusammenfassend gesprochen, stellte die Physik fest, dass es Gegenstandsbereiche gibt, in denen man nicht vom idealisierten, voll kontrollierbaren Einzelfall ausgehen kann, sondern den Systemcharakter berücksichtigen und mit Simulationsmodellen arbeiten muss. Weiterhin stellte sie fest, dass es Gegenstandsbereiche gibt, in denen nur durch indirekte Verfahren statt durch direkte Messung Erkenntnisse gewonnen werden können.

4.2. Welche Probleme können bei der Modellbildung und -validierung (komplexer) Systeme auftreten? Oder: Was ist der Unterschied zwischen der Modellierung von Kugeln und Menschen?

„Sinn jeder Wissenschaft ist es, Dinge beschreiben, erklären und vorhersagen zu können. So ist der (idealisierte) Physiker in der Lage, den Weg einer (idealisierten) Kugel auf einer (idealisierten) schiefen Ebene zu beschreiben ... Obschon Menschen in der Regel keine Kugeln sind, ist auch das Ziel der Psychologie als Wissenschaft, bestimmte Verhaltensweisen und Prozesse des Menschen zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen.“ (Schaub, 1993b, S.11)

Menschen sind offensichtlich keine Kugeln, aber was ist, aus Sicht der Systemanalyse und -modellierung, der Unterschied zwischen den beiden?

Wenn wir auf unsere Definition zurückkommen, dass ein System aus einer Anzahl von Bestandteilen besteht, „die untereinander relativ stark, mit ihrer Systemumwelt aber nur relativ schwach interagieren, sodass man dem beobachtbaren Verhalten des Systems einen ‘Zweck‘ zuordnen kann“ (Bossel, 1989) bzw. auf die Definition, dass ein System ein „Ausschnitt aus einem Realitätsbereich [ist], der eine Struktur von Ursachen und Wirkungen hat und in dem bestimmte Prozesse in der Zeit ablaufen“ (Glaser, 1997, S.73), so ist nach beiden Definitionen jedes Lebewesen ein System. Nach der zweiten Definition von Glaser wären auch ein Kühlschrank und das Planetensystem ein System, da man hier ein Wechselwirkungsgefüge vorfindet, das relativ klar gegen seine Umwelt abgegrenzt ist. Nach der ersten Definition von Bossel könnte man einen Kühlschrank als System interpretieren, da man ihm einen

¹²Indirektes Verfahren bedeutet, dass nicht der eigentliche Effekt direkt gemessen wird, sondern ein anderer Effekt der bekanntermaßen durch diesen Effekt ausgelöst wird.

Verhaltenszweck zuordnen kann, aber das Planetensystem würde eher nicht als System interpretiert werden. Nach beiden Definitionen wäre aber die Kugel selbst kein System, weist sie doch keine interagierende Binnenstruktur auf.

Dies hat Konsequenzen für Modellbildung und Prognose: Eine Kugel lässt sich im Regelfall auf sehr einfache Art und Weise durch einen Massepunkt modellieren und auf dieser Basis kann ihr Verhalten problemlos vorausgesagt werden. Dies ist bei einem Realitätsausschnitt, der eine interagierende Binnenstruktur aufweist, deutlich schwieriger, muss doch hier ein Systemmodell konstruiert werden, das die wesentlichen Bestandteile und Wechselwirkungen berücksichtigt. Mit diesem Systemmodell kann man dann verschiedene Szenarien durchrechnen und Entwicklungspfade ihres Verhaltens ermitteln. Insbesondere bei komplexen Systemen kann es dabei zu drei im Folgenden beschriebenen Schwierigkeiten kommen, von denen die letzten beiden im Regelfall nur bei der Modellierung von Lebewesen auftreten:

Die erste Schwierigkeit könnte man als Mess- und Kontrollproblem bezeichnen. Sie besteht darin, Kenntnisse über das Innere des Systems zu gewinnen, denn häufig können nicht alle Systembestandteile und ihre Wechselwirkungen von außen (störungsfrei) vermessen werden. Außerdem kann nicht jedes System einfach in seine Bestandteile zerlegt werden, ohne dabei Wissen (über die Wechselwirkungen im arbeitenden System) zu verlieren. Insbesondere ist dies gegebenenfalls ethisch nicht vertretbar (Lebewesen) oder technisch nicht möglich (Atom). Mit diesem Messproblem geht zudem ein Kontrollproblem einher, denn man kann auch nicht einfach auf das Systeminnere zugreifen, um so, wie beim klassischen Experimentaldesign, alle Variablen bis auf die zu variierende unabhängige Variable konstant zu halten. Letzteres wäre aber für die Interpretation der Variation der abhängigen Variable notwendig.

Eine zweite Schwierigkeit liegt vor, wenn es systeminterne Zustände gibt, die eine Gedächtnisfunktion realisieren. Denn dann hängt das Systemverhalten nicht nur von aktuellen Bedingungen, sondern auch von vergangenen Ereignissen ab, die sich gegebenenfalls dem Beobachter entziehen. Dies führt in der Informatik zur Unterscheidung zwischen reaktiven und deliberativen Agenten:

- *Reaktive Agenten* haben keine inneren Zustände, die eine Gedächtnisfunktion realisieren; ihr Verhalten ergibt sich aus Reiz-Reaktionskopplungen, d.h. durch relativ simple interne Strukturen. Bei gleichen Reizen (äußeren Gegebenheiten, Situation) reagieren sie immer gleich. Dies entspricht dem (idealisierten) Verhalten von unbelebten Gegenständen wie bspw. einer Kugel auf einer schiefen Ebene oder einem schwingenden Pendel, die idealisierenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgen.
- *Deliberative Agenten* haben innere Zustände und somit eine Art von Gedächtnis. Ihr Verhalten ergibt sich nicht nur aus den äußeren Gegebenheiten (Reize, Situation), sondern auch aus den inneren Zuständen

und somit u.a. aus deren Lerngeschichte. Das heißt bei gleichen äußeren Bedingungen können sie durchaus unterschiedlich reagieren, je nach Vorgeschichte. Dies entspricht dem Verhalten von höheren Lebewesen, die über ein durch Lernen modifizierbares Gedächtnis verfügen (s.u.).

Aber wie äußern sich nun die Unterschiede zwischen einem reaktiv und einem deliberativ agierenden System und was bedeutet das für die Modellbildung und -validierung?

Bereits rein reaktive Systeme können zielgerichtetes, ‚intelligentes‘ Verhalten zeigen und durchaus anspruchsvoll erscheinende Aufgaben lösen. Ein technisches Beispiel sind Braitenberg-Vehikel: So ‚findet‘ bzw. ‚meidet‘ ein kleiner Roboter, der mit jeweils zwei seitlich angebrachten Wassersensoren und Motoren ausgestattet ist und bei dem jeweils gegenüberliegender Motor und Sensor verstärkend bzw. hemmend verschaltet sind, eine Wasserquelle (Dörner, 1999, S.42ff). Ein biologisches Beispiel sind (nahezu) rein reaktive Lebewesen wie die Insekten: Deren Verhaltensprogramme sind (nahezu) vollständig angeboren, d.h. deren Verhalten ergibt sich aus genetisch verankerten Reiz-Reaktionsmustern. Bspw. gräbt eine Grabwespe ein Loch, legt ihre Eier hinein und deponiert eine am Hang wegrollende Beute für die schlüpfenden Nachkommen im gegrabenen Loch, ohne dabei ‚nachzudenken‘ oder auf ein ‚Gedächtnis‘ des aktuellen Geschehens zurückzugreifen (Dörner, 1999, S.89ff). Die ‚Intelligenz‘ steckt hierbei in der Konstruktion des technischen Systems durch seinen Erbauer bzw. im genetischen Programm der Grabwespe, welches sich im Laufe der Evolution phylogenetisch etabliert hat.

Durch das Hinzukommen von inneren Zuständen bei technischen Systemen, die eine Gedächtnisfunktion erfüllen, bzw. analog beim Hinzukommen eines durch Erfahrungen modifizierbaren Gedächtnisses bei belebten Systemen, werden andere Problemklassen lösbar: Der Weg vom Eingang zum Ausgang eines klassischen zweidimensionalen Labyrinths lässt sich noch ohne Gedächtnis, d.h. ohne ‚Merken‘ bereits ausprobiert Gänge, durch die Rechte-Hand-Regel lösen: Man lege die rechte Hand an die Labyrinth-Mauer, lasse sie dort und gehe immer weiter. Auf diese Weise wird man irgendwann vom Eingang des Labyrinths zu dessen Ausgang gelangen. Wird man jedoch irgendwo in einem derartigen Labyrinth ausgesetzt, funktioniert diese Regel nicht, denn man könnte seine rechte Hand ja an einen inneren Teil des Labyrinth gelegt haben, dessen Wand keine Verbindung zur Außenwand hat. Die Lösung dieses Problem bedarf eines Gedächtnisses, d.h. eines internen Markierens (‚Merken‘) von ausprobierten Gängen. (Soziale Insekten, wie die Ameisen, ‚externalisieren‘ ihr Gedächtnis und machen dieses externe Gedächtnis modifizierbar, indem sie bspw. Duftmarken benutzen.)

Unter den Lebewesen sind die Insekten, bei denen (nahezu) jedes Verhalten angeboren ist und somit nur phylogenetisch modifiziert wird, das eine Extrem. Das andere Extrem sind Menschen, bei denen nahezu jedes Verhalten erlernt wird und lebenslang durch Erfahrungen ontogenetisch modifizierbar bleibt.

Dadurch eröffnen sich ihnen ungeheure adaptive Möglichkeiten, die zu einem wesentlich größeren Verhaltensspielraum und einer umfangreicheren Problemlösefähigkeit führen.

Eine dritte Schwierigkeit kommt bei der Abbildung von Lebewesen in jedem Fall hinzu und führt zur Unterscheidung von reaktiven und proaktiven Systemen bzw. Agenten: Ein Kennzeichen des Lebendigen ist es, einen Stoffwechsel zu haben, das heißt Nährstoffe aufzunehmen und Umwandlungsprodukte wieder auszuschcheiden. Das heißt, dass alle Lebewesen innere, physiologisch bedingte Zustände haben, deren Größe durch das mehr oder minder regelmäßige Aufsuchen von Nährstoffquellen innerhalb gewisser Grenzen gehalten werden muss. Derartige Systeme reagieren nicht mehr nur *reaktiv*, d.h. sie werden nicht nur aufgrund eines äußeren Anstoßes aktiv, sondern sie verhalten sich auch *proaktiv*, d.h. sie werden von sich aus aktiv, um einen inneren Mangelzustand zu beseitigen und somit das Überleben zu sichern.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass je komplexer die Binnenstruktur eines Systems ist und je mehr Zustände es aufweist, die eine Gedächtnisfunktion erfüllen oder die zum Systemerhalt innerhalb bestimmter Grenzwerte gehalten werden müssen, das Systemverhalten umso proaktiver und deliberativer wird, d.h. desto mehr von inneren Zuständen und vergangenen Erfahrungen abhängt und desto weniger von der äußeren Situation. Dementsprechend wird die Modellbildung aufwendiger und komplexer und beim Auftreten von Mess- und/oder Kontrollproblemen zusätzlich zunehmend spekulativ.

Eine Theorie, die ein solches System beschreibt, sollte daher selbst systemischen Charakter haben, d.h. dies auch in Form eines Systems miteinander verknüpfter Hypothesen tun. Natürlich kann eine derartig komplexe Theorie in ihrer Gesamtheit weder verifiziert noch falsifiziert werden und aus den dargelegten Gründen kann auch nicht jede Einzelhypothese überprüft werden. Dem Theoriepluralismus Poppers zufolge, ist jedoch die Bewährung einer Theorie im Wissenschaftsbetrieb wichtiger als ihre Beweisbarkeit, d.h. eine derartige systemische Theorie erhebt nicht den Anspruch auf Wahrheit, sondern den Anspruch auf Nützlichkeit (bspw. Erklärungswert, Anschaulichkeit, Prognosepotential etc.).

4.3. Was bedeutet dies für die wissenschaftliche Psychologie?

Die (theoretische) Psychologie ist im Wesentlichen die Wissenschaft des Systems ‚menschliche Psyche‘.

Sie wurde von 1930-1960 vom sogenannten Behaviorismus dominiert, der als nach Objektivität strebende Verhaltenswissenschaft bestimmte Phänomenbereiche ausschloss, insbesondere die erlebnismäßige Repräsentation kognitiver und emotionaler Prozesse und Sachverhalte (Schneider & Schmalt,

2000, S.77). In seiner Betrachtung reduzierte er Lebewesen auf eine Menge von Reiz-Reaktions-Kopplungen, deren Entstehung und Veränderung es zu erforschen galt (Lernpsychologie).

Anfang der 60 Jahre des letzten Jahrhunderts fand die kognitiven Wende statt; in deren Zuge gab es eine Abwendung von der reaktiven Interpretation dieses Systems durch den Behaviorismus hin zu einer Interpretation als deliberatives System, und die Aufmerksamkeit richtete sich auf die internen Prozesse. Statt die Psyche als durch Lernen nahezu beliebig programmierbare Reiz-Reaktions-Matrix anzusehen, wird sie als informationsverarbeitender Mechanismus mit Zuständen und Prozessen angesehen, den es in seinen Bestandteilen und seinem Zusammenwirken zu erforschen gilt.

Das Organ, das diese Informationsverarbeitung leistet, ist das Gehirn. Es besteht aus Nervenzellen, den sogenannten Neuronen (1 Billion), die durch ca. 10.000 ein- und ausgehende Nervenfasern pro Neuron miteinander verbunden sind (vgl. Pöppel, 1997). D.h. über jeweils vier Zwischenschritte (d.h. Verbindungen zu anderen Neuronen) ist somit jedes Neuron mit einem beliebigen anderen Neuronen verbunden. Diese Verbindungen verändern sich durch Lernen (bspw. Schaub, 1993a). Etwa 500 Millionen sensorische Neuronen füttern dieses System mit Informationen (Inputs). Demgegenüber geben etwa 2 Millionen motorische Neuronen Informationen an den Körper ab (Outputs), die dort Muskelbewegungen steuern und innere Organe regulieren (Pöppel, 1997). Extern direkt beobachtbar sind aber nur die Bewegungen und die Gegebenheiten, die die sensorischen Inputs auslösen.

Das Verhältnis von (beobachtbaren) Ausgängen zu (nicht direkt beobachtbaren) Eingängen beträgt also 1:250, das Verhältnis von Eingängen zu an der Verarbeitung beteiligten (nicht direkt beobachtbaren) Instanzen beträgt sogar 1:5000. Diese Verhältnisse machen das System *intransparent*. Hinzu kommt, dass sich (durch Lernen) im Laufe der Zeit die Verbindungsstruktur verändert, d.h. das System reagiert *plastisch*. Zudem geht man davon aus, dass vermutlich weniger als 10% der im visuellen Kortex verarbeiteten Informationen von äußeren Reizen stammen; der Rest stammt aus anderen Bereichen des Gehirns (Pöppel, 1997). „Anders ausgedrückt: Das Gehirn befasst sich den größten Teil der Zeit mit sich selbst. Nur alle paar Sekunden macht es die Augen und Ohren auf und fragt: Was ist eigentlich draußen los?“ (Pöppel, 1997, S.104)

Die Psychologie beschäftigt sich also mit einem System, das eine hoch komplexe Binnenstruktur aufweist, dessen Systemzustand aus der Summe der vergangenen Erfahrungen resultiert, das sich nahezu unmöglich messtechnisch erfassen oder experimentell kontrollieren lässt und dessen Reaktionen zum größten Teil von internen Verarbeitungsprozessen abhängen.

Diese komplexe Binnenstruktur macht menschliches Verhalten eher schwach kausal, variabel, plastisch und proaktiv, d.h. Menschen handeln von sich aus und die Art und Weise der Aktionen und der Reaktionen auf äußere

Bedingungen hängt sehr stark vom inneren Systemzustand und damit von der Summe vergangener Erfahrungen ab. Somit treten für das System Mensch all die Modellbildungs- und Validierungsprobleme, die im vorhergehenden Kapitel (4.2) beschrieben wurden, auf (Mess- und Kontrollproblem bezüglich des Systeminneren, Gedächtnis, Notwendigkeit der Regulierung physiologischer Zustände innerhalb gewisser Grenzen).

Diese komplexe Binnenstruktur des Systems ‚menschliche Psyche‘ legt ein Verständnis der Psychologie als Systemwissenschaft nahe. Dies wird jedoch anscheinend nur zögerlich von der Psychologie selbst geteilt:

Bischof argumentiert pragmatisch und stellt der Leitwissenschaft Physik komplementär die Biologie als Prototyp einer Systemwissenschaft gegenüber (Bischof, 1981): Die Biologie verfolge eine strukturelle statt einer materiellen Reduktion und sei von dem heuristischen Prinzip der *Teleonomie* (Zweckorientierung) statt der Harmonie geleitet. Die Teleonomie-Heuristik leite die Forschung dahingehend an, dass sie nach *Organisation* in den vorgefundenen Systemen (den Organismen) suche, die aufgrund eines äußeren Selektionsdrucks entstanden ist und den Zweck der Adaption an äußere Bedingungen hat. Dies steht im Gegensatz zur Physik, die nach Ordnung suche, die durch inneren Spannungsausgleich entsteht und deren Untersuchungsgegenstand der Kosmos ist. Bischof vertritt die Ansicht, dass die akademische Psychologie begierig gewesen sei, von der „großen Schwester“, der höchst erfolgreichen Physik, zu lernen und daher deren Programm der materiellen Reduktion und die damit verbundene Heuristik der Harmonie übernahm. Dies habe sich insbesondere in der behavioristischen Ausrichtung der Psychologie (1930-60) niedergeschlagen und diesen Konsens habe Kurt Lewin in seiner Studie „Der Uebergang von der aristotelischen zur galileischen Denkweise in Biologie und Psychologie“ (Lewin, 1931) zum Ausdruck gebracht. Dies habe bspw. dazu geführt, dass man den einen Grundtrieb gesucht habe, auf den alles zurück zu führen sei, oder das eine Lern- bzw. Verhaltensgesetz. Paracelsus' Blume finde sich dementsprechend in Tolmans Äußerung, dass er (Tolman) glaube, dass alles in der Psychologie Wichtige im Wesentlichen durch die Analyse des Verhaltens einer Ratte in einem Labyrinth gefunden werden könne. Bischof ist der Ansicht, dass dieses Forschungsparadigma in der Psychologie nicht zum Erfolg geführt habe. Er sieht in der Orientierung am Leitbild der Biologie, d.h. im Auffassen der Psychologie als eine Systemwissenschaft, einen Ausweg für die Psychologie und belegt dies mit Beispielen (Bischof, 1981).

Acht Jahre später argumentiert Breuer systemtheoretisch (Breuer, 1989) und verweist darauf, dass die menschliche Psyche ein System schwacher Kausalität ist, das weder die experimentelle Messung geschweige denn die Kontrolle aller wirksamen Größen erlaubt: „In der psychologischen Forschung werden häufig Prinzipien verfolgt, die die Komplexität der Systembedingungen ihres Objekts unangemessen vereinfachen“ (Breuer, 1989, S.20), obwohl „Die Prinzipien der Nichtvorhersagbarkeit, des chaotischen Verhaltens von Systemen, die

Schwierigkeiten der Trennung von Ursache- und Wirkungsbedingungen, von Untersuchungssubjekt bzw. Beobachter und seinem Gegenstand ... für die Untersuchung unbelebter Natursysteme inzwischen weithin als Tatsachen akzeptiert“ sind. Er kritisiert „die Unterstellung der Isolierbarkeit von Systemkomponenten und deren Analysierbarkeit in reduktionistischen (Labor-)Experimenten oder anderen ‚reaktiven Untersuchungsdesigns‘“ und attestiert der Psychologie auch noch 1989 eine „bornierte Ausrichtung“ an dem klassischen Experimentaldesign, d.h. an der „unabhängige[n] Variation unterschiedlicher kausaler Faktoren“ (Breuer, 1989, S.20).

Auch in neuerer Zeit wird die Forderung nach einer andern Art der Betreibung von Psychologie weiterhin erhoben: So wünscht sich Rost 2001 immer noch „eine neue konstruktivistische, konstruierende Psychologie, welche die bisherige statistisch-korrelative Psychologie ins Museum der Historie verbannt. Es ist Schnee von gestern, was hier noch fast ausschließlich betrieben wird“ (Rost, 2001, S.5).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die Psychologie im Allgemeinen nur sehr zögerlich als Systemwissenschaft versteht. Stattdessen orientiert sie sich am Ideal einer ‚messend-induktiven‘ Naturwissenschaft, das eigentlich schon seit dem frühen 20. Jahrhundert in den Naturwissenschaften selbst gar nicht mehr vertreten wird. Deren Zugänge zu bestimmten Gegenstandsbereichen wurden insbesondere durch die Systemtheorie ergänzt.

Die Psychologie sucht das Messproblem, vor das sie gestellt ist (s.o.), zu umgehen, indem sie zur Erklärung menschlichen Verhaltens beschreibende Konstrukte wie Einstellungen heranzieht, auf die dann durch Indikatoren rückgeschlossen wird. Diese können wiederum durch eine Befragung (Selbstauskunft) oder durch Beobachtung indirekt erschlossen werden. Aber zum einen lässt sich der Wahrheitsgehalt der gemachten Angaben nicht überprüfen und zum anderen gibt es Hinweise, dass sich diese Größen durch die Befragung verändern (können). (Diese Problematik war Schwerpunkt eines Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (Mandl, 1997).)

Auch die in letzter Zeit so in Mode gekommenen bildgebenden Verfahren lösen das Messproblem nicht, denn die psychologische Analyseebene ist eine ganz andere als die neurowissenschaftliche (Güntürkün in Güntürkün & Mausfeld, 2005). Außerdem kann man mit diesen Verfahren zwar in den Kopf eines Menschen ‚hineinschauen‘ und feststellen, welche Gehirnregionen aktiv sind bzw. wo Stoffwechselprozesse ablaufen, dies ist jedoch zunächst einmal ein Phänomen, das es zu erklären gilt, aber keine Erklärung (Güntürkün in Güntürkün & Mausfeld, 2005). Denn die Bedeutung der Aktivitätsmuster, d.h. mit welchem Wissen oder mit welchen Gedanken oder Denkprozessen sie verbunden sind, ist zunächst nicht gegeben. Dies muss erst einmal parallel mit anderen Messverfahren erfasst und entsprechenden Aktivitätsmustern zugeordnet werden.

Sich Breuer, Bischof und Rost anschließend, wird in dieser Arbeit ein systemtheoretisch geprägter Zugang zur Psychologie als wesentlich aussichtsreicher und nützlicher vertreten. Dies führt zu einer *funktional-(re)konstruktiven* Theoriebildung im Sinne da Vicos und Feynmans (vgl. Kap. 3.1.), d.h. man bemüht sich, die *Funktionen* und Mechanismen, über die ein solches System verfügt, unter Rückgriff auf systemtheoretisches Wissen zu *(re)konstruieren* und ein derartiges Modell im Ganzen zur Bewährung antreten zu lassen (vgl. Kap. 4.2.). Die Verfolgung einer *teleonomischen* Sichtweise (vgl. Kap. 4.3.) erscheint hierbei ratsam, d.h. die Berücksichtigung der Anforderungen, an die ein solches System im Laufe der Evolution phylogenetisch adaptiert wurde.

Weiterhin erscheint die Formulierung der Theorie als Computersimulationsmodell anstrebenswert. Zum einen wird dadurch die zu erwartende Komplexität einer solchen Theorie handhabbar; zum anderen werden auf diesem Wege bereits einige der von Vollmer (Vollmer, 1989) genannten Anforderungen an eine Theorie gefördert bzw. sogar erzwungen (bspw. Zirkelfreiheit, innere Widerspruchsfreiheit, Vollständigkeit, Präzision).

Teil II: State of the Art und Forschungsansatz

In diesem Teil werden zunächst der State of the Art dargestellt (Kap. 6.) und für den Forschungsansatz relevante Erkenntnisse aus den Systemanalysen dargelegt (Kap. 7.). Die im vorhergehenden Teil und insbesondere die in diesen beiden Kapiteln (Kap. 6. und 7.) ausgeführten Argumente bilden die Ausgangsbasis für das eigentliche Ziel dieses Teils: Sie werden in der Herleitung des Forschungsansatzes gebündelt (Kap. 7.) und erlauben die Beantwortung der Frage nach der wissenschaftlichen Relevanz dieser Arbeit (Kap. 8.).

Konkret wird in diesem Teil zum einen begründet, warum sozio-technische Systeme wie das städtische Mobilitätssystem durch Multiagentensysteme mit einem psychologisch fundierten Agentenmodell abgebildet werden sollten (Kap. 7.). Zum anderen wird diese Arbeit in der wissenschaftlichen Diskussion positioniert, indem dargelegt wird, inwiefern es sich hierbei um einen neuen Ansatz im Rahmen der Verkehrsmodellierung handelt (Kap. 7.), in welchen anderen Bereichen das zu lösende Problem in ähnlicher Art und Weise auftritt (Kap. 8.) und inwiefern die Problemlösung damit für andere Bereiche nützlich sein könnte (Kap. 8.).

5. State of the Art

Der ‚State of the Art‘ betrifft mehrere Disziplinen:

Hinsichtlich der Konstruktion des Modells ist vom handwerklichen Standpunkt aus zu fragen, was die klassischen Modellierungsansätze der Systemtheorie leisten (Kap. 5.1.) und welche Möglichkeiten demgegenüber das aus der Informatik stammende Konzept eines Multiagentensystems bietet (Kap. 5.2.).

Für die inhaltliche Ausgestaltung des Modells, also für die ‚Füllung‘ der Agenten, ist die ebenfalls aus der Informatik stammende Forschung zu künstlicher Intelligenz (Kap. 5.3.) zu berücksichtigen, die psychologischen Modellierungsansätze für die menschliche Psyche sind zu skizzieren (Kap. 5.4.) und auf die Relevanz von Verkehrs- und Mobilitätspsychologie (Kap. 5.5.) ist einzugehen. (Detailliert wird auf die psychologische Theorie im Teil III eingegangen.) Im Hinblick auf die Interaktion der Agenten wird außerdem auf die soziale Systemtheorie (Kap. 5.6.) eingegangen.

Nicht zuletzt ist vom Anwendungsstandpunkt auf die Verkehrsmodellierung einzugehen (Kap. 5.7.).

Abschließend wird diskutiert, inwiefern technisch genutzte Optimierungsverfahren für die Erstellung eines Wochenablaufs genutzt werden können (Kap. 5.8.). In diesem Rahmen werden das im Überblick nur skizzierte Rucksack- und Traveling-Salesman-Problem detaillierter dargestellt, und es wird aufgezeigt, wie diese beiden klassischen Optimierungsprobleme im Rahmen der menschlichen Alltagsorganisation vorkommen.

5.1. Wie arbeiten klassische systemtheoretische Modellierungsansätze?

Ein sehr erfolgreicher systemtheoretischer Modellierungsansatz ist die auf Forrester (Forrester, 1972) zurückgehende System-Dynamics-Methode, die auch heute noch durch Entwicklungsumgebungen wie bspw. Vensim von Ventana Systems oder Stella und ithink von High Performance Systems realisiert werden (International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2001).

Diese Methode erzeugt Modelle (bspw. Abb. 7), die aus Speichern (Zustandsgrößen) bestehen, die durch gerichtete Flüsse (Wechselwirkungen) miteinander verbunden sind. Interaktionen finden statt, indem ein Speicher seinen Füllstand in Folge seiner Zu- und Abflüsse (In- und Outputs) ändert und sein Auslassventil (Größe des Outputs) in Abhängigkeit von den Speicherfüllständen (eigener und andere) mehr oder minder weit öffnet. Für diese Wechselwirkungen sind beliebige Funktionen¹³ zugelassen.

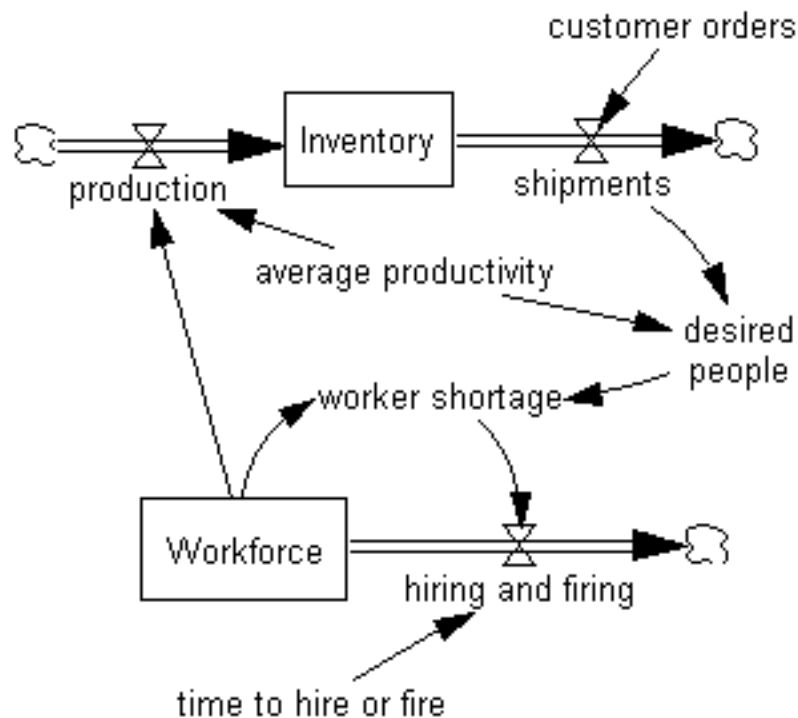


Abb. 7: Ein system dynamics Beispiel

Quelle: <http://www.vensim.com/molecule.html#tutorial> [18.04.2006]

Wenn mit dieser Methode eine Menge von Individuen modelliert wird, so geschieht dies auf der Makroebene (vgl. 3.3), d.h. eine Population wird als Ganzes durch statistische Kenngrößen beschrieben. Diese Methode ist nicht für die Modellierung von Systemen auf der Mikroebene (vgl. 3.3) gedacht, denn sie sieht nicht vor, dass man eine ‚Blaupause‘ eines Mitglieds einer solchen Population entwirft, aus deren parametrisierten ‚Kopien‘ sich dann diese

¹³d.h. (nicht) lineare, (nicht) stetige, logische, stochastische, statistische etc.

Population zusammensetzt. Letzteres lässt sich durch ein Multiagentensystem modellieren, auf das im folgenden Kapitel eingegangen wird.

5.2. Was ist das Agentenkonzept in der Informatik und wie hängt dies mit der Forschung zu künstlicher Intelligenz und zu künstlichem Leben zusammen?

Was ist eigentlich ein Agent? In der Umgangssprache ist ein Agent ein Mittelsmann, der im Auftrag eines Kunden für diesen eine Aufgabe autonom und selbstständig erledigt. Dazu gehört im Regelfall das Sammeln, Sichten und Aufbereiten von Informationen und das Verhandeln mit Dritten. (Zwei Beispiele für Agenten aus dem täglichen Leben wären der Immobilienmakler, der Informationen über den Wohnungsmarkt sammelt und für seinen Kunden eine Vorauswahl trifft, und der Agent, der Schauspielern und Künstlern ein Engagement verschafft.)

Dieses Konzept eines selbstständig und autonom agierenden Mittelsmanns übertrugen Visionäre unter den Computerwissenschaftlern wie Nicholas Negroponte und Alan Kay (vgl. Franklin & Graesser, 1997) auf Computerprogramme, die zur Informationssuche in virtuellen Welten wie Datenbanken und dem Internet eingesetzt wurden. Diese Programme sind dabei nicht auf permanente Interaktion mit dem Computernutzer angewiesen (wie bspw. ein Wordprozessor beim Schreiben von Text), sondern handeln vergleichsweise autonom und selbstständig (wie bspw. die Rechtschreibprüfung bei einem Wordprozessor im Hintergrund läuft).

Es existiert eine Vielzahl von Agentendefinitionen, die eng mit der Aufgabe verbunden sind, die ein Softwareagent erfüllen soll. Franklin und Graesser (Franklin & Graesser, 1997) referieren eine Vielzahl solcher Agentendefinitionen, deren kleinsten gemeinsamen Nenner sie in der folgenden Definition fassen: „An autonomous agent is a system situated within and part of an environment that senses that environment and acts on it, over time, in pursuit of its own agenda and so as to affect what it senses in the future“ (Franklin & Graesser, 1997, S.4).

Diese Definition unterscheidet autonome Agenten von einfachen Computerprogrammen, indem sie erstere wie folgt charakterisiert:

- 1) der Agent selbst ist ein System;
- 2) der Agent befindet sich in einer Umwelt;
- 3) er nimmt die Umwelt wahr;
- 4) er hat eine eigene Agenda;
- 5) die Agenda bestimmt sein Handeln und schließlich:
- 6) seine Handlungen können die Umwelt, in der er sich befindet, verändern; diese Umwelt nimmt wiederum auf sein Handeln Einfluss.

Zudem agiert er ‚over time‘, d.h. er ist ständig aktiv und kein Programm, welches eine Aufgabe erledigt und anschließend beendet wird, um gegebenenfalls durch einen erneuten Aufruf wieder gestartet zu werden.

Nachdem die anfängliche Vision für Softwareagenten entwickelt wurde, interessieren sich zunehmend verschiedene Fachrichtungen für deren Anwendungsmöglichkeiten in anderen Bereichen (vgl. Franklin & Graesser, 1997). So ist zum Beispiel der ‚Bietagent‘ bei ebay ein Softwareagent, den viele Leser kennen werden.

In meinen Augen lassen sich folgende Entwicklungsströmungen und Anwendungsbereiche ausmachen:

- Zum Ersten gibt es die ‚klassischen‘ Softwareagenten, wie der Bietagent von ebay, die für ihren Benutzer auf virtuellen Plattformen Informationen sammeln und Verhandlungen führen.
- Zum Zweiten werden in der Unterhaltungsbranche zunehmend künstliche Persönlichkeiten als ‚Seelen‘ für robotische Spielzeuge (bspw. das Tamagotchi der Firma Bandai, der Roboterhund AIBO von Sony) oder Computerspielcharaktere entwickelt, die sich möglichst authentisch verhalten sollen und die möglichst authentisch interagieren sollen.
- Zum Dritten werden Agenten zur Erforschung der grundlegenden Prinzipien von Leben eingesetzt, d.h. in der sogenannten artificial-life-Forschung (siehe bspw. Brüggemann, 2002). Dies ist sowohl für die Biologie, Psychologie als auch für die Gesellschaftswissenschaften wie die Soziologie (‚social simulation‘) ein interessantes Forschungsinstrument.

Im Zuge dieser Entwicklungen bemüht sich zum einen die Informatik um Standardisierung und schlägt verschiedene Architekturen sowohl für den einzelnen Agenten als auch für das Interagieren vieler Agenten in sogenannten Multi-Agenten-Systemen vor. Zum anderen zeigt die artificial-life-Forschung das Potenzial, Erkenntnisse zum Verhalten des Gesamtsystems, d.h. zur Interaktion der Agenten und zum emergenten Verhalten eines Multiagentensystems, beizutragen.

Da zum einen das Ziel dieser Arbeit die Herleitung eines psychologisch fundierten Agentenmodells ist und da zum anderen im exemplarischen Anwendungsbereich ‚Städtische Mobilität‘ zunächst Interaktionsmöglichkeiten nur begrenzt eine Rolle spielen (detailliert Kap. 7.), erfolgt in dieser Arbeit zunächst die Konzentration auf das ‚Innere‘ des Agenten, für den dann in einem weiteren Schritt die Interaktionsmöglichkeiten und -notwendigkeiten zu explizieren und zu ergänzen sind. Daher bleibt die Beschäftigung mit Standardarchitekturen für Multi-Agenten-Systeme und mit Ergebnissen aus der artificial-life-Forschung nachfolgenden Arbeiten vorbehalten.

Da mit dem in dieser Arbeit zu entwickelnden Agentenmodell intelligentes menschliches Verhalten abgebildet werden soll, ist für die inhaltliche Ausgestaltung der Agenten die Forschung zur künstlichen Intelligenz von

Interesse. Daher ist zunächst einmal im folgenden Kapitel zu klären, inwiefern die Konzepte der KI-Forschung im Hinblick auf die Ziele dieser Arbeit von Interesse sind, bevor dedizierte Standards für die Agentenarchitektur übernommen werden.

5.3. Womit beschäftigt sich Forschung zur künstlichen Intelligenz (KI)?

Winston definiert künstliche Intelligenz als „The study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act“ (Winston, 1992, S.5), d.h. die KI untersucht Möglichkeiten, bestimmte kognitive Fähigkeiten nachzubilden. Hierbei lassen sich zwei Forschungsrichtungen unterscheiden, nämlich die ingenieurs- und die kognitionswissenschaftliche KI:

Kurz gesagt, ist es das Ziel der ingenieurwissenschaftlichen KI, *optimale* Lösungen zu finden; dabei ist die Art und Weise der Lösungsfindung nicht von Interesse, d.h. der Lösungs-Algorithmus kann auf völlig andere Art und Weise zu einer Lösung gelangen, als dies ein Mensch tun würde. Diese Forschungsrichtung bemüht sich, Algorithmen zu finden und in Programme umzusetzen, die den Menschen bei bestimmten Aufgaben unterstützen und bei Problemlösungen helfen. Hier geht es im Regelfall darum, in einem bestimmten Kompetenzbereich (bspw. Rechnen, (logisches) Denken, Wahrnehmen, Lernen, Erinnern etc.) die menschliche Performanz hinsichtlich Geschwindigkeit, Genauigkeit, Präzision, Fehlerfreiheit etc. zu übertreffen (Schlieder, 2004). Diese Art von Forschung ist geeignet, Beiträge zum Innenleben ‚klassischer‘ Softwareagenten zu leisten.

Demgegenüber ist es das Ziel der kognitionswissenschaftlichen KI, *natürliche* Denkprozesse *nachzubilden*. Untersuchungsobjekte dieser Forschungsrichtung sind Lebewesen im Allgemeinen und der Mensch im Besonderen, d.h. hier geht es um Erforschung der grundlegenden Prinzipien biologischer Informationsverarbeitung. Es wird durch die, teilweise spekulative, Rekonstruktion der vorgefundenen Systeme in Form von Computersimulationsprogrammen eine funktional-rekonstruktive Theoriebildung verfolgt (vgl. Kap. 4.3.). Diese Vorgehensweise wird in der Informatik auch als ‚*computational approach*‘ bezeichnet, d.h. man versucht den Prozess an sich und nicht nur das Ergebnis des interessierenden Prozesses nachzubilden. Es handelt sich dabei um interdisziplinäre Forschung in den Bereichen Informatik, Biologie, Psychologie, Soziologie etc., die geeignet ist, Beiträge zum Innenleben und zur Interaktion von artificial-life-Agenten zu leisten und diese wiederum als Forschungsinstrument einzusetzen.

Welcher dieser beiden Ansätze ist nun eher geeignet, ‚Seelen‘ für Roboter oder virtuelle Persönlichkeiten zu liefern? Die ingenieurwissenschaftliche KI könnte hierbei Ansätze liefern, die nur ‚so tun als ob‘ sie Lebewesen sind, d.h. die bezüglich ihres Verhaltens nur eine oberflächliche Gemeinsamkeit mit Lebewesen aufweisen, während hingegen die kognitionswissenschaftliche KI-

Forschung versuchen würde, eine strukturelle Gleichheit herzustellen, indem sie eine ‚Seele‘ (re)konstruiert. Wie eingangs bereits argumentiert (Kap. 4.3.), erscheint ein systemtheoretisch geprägter Zugang zur Psychologie, der eine funktional-(re)konstruktiven Theoriebildung nahelegt, wesentlich aussichtsreicher und nützlicher zu sein. Damit ist für diese Arbeit die kognitionswissenschaftliche KI-Forschung von Interesse. Zudem scheint diese effektiver zu sein, denn nach Rost (Rost, 2001, S.5) wird bei der Verfolgung kommerzieller Interessen (Konstruktion von ‚Seelen‘ für intelligente Spielzeuge) der kognitionswissenschaftliche (re)konstruktive Ansatz angewendet.

Unabhängig von der Forschungsrichtung (ingenieurwissenschaftlich vs. kognitionswissenschaftlich) lassen sich in der KI-Forschung drei Paradigmen feststellen, die im Laufe der Zeit die Forschung in der KI dominierten. Sie sind durchaus von Interesse, wurden doch alle drei im Laufe der Zeit in der Verkehrsmodellierung im Zuge des aktivitätenorientierten Ansatzes aufgegriffen (siehe unten, Kap. 5.7.2.). Sie konzentrierten sich auf die Nachbildung von drei unterschiedlichen menschlichen Kompetenzbereichen (Schlieder, 2004):

In den 50er und 60er Jahren lag die Betonung auf dem problemlösenden Denken, welches man maschinell durch Suchverfahren abzubilden suchte. Eine richtungsweisende Veröffentlichung in diesem Bereich ist „Human Problem Solving“ von Allen Newell und Herbert A. Simon (Newell & Simon, 1972), die mit dem General Problem Solver auch ein Simulationsprogramm (Newell & Simon, 1963) schufen, das diesem Such-Paradigma folgt. Dieses Paradigma löst Probleme prozedural, d.h. dem Agenten wird mitgeteilt, wie eine Aufgabe zu lösen ist. Hierunter fallen zum Ersten uninformierte Suchalgorithmen wie die Breiten- und Tiefensuche und informierte Verfahren wie die Bestensuche; diese Verfahren finden Lösungen in Form eines Pfades, der in einem Zustandsraum von einem Start- zu einem Zielzustand führt. Für diese Verfahren gibt es jeweils Varianten (uniforme Kostensuche, iterative Vertiefung, A*-Algorithmus mit zulässiger Heuristik), die das Finden der optimalen Lösung garantieren. Weiterhin sind hier Verfahren der iterativen Verbesserung wie das simulated annealing zu nennen, die versuchen in einem mehrdimensionalen Lösungsraum auf Basis einer Bewertungsfunktion eine möglichst gute Lösung zu finden. Diese Verfahren finden jedoch nur lokale Optima und garantieren nicht das Finden des globalen Optimums. Auch das Lösen von Constraint-Satisfaction-Problemen, d.h. von Konfigurationsaufgaben, deren Lösung eine Menge von Bedingungen erfüllen muss, kann man als Problemlösen durch Suche interpretieren. Der Vorteil all dieser Verfahren ist, dass sie problemspezifisch sehr effizient umgesetzt werden können, da man teilweise gute Heuristiken kennt, die den Suchaufwand erheblich senken (Schlieder, 2004).

Anfang der 70er Jahren konzentrierte man sich dann auf das bereichsspezifische Wissen und es rückten Verfahren der Wissensrepräsentation und des logischen Schließens in den Vordergrund. Ein prominenter Vertreter dieses Wissen-Paradigmas ist John R. Anderson, der mit seinem ACT-Modell (Anderson, 1983; Anderson, 1993) eine sehr einflussreiche kognitive Architektur schuf (vgl. auch Kap. 5.4.). Dieses Paradigma löst Probleme deklarativ, d.h. dem Agenten werden Fakten, Regeln und das Problem mitgeteilt; der Agent löst das Problem mithilfe einer Inferenzmaschine, d.h. durch das Ziehen von logischen Schlüssen. Der Nachteil gegenüber dem Such-Paradigma ist die geringere Effizienz des Verfahrens, da deutlich weniger spezifisches Wissen über den Problemraum ausgenutzt wird; der Vorteil ist, dass die Inferenzmaschine wieder verwendbar ist und nur das bereichsspezifische Wissen für einen Anwendungsbereich angepasst werden muss (Schlieder, 2004). Die kognitionswissenschaftliche Variante dieses Ansatzes sind Produktionssysteme und propositionale Netzwerke, auf die im Folgenden detaillierter sowohl allgemein (Kap. 5.3.1.) als auch speziell aus psychologischer Perspektive (Kap. 5.4.) eingegangen wird.

Die 80er Jahren erlebten eine Wiederentdeckung der neuronalen Netze und damit eine Betonung des Lernens statt des Erlernten (Wissen) als entscheidenden Faktor, d.h. Verfahren des maschinellen Lernens ermitteln Regularitäten, die sich bei der Problemlösung bewähren. Dem Lern-Paradigma folgend, rückten maschinelle Lernverfahren wie Klassifikationslernen, Entscheidungsbäume und neuronale Klassifikatoren (neuronale Netze) in den Fokus der KI-Forschung. Der Vorteil von maschinellen Lernverfahren liegt in ihrer automatisierten Anwendung, d.h. Regularitäten werden automatisch erkannt und müssen nicht von Experten erfragt werden, die diese unter Umständen nicht einmal kennen oder nicht explizieren können; der Nachteil dieser Verfahren ist, dass das erlernte Wissen oft nur implizit vorliegt und dass natürlich nur das gelernt werden kann, was in einem Training gelehrt wurde (Schlieder, 2004). Exemplarisch wird im Folgenden auf neuronale Netze detaillierter eingegangen (Kap. 5.3.2.).

Dieser Trend der verteilten Berechnung setzt sich in den 90er Jahren mit der Forschung zu Multi-Agenten-Systemen fort, mit deren Hilfe kooperatives Problemlösen modelliert werden kann (Schlieder, 2004). Auf die Anwendung von Multiagentensystemen in der Verkehrsmodellierung wird im Rahmen des Kapitels zum State of the Art in der Verkehrsmodellierung eingegangen (Kap. 5.7.).

5.3.1. Produktionssysteme und propositionale Netzwerke

Die Repräsentation von Wissen und das Ziehen von logischen Schlüssen durch ein sogenanntes Inferenzverfahren aus einer Menge von Fakten und Regeln ist die Domäne von Produktionssystemen bzw. propositionalen Netzen. Diese

finden in Form von sogenannten Expertensystemen eine technische Anwendung.

Sie beschreiben die Welt und die aktuelle Situation durch eine Menge von Daten in Form von Aussagen und einer Menge von Regeln in Form von Wenn-Dann-Sätzen. Weiterhin gibt es ein Koordinationswissen über die Anwendung der Regeln bzw. ein logisches Berechnungsverfahren, das eine Menge von Aussagen wie ein Gleichungssystem auflösen kann. Damit wird es möglich, Wissen abzuleiten bzw. eine sich auf die Wissensbasis beziehende Anfrage zu beantworten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dieser Ansatz geeignet ist, Wissen zu repräsentieren und Probleme zu lösen, die sich als logische Aufgabe formulieren lassen. Bspw. könnte man Regeln über Familienbeziehungen vorgeben (wenn x Mutter von y ist und y Vater von z ist, dann ist x Großmutter von y), Daten über eine Familie eingeben (Elisabeth ist Mutter von Charles, Charles ist Vater von William) und anschließend entweder eine Anfrage stellen (Wer ist Großmutter von William?) bzw. eine Aussage auf ihren Wahrheitsgehalt prüfen lassen (bspw. Elisabeth ist Großmutter von William).

Anforderungen, die an ein solches Inferenzverfahren zu stellen sind, sind die Korrektheit (alle bewiesenen Aussagen sind wahr), die Vollständigkeit (alle wahren Aussagen sind beweisbar), die Entscheidbarkeit der Gültigkeit einer Formel (ist die Formel mit jeder Variablenbelegung wahr?) und die Entscheidbarkeit der Erfüllbarkeit einer Formel (gibt es mindestens eine Variablenbelegung, unter der sie wahr wird?) (Schlieder, 2004).

Ein Nachteil dieser Ansätze ist, dass sich in logischen Sprachen nicht all das ausdrücken lässt, womit wir in unserer Alltagssprache umgehen. Außerdem kann man vereinfachend sagen: Je höher die Ausdrucksmächtigkeit dieser Sprachen ist, umso weniger der oben genannten Anforderungen erfüllen die bekannten Inferenzverfahren und umso ineffizienter arbeiten sie.

5.3.2. Neuronale Netze

„Die Schwierigkeiten der Konstruktion 'intelligenter' Systeme in der traditionellen Forschung zur künstlichen Intelligenz und die Probleme der Modellierung psychischer Prozesse in den Kognitionswissenschaften ließen die Ideen der 'theoretischen Neurologie' wieder ins Licht des Interesses rücken. Hatte man bislang in der Regel versucht, Programme und Modelle an die serielle Architektur des 'von-Neumann-Computers' anzupassen, war man nun bestrebt, Programme und psychische Modelle an der parallelen und verteilten Arbeitsweise des menschlichen Gehirns zu orientieren“ (Schaub, 1993a).

Neuronale Netze (NN) werden aus künstlichen Neuronen aufgebaut, an denen Inputs und Outputs anliegen. Die Neuronen ermitteln ihren Aktivierungszustand aus ihren Inputs. Sie sind durch eine

Verbindungsstruktur verschaltet, sodass der Aktivierungszustand eines Neurons (sein Output) den Input für die dahinter geschalteten Neuronen darstellt. Ein NN wird trainiert: Es lernt, aus den angelegten Inputs den erwünschten Output zu produzieren. Dieses Lernen geschieht durch Veränderungen des NN, indem z.B. Änderungen der Anzahl der Neuronen, Änderung der Verbindungsanzahl oder Veränderung der Übertragungsstärken zwischen Neuronen implementiert werden (Schaub, 1993a).

Neuronale Netze sind in der Lage, jegliche Art von Übertragungsfunktion zu erlernen, und werden zur Mustererkennung eingesetzt (Input: ein Muster; Output: Identifizierung des Buchstabens, des Bauteils, des Gesichts etc.).

Aber neuronale Netze haben zwei prinzipielle Nachteile: Zum einen ist das erlernte Wissen in NNs nicht offensichtlich ablesbar, sondern verteilt repräsentiert: Es ist nicht lokal in einzelnen Neuronen gespeichert, sondern steckt in den Aktivitäts- und Übertragungsmustern des Netzes, d.h. unter Umständen hat ein solches Netz eine Erkennungsleistung erlernt, aber dieses Wissen – die erkannte Regularität – ist für den Verwender des Netzes nicht auslesbar. Zum anderen kann ein neuronales Netz nur die Regularitäten lernen, die in der Trainingsmenge enthalten waren, d.h. es ist eine Black-Box-Modellierung (Kap. vgl. 3.3.) mit den damit verbundenen Nachteilen.

Der Nachteil in der Verwendung von Lernverfahren wie neuronalen Netzen zur Modellierung der menschlichen Psyche liegt darin, dass sie zwar basale Lernmechanismen realisieren. Aber so wie ein künstliches neuronales Netz durch einen Ingenieur trainiert und dann eingesetzt wird, so braucht es zur Erklärung höherer kognitiver Funktionen und der Psyche als Ganzes eine Rahmentheorie auf einem höheren Abstraktionsniveau, die die funktionale Ein- und Zusammenbindung solcher lernenden Strukturen in und zu einem Gesamtsystem erklärt.

5.4. Überblick über psychologische Modelle und Architekturen

Wie bereits ausgeführt (vgl. Kap. 4.3.), tut sich die Psychologie anscheinend schwer, sich selbst als Systemwissenschaft zu begreifen und entsprechende Forschungsstrategien zu verfolgen.

Entsprechend stellt Schneider (Schneider & Schmalt, 2000, S.101) fest, dass es eine „bunte Theorienvielfalt“ gibt, dass aber eine „große vereinheitlichende Theorie ... in der Psychologie nicht in Sicht“ ist.

Eine gewisse Ausnahme stellen zum einen die beiden kognitiven Architekturen ACT (Anderson, 1983) und SOAR (Laird et al., 1987) dar, die eine kognitions-wissenschaftliche Anwendung der Produktionssysteme bzw. der propositionalen Netzwerke sind. Sie beschreiben psychische Prozesse als das Arbeiten einer Inferenz-, also einer ‚Schlussfolgerungs‘-Maschine und können durch die Vorgabe der Daten und Regeln, auf denen die Inferenzmaschine

arbeitet, für die Modellierung verschiedenster Phänomenbereiche eingesetzt werden. Der Nachteil bei der Verwendung dieser Architekturen zur Modellierung der menschlichen Psyche liegt darin, dass sie „kaum Verhaltensweisen, außer den <<kognitiven>> [zeigen] ..Vor allem gibt es keine Annahmen über motivationale oder emotionale Prozesse in diesen Architekturen“ (Dörner, 2002, S.13; mit Bezug auf Bösser, 1989; Cooper & Shallice, 1995; Detje, 1999). Unklar bleibt, inwiefern durch die Entwickler und Anwender dieser Architekturen die Ansicht vertreten wird, dass menschliches Verhalten durch logisches Schließen zustande komme, oder ob sie nur der Ansicht sind, dass es sich dadurch gut beschreiben lässt.

Eine weitere Ausnahme stellen die Arbeiten Dörners dar (Breuer, 1989, S.20; Rost, 2001, S.5), dessen PSI-Theorie eine Theorie der Handlungsregulation ist, die Kognition, Motivation, Emotion und ein Gedächtniskonzept integriert (Dörner, 1999; Dörner, 2002); zudem verfolgt Dörner in seiner Theorieentwicklung eine teleonomische, funktional-(re)konstruktive Argumentation. Auch Rost (Rost, 2001, S.5) weist auf Dörner und die Entwickler von künstlicher Spielcharakteren (wie SIMs) und Robotern (wie Tamagotchis und AIBOs) als diejenigen hin, die beginnen, die Seele zu konstruieren, statt sie mit ungeeigneten Methoden zu vermessen.

Ebenfalls einen kybernetischen Ansatz verfolgen Norbert Bischof und Julius Kuhl: Bischof konzipiert eine phylo- und ontogenetische Entwicklungstheorie insbesondere der sozialen Motivation und konzentriert sich dabei auf den Konflikt des Sicherheits- und des Autonomiebedürfnisses (Bischof, 1985). Kuhl entwirft eine neurobiologisch basierte, handlungspsychologisch orientierte Persönlichkeitspsychologie und konzentriert sich dabei auf das Zusammenspiel eines Belohnungs- und Bestrafungssystems; Persönlichkeiten und aktuelle psychische Zustände werden auf den beiden Dimensionen positiver und negativer Affekt verortet, die aus der Aktivität des jeweiligen Systems resultieren (Kuhl, 2001). Beide Theorien stehen Dörner prinzipiell relativ nahe und kommen zu ähnlichen Erklärungen für bestimmte Phänomene (Hoyer, 2007). Jedoch bieten weder Bischof noch Kuhl eine Gedächtnistheorie an und der Formalisierungsgrad ihrer Theorien bleibt weit hinter dem der Dörnerschen PSI-Theorie zurück, die zu guten Teilen von Dörner und Mitarbeitern in diversen autonom agierenden Computersimulationsmodellen implementiert wurde (siehe Kap. 15.).

Im Theorieteil III (Relevante psychologische Theorien und Modelle) wird daher ausführlich auf die Dörnersche PSI-Theorie als einzig vorliegende integrative Theorie eingegangen, die konsequent einen systemtheoretisch geprägten Zugang zur Psychologie verfolgt und dabei eine *funktional-(re)konstruktive* Theoriebildung betreibt (Kap. 14.). Dies geschieht vor dem Hintergrund des Forschungsstandes in den klassischen psychologischen Funktionsbereichen Motivation und Emotion (Kap. 9.), Handeln (Kap. 10.), Lernen und Gedächtnis (Kap. 11.), Denken und Problemlösen (Kap. 12.) und Entscheiden (Kap. 13.),

welche zunächst für die Konzeption eines autonomen Agenten relevant sind und die alle, wie noch ausführlicher belegt werden wird (Kap. 16.), durch die Dörnersche PSI-Theorie abgedeckt werden.

5.5. Was kann die Verkehrs- und Mobilitätspsychologie beitragen?

Die Verkehrs- und die Mobilitätspsychologie sind zwei sehr unterschiedlich ausgerichtete Forschungsfelder. So unterscheidet Heine (Heine, 1997, S.100) zwei unterschiedliche instrumentelle Funktionen von Mobilität, nämlich Mobilität zur Lebensraumnutzung vs. Mobilität zur Lebensraumerweiterung. Hierin sieht Heine auch den Unterschied von der Mobilitätspsychologie (Kap. 5.5.2.) zur Verkehrspsychologie (Kap. 5.5.1.):

5.5.1. Verkehrspsychologie

Die Verkehrspsychologie ist ein etablierter Forschungsbereich mit einem eigenen Berufsbild und beschäftigt sich mit dem eigentlichen Fahrverhalten, also dem Verhalten beim Führen eines Fahrzeugs und den psychischen Prozessen, die darauf Einfluss haben¹⁴. Sie kümmert sich um die Verbesserung

¹⁴Eine ausführliche Beschreibung von Schlag (Schlag, 1999 mit Bezug auf Münsterberg, 1913; Moede Moede, 1926; Groeger Groeger & Rothengatter, 1998 und Schlag, 1997), auf die immer wieder verwiesen wird, ist einerseits so umfassend und andererseits so prägnant, dass sie hier in voller Länge wiedergegeben werden soll:

„Verkehrspsychologie ist ein junges, wachsendes Gebiet der Psychologie mit einer dennoch langen wissenschaftlichen Tradition. Einige der ersten empirischen Studien der Psychologie befaßten sich mit verkehrsbezogenen Fragestellungen, vor allem mit der Eignung von Menschen zum Führen von Kraftfahrzeugen (u. a. Münsterberg, 1913; Moede, 1926). Im deutschsprachigen Raum liegt der Schwerpunkt verkehrspsychologischer Praxis seitdem in der verkehrspsychologischen Diagnostik und in der Beratung, Rehabilitation und Nachschulung auffälliger Kraftfahrer. In diesem Bereich hat sich in Deutschland mit den neuen Straßenverkehrsgesetzen seit 1999 eine weitere Ausweitung beruflicher Tätigkeitsfelder ergeben. Neben Problemen der Diagnostik und therapeutischen Methoden zur Wiederherstellung der Fahreignung befassen sich Verkehrspsychologen in der Praxis wie vor allem auch in der Forschung, oft in Kooperation mit Ingenieuren, Wirtschaftswissenschaftlern und Medizinern, mit einem weiten Bereich von Fragen der Mobilität insgesamt und des Verhaltens im Straßenverkehr im besonderen. Sechs Gebiete der Verkehrspsychologie lassen sich im Überblick unterscheiden (vgl. auch Groeger und Rothengatter, 1998; Schlag, 1997):

- 1.Verkehrspsychologische Diagnostik: Fahreignungsdiagnostik, vor allem nach Auffälligkeiten;
- 2.Beratung, Rehabilitation und Nachschulung auffälliger Kraftfahrer;
- 3.Unfallforschung und Verbesserung der Verkehrssicherheit, bezogen auf Verkehrsteilnehmergruppen (Altersgruppen, Arten der Verkehrsbeteiligung), gleichzeitig mit Bezug zur Verkehrswege- und Fahrzeuggestaltung; Wahrnehmung, Kognition und Aufmerksamkeit beim Fahren, Risikobereitschaft und Fahr motive, Interaktionen und Sozialpsychologie des Fahrens;
- 4.Ausbildung und Aufklärung: Verhaltensbeeinflussung durch rechtliche, pädagogische, fahrzeug- und straßenseitige Maßnahmen; schulische und außerschulische Verkehrs-

der Bedingungen für automobiles Verhalten, d.h. um die Lebensraumerweiterung, denn „Die Verkehrspsychologie ist jahrzehntelang die verhaltenswissenschaftliche Vertreterin der insgesamt automobil- und technikorientierten Verkehrsforschung [...] gewesen“ (Heine, 1997, S.105).

Mobilitätsverhalten wird in der Verkehrspsychologie nur randständig behandelt und die Kernfelder der Verkehrspsychologie sind für das in dieser Arbeit verfolgte Forschungsvorhaben nicht relevant.

5.5.2. Mobilitätspsychologie

Im Vergleich zur Verkehrspsychologie befindet sich die Mobilitätspsychologie in der Entwicklung (Heine, 1997, S.105) und kümmert sich als ein Teilgebiet der Umweltpsychologie um die Lebensraumnutzung: „Im Unterschied zur "klassischen" Psychologie bezieht die Umweltpsychologie in verstärktem Maße die physische und sozial-gesellschaftliche Umwelt als Einflußfaktor menschlichen Verhaltens und Erlebens ein: Umweltveränderndes und Umwelt-erhaltendes Verhalten wird als abhängig vom räumlichen und politisch-gesellschaftlichen Umfeld gesehen“ (Flade, 1994, S.3). Dies stützt sich auf die theoretische Position des Transaktionalismus (Altman & Rogoff, 1987), die Mensch und Umwelt in einem permanenten Wechselwirkungsprozess sehen, der sowohl Mensch als auch Umwelt durch wechselseitige Beeinflussung permanent verändert (Flade, 1994).

Damit ist Mobilitätspsychologie eine klassische umweltpsychologische Fragestellung, denn „Im Bereich des Verkehrs treten die verschiedenen Rollen oder Funktionen des Menschen als Verursacher, als Betroffener und als möglicher Bewältiger von Umweltveränderungen in besonderem Maße hervor: als Verkehrsteilnehmer verursacht der Mensch Verkehr, als Bewohner einer verkehrsbelasteten Straße ist er davon betroffen; in einer car-sharing-Initiative oder als Verfechter des Konzepts der autofreien Stadt ist er ein möglicher Bewältiger. Ein Charakteristikum der Umweltpsychologie ist, dass sie die verschiedenen Rollen des Menschen in seinen Beziehungen zur physischen und sozial-gesellschaftlichen Umwelt im Blick hat“ (Flade, 1994, S.3).

erziehung, Fahrausbildung, Fahrlehrerausbildung, Verkehrsaufklärung, Kampagnengestaltung und Marketing;

5. Forschung und Beratung zu Fragen der Mobilität und der Verkehrsplanung: Mobilitätspsychologie, Verkehrsmittelwahl, psychologische Aspekte der Gestaltung der Verkehrswege und der Verkehrsumwelt, Angebotsqualität und Qualitätsmanagement;

6. Fahrzeuggestaltung: Fragen der Ergonomie, aber auch des Umgangs mit fahrzeugseitigen Angeboten (z.B. Risikokompensation), Analyse wesentlicher Fahraufgaben und der Voraussetzungen, die Kraftfahrer zu ihrer Bewältigung benötigen, Gestaltung und Design von Fahrzeugen, Akzeptanz technischer und organisatorischer Innovationen; zudem Bahn- und Flugpsychologie als weitere Entwicklungsfelder.

Empirische Forschung in der Verkehrspsychologie befaßt sich vor allem mit der Optimierung der bestehenden Praxis und mit innovativen Gebieten, aus denen sich zukünftig relevante verkehrspsychologische Berufsbilder entwickeln können.“

Zuspitzend titelt Aberle „*Vom Recht auf Mobilität und der Pflicht, sie zu bekämpfen*“ (Aberle, 1994) und drückt damit das Spannungsfeld aus, in dem sich jeglicher Anwendungsbereich der Umweltpsychologie bewegt: Selbstverständlich haben alle Menschen das Recht, die Umwelt zu nutzen; da aber die Belastbarkeit unserer Umwelt ein begrenztes Gut ist, ist es eine gesellschaftliche Aufgabe, dieses Gut gerecht und nachhaltig zu bewirtschaften und es nicht zu übernutzen und damit zu zerstören. Diese Einstellung wird wohl hoffentlich von den meisten Menschen geteilt, jedoch zeigen empirische Untersuchungen zum Umweltverhalten und Umweltbewusstsein (z.B. Preisendörfer, 1996) deutliche Unterschiede von Einstellung und Verhalten bezüglich der alltäglichen Verhaltensweisen des Menschen, die, einem allgemeinem Konzept folgend, nicht unterschiedlich sein sollten. Es zeigt sich hier, dass verkehrsbezogenes Verhalten über weite Maße hinaus resistent gegen jede Art von Intervention ist; das Trennen von Müll hingegen und andere umweltbezogene Verhaltensweisen, aber auch Einstellungen, Prognosen etc. zeigen Veränderungen über die Zeit. „Es gibt also offenbar mittlerweile so etwas wie eine ‚Entemotionalisierung‘ der ökologischen Themen in der Bevölkerung (mit der auffallenden Ausnahme des Bereichs Mobilität) und eine ‚Routinisierung‘ des umweltorientierten Handelns im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten und Präferenzen im Alltag“ (Preisendörfer, 1999, S.13).

Anscheinend spielen also hier nicht nur subjektive Einstellungen eine Rolle, sondern auch die objektiv gegebenen politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für Mobilität. Diese beiden Determinantenkomplexe werden von Rüttinger u.a. (Rüttinger et al., 1974, S.99) anschaulich als die Bereiche des ‚Könnens‘ und ‚Wollens‘ unterschieden und Held (Held, 1982) spricht von Limitierungen des Handlungsspielraums und von innerhalb des Handlungsspielraums wirkenden Determinanten.

Zudem weist Flade zu Recht darauf hin, dass „Ein großer Teil der individuellen Fortbewegung ... in alltägliche, immer wiederkehrende Handlungsabläufe eingebunden [ist], die im Unterschied zu den gelegentlichen Fortbewegungen nicht mehr kognitiv vorbereitet und geplant werden müssen“ (Flade, 1994, S.6 mit Bezug auf Kaminski, 1991), sprich es haben sich Routinen entwickelt und dementsprechend müsste man nicht Einstellungen verändern, sondern Routinen aufbrechen, wenn man Mobilitätsverhalten ändern möchte.

Auch aus der umweltpsychologischen Perspektive bestätigt sich also wieder, dass es offensichtlich ein Verständnisdefizit hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens gibt und dass es zur Aufklärung dieses Defizits eines Prozessmodells bedarf, welches die Entwicklung der wechselseitigen Einflussmaßnahme von Mensch und Umwelt beschreibt und dabei Routinen berücksichtigt.

Insbesondere zeigt sich, dass die umweltpsychologische Transaktionalismusposition durch das Agentenkonzept der Informatik (Agent agiert in der Umwelt und reagiert auf die Umwelt, dadurch wird die Umwelt

verändert, das wirkt wiederum auf den Agenten) sehr gut abgebildet werden kann, d.h. die Umweltpsychologie im Allgemeinen und die Mobilitätspsychologie im Besonderen benötigt für die Modellierung und Simulation ihres Ideenguts genau so ein Agentenmodell, wie es in dieser Arbeit entwickelt werden soll (psychologisch fundiert, lernfähig, menschliches Handeln und Entscheiden in sozio-technischen Systemen abbildend, Verhaltensspielraum von problemlösendem bis hin zu routiniertem Verhalten berücksichtigend).

Es verbleibt die Frage, welchen inhaltlichen Input die Mobilitätspsychologie liefern kann. Genauer gesagt, welche mobilitätsspezifischen Erkenntnisse gibt es in den klassischen psychologischen Funktionsbereichen Motivation und Emotion (Kap. 9.), Handeln (Kap. 10.), Lernen und Gedächtnis (Kap. 11.), Denken und Problemlösen (Kap. 12.) und Entscheiden (Kap. 13.), welche zunächst für die Konzeption eines autonomen Agenten relevant sind? Dies wird auf Basis der allgemeinspsychologischen Ausführungen in Teil IV (Kap. 14.) erläutert.

5.6. Womit beschäftigt sich die soziale Systemtheorie?

Die soziale Systemtheorie hebt stark auf die Frage des Zwecks und der Funktion von Systemen und zunehmend auf die System-Umwelt-Beziehungen und die dadurch bedingten (Strukturierungs)Prozesse ab. Willke (Willke, 2000) teilt in seiner Einführung in die soziale Systemtheorie deren Entwicklung in die folgenden fünf Schritte ein, die im folgenden Text stark vereinfacht skizziert werden. Diese sind

- die strukturell-funktionale Systemtheorie,
- der system-funktionale Ansatz,
- der funktional-strukturelle Ansatz,
- der funktional-genetische Ansatz und
- der Ansatz der Theorie von selbstreferenziellen Systemen (Autopoiesis).

Geht Parsons strukturell-funktionale Systemtheorie noch von einer weitgehend gegebenen Struktur aus, die durch die funktionalen Leistungen des Systems zu erhalten ist, so geht der system-funktionale Ansatz von variablen Strukturen aus, die sich an veränderte Umweltbedingungen anpassen, um so die wesentlichen Systemfunktionen weiter zu erfüllen.

Der funktional-strukturelle Ansatz und der funktional-genetische Ansatz beziehen zunehmend die Umwelt mit ein: Der funktional-strukturelle Ansatz sieht die Systemumwelt nicht nur als bedingenden, sondern als konstitutiven Faktor der Systembildung, da gemäß diesem Ansatz soziale Systeme dazu dienen, die Komplexität der Umwelt für die menschliche Aufnahmekapazität erfassbar und verarbeitbar zu machen, d.h. das System verarbeitet und bewältigt bestimmte Umwelanforderungen und ist dementsprechend durch diese geprägt. Damit konzentriert sich dieser Ansatz sehr stark auf die

Auseinandersetzung des sozialen Systems mit seiner Umwelt und damit auf dessen Anpassungsprozesse. Hierin noch weiter geht der funktional-genetische Ansatz, der „Systembildung als eine Stabilisierung einer selektiven Differenz zwischen Innen und Außen“ (Willke, 2000) betrachtet.

Im funktional-genetischen Ansatz und in der Theorie der selbstreferenziellen Systemen findet sich die Ansicht von Luhmann wieder, nach dem der Zweck eines Systems die Selbsterhaltung ist (Willke, 2000). Diese Entwicklung gipfelt in dem Ansatz der Theorie von selbstreferenziellen Systemen und der in diesem Zusammenhang von Maturana und Varela eingeführten Idee und Theorie der *Autopoiesis* (Maturana & Varela, 1987), die besagt, „daß komplexe Systeme sich in ihrer Einheit, ihren Strukturen und Elementen kontinuierlich und in einem operativ geschlossenen Prozeß mithilfe der Elemente reproduzieren, aus denen sie bestehen“ (Willke, 2000).

Bezüglich der Beeinflussbarkeit sozio-technischer Systeme durch gezielte Steuerungsmaßnahmen ist Luhmann extrem kritisch eingestellt, da er von einer Eigenstabilisierung der Systemfunktionen ausgeht, die Veränderungen verhindern würden: Steuerungsmaßnahmen hätten selbstverständlich Wirkungen, „aber gewiss nicht die eigentlich gewollten, nämlich die Gesellschaft von den Kommandohöhen des politischen Systems her in die gewünschte Richtung dirigieren zu können“ (Reese-Schäfer, 1999).

In der politikwissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dieser Position schlägt Scharpf (Reese-Schäfer, 1999) vor, sich nicht an die Funktionssysteme zu wenden (systemtheoretisch betrachtet eine Makro-Perspektive), sondern an die in ihnen handelnden Akteure (systemtheoretisch betrachtet eine Mikro-Perspektive): „Dort liegt die eigentliche Chance politischer Steuerung. Wenn intersystemische Steuerung überhaupt stattfinden kann, dann nur durch handlungsfähige Akteure und Akteurskonstellationen, nicht durch Funktionssysteme als solche, deren Geschlossenheit Luhmann zu recht betont“ (Reese-Schäfer, 1999).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die soziale Systemtheorie, wie skizziert, mit Strukturierungsprozessen und Systemstrukturen beschäftigt, die sich aus der Interaktion der Mitglieder einer Gesellschaft ergeben.

In diesem Zusammenhang wird das sogenannte *Mikro-Makro-Problem* diskutiert, welches in der Frage besteht, ob sich gesellschaftliche Strukturen a) als das Resultat individueller Handlungsstrategien begreifen lassen oder ob umgekehrt b) individuelles Handeln durch gesellschaftliche Strukturen determiniert wird, oder aber, ob c) individuelles Handeln und gesellschaftliche Strukturen in einem wechselseitigen Ermöglichungs- und Bedingungsverhältnis stehen.

Voraussetzung für die Modellierung sozialtheoretischen Theorienguts ist demnach ein Systemmodell, das die Beschreibung von Strukturierungseffekten aufgrund der Interaktion von Individuen zulässt. D.h. auch für die soziale

Systemtheorie wäre ein verschiedene Aggregationsebenen abdeckendes Multitagentesystem sehr nützlich (vgl. auch Conte & Castelfranchi, 1995; Gilbert, 1995), wobei dessen Basis ein Agentenmodell sein sollte, das den Menschen möglichst umfassend in all seinen individuellen und sozialen Fähigkeiten abbildet, d.h. ein Modell wie es in dieser Arbeit entwickelt werden soll. Damit wäre auch die Anregung Scharpfs aufgegriffen, sich auf die Akteure statt auf die Funktionssysteme zu konzentrieren.

5.7. Wie arbeitet die klassische Verkehrsmodellierung und welche alternativen Ansätze gibt es?

Die Ursprünge der Verkehrsmodellierung liegen in den 50er Jahren. Angesichts des scheinbar unaufhaltsamen Anstiegs des motorisierten Individualverkehrs entstand der Bedarf nach der rechnerischen Modellierung der Verkehrsentwicklung mit dem Ziel, die vorhandene Verkehrsinfrastruktur an die erwartete Verkehrsmenge anzupassen (Gorr, 1997, S.8ff).

Es lassen sich drei Modellierungsansätze unterscheiden, die im Folgenden ausführlicher dargestellt werden:

- Zum Ersten reduzierte die klassische fahrtenorientierte 4-Stufen-Modellierung die Aufgabe auf ein Entscheidungsproblem, das mit einfachen algorithmischen Verfahren lösbar ist und daher keine Konzepte der KI-Forschung benötigt (Kap. 5.7.1.).
- Ein Gegenpol hierzu sind die aus der Geographie und Raumplanung entstandenen aktivitätenorientierten Ansätze, die das Problem als ein Scheduling-Problem interpretierten, dessen Handhabung Verfahren der KI-Forschung benötigt (Kap. 5.7.2.).
- Die aktuellsten Entwicklungen liegen in der Verwendung von Multi-Agenten-Systemen, die unter Ausnutzung heutiger Rechnerleistungsfähigkeit dem verteilten Charakter des Systems entsprechend Verkehrsmodellierung auf der Mikroebene (Kap. 5.7.3.) realisieren.

Da ein Teilziel dieser Arbeit die Berücksichtigung des Einflusses von Erfahrung, also von Lernen, ist, wird abschließend noch explizit auf Lernen in der Verkehrsmodellierung eingegangen (Kap. 5.7.3.).

5.7.1. Die klassische fahrtenorientierte 4-Stufen-Modellierung

Die erste Generation von Verkehrsmodellen, die sogenannten aggregierten Verkehrsmodelle, entstanden in den 50er Jahren (Gorr, 1997, S.8ff). Sie teilen die Stadt zunächst in Verkehrszellen (Ortùzar & Willumsen, 1997, S.24f). Diese entsprechen in der Regel den statistischen Bezirken, Stadtteilen und Ortsteilen der Stadt. Sie werden durch Strukturdaten beschrieben und bilden die Quellen und die Senken¹⁵ der abgebildeten Verkehre. Die eigentliche Berechnung

¹⁵Quellen und Senken sind hier als Start- und Zielgebiete von Wegen zu verstehen.

erfolgt durch den sogenannten 4-Stufen-Algorithmus (Ortùzar & Willumsen, 1997, S.24f), der aus den sequentiell ausgeführten Schritten

- Verkehrserzeugung,
- Verkehrsverteilung,
- Verkehrsaufteilung und
- Verkehrsumlegung

besteht.

In der ersten Stufe wird für jede Verkehrszelle die Gesamtzahl der Quell- und Zielfahrten erzeugt, d.h. aus den Strukturdaten über die Wohnbevölkerung wird die Anzahl der herausgehenden Fahrten (Quellverkehre) generiert und aus den Strukturdaten über die vorhandenen Funktionsstandorte (Wohnungen, Arbeitsstellen, Geschäfte etc.) wird die Anzahl der angezogenen, hineingehenden Fahrten (Zielverkehre) ermittelt. In der zweiten Stufe werden diese Fahrten verteilt, d.h. es wird eine Quell-Ziel-Matrix aufgebaut, die jeder Quelfahrt eine Zielfahrt zuordnet. In der dritten Stufe werden die Fahrten auf verschiedene Verkehrsträger aufgeteilt, d.h. für jede Fahrt wird ein Verkehrsmittel gewählt. In der vierten Stufe schließlich werden die Fahrten auf das Verkehrsnetz umgelegt, d.h. für jede Fahrt wird eine Route gewählt.

Die aggregierten Modelle der ersten Generation gingen zum einen davon aus, dass sich alle Menschen gleich entscheiden, und zum anderen, dass die Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer nur von den äußeren Bedingungen abhängen. Da sowohl diese Annahmen kritisiert wurden als auch das Interesse sich von einer reinen Bewältigung der erwarteten Verkehrsströme auf deren Gestaltung verschob und zudem die Erklärung menschlichen Verhaltens in den Vordergrund rückte, entstand ein Bedarf nach Modellen, die eine differenziertere Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf eingreifende Maßnahmen abbilden, indem sie den Entscheidungsprozess detaillierter abbilden (Gorr, 1997).

In der Folge entwickelte sich in den 70er Jahren die zweite und die dritte Generation von Verkehrsmodellen, die sogenannten verhaltensorientierten bzw. einstellungsorientierten Verkehrsmodelle (Gorr, 1997). Diese werden teilweise auch (in Abgrenzung zur ersten Generation) als disaggregierte Modelle bezeichnet, da sie zunehmend die Beschreibung der Verkehrsteilnehmer feiner auflösten und ein Nutzenmaximierungskalkül einführten und weiterentwickelten: Verhaltensorientierte Verkehrsmodelle unterscheiden zunächst zwischen mehreren Gruppen sich unterschiedlich verhaltender (entscheidender) Verkehrsteilnehmer, deren Verhalten mittels eines probabilistischen Nutzenmaximierungskalküls modelliert wurde; einstellungsorientierte Verkehrsmodelle gehen zudem davon aus, dass das Verhalten der Verkehrsteilnehmer nicht nur von äußeren, sondern auch von inneren Bedingungen (den Einstellungen) beeinflusst wird, d.h. die Eingangsgrößen in das Nutzenmaximierungskalkül bestehen nicht nur aus externen Faktoren, sondern innere Faktoren und Prozesse werden

berücksichtigt (Gorr, 1997). Die Weiterentwicklung des Nutzenmaximierungskalküls bestand darin (Brüggemann & Lehmann, 2001; Brüggemann, 2003), dass dieses ursprünglich von perfekt (vollständig und korrekt) informierten Menschen ausgeht, denen mehrere Handlungsoptionen zur Verfügung stehen. Diese Annahmen wurden z.B. durch ‚bounded rationality‘ und ‚satisficing‘ (Simon, 1982) korrigiert, durch den ‚Situationsansatz‘ und das ‚Modell der abgestuften Wahlmöglichkeiten‘ (Brög & Erl, 1983) differenziert und durch ‚Stated Preferences‘ (Axhausen, 1995) um subjektive Faktoren ergänzt.

In dieser Entwicklung spiegelt sich inhaltlich zum einen die kognitive Wende in der Psychologie wider, die Anfang der 60er Jahre die Abwendung vom Behaviorismus und somit die Anerkennung und Untersuchung innerer psychischer Prozesse markiert. Zum anderen wurden mit dem technischen Fortschritt immer komplexere und damit rechenzeitaufwendigere Computersimulationen möglich, d.h. sowohl die räumliche als auch die zeitliche als auch die verhaltensdifferenzierende Auflösung der Modelle konnten immer größer werden.

Beibehalten wurde in der skizzierten Entwicklung jedoch die fahrtenorientierte Ausrichtung dieser Modelle, d.h. es wird von vielen von einander unabhängigen Fahrtenentscheidungen ausgegangen, für die dann eine diskrete, freie Wahl besteht. Aufgehoben wurde allerdings die streng sequentielle Ausführung der vier Stufen bezüglich einer Fahrt durch die Einführung von Rücksprungmöglichkeiten zu einer vorgelagerten Stufe und durch die Zusammenfassung von mehreren Entscheidungsstufen in einem Schritt (in sogenannten Simultanmodellen). So wird es beispielsweise möglich, dass aufgrund einer als ‚schlecht‘ empfundenen Route (zu lang, zu teuer) die Wahl des Verkehrsmittels überprüft oder die Wahl eines anderen Ziels erwogen wird.

Da jedoch die Fahrten unabhängig voneinander und der fahrenden Person gesehen werden, ist es innerhalb der Modelllogik beispielsweise nicht möglich, folgende Handlungsoptionen und -restriktionen zu berücksichtigen:

- Man kann eine Fahrt überhaupt in Frage stellen, die Tageszeit der Fahrt durch das zeitliche Tauschen zweier Aktivitätsdurchführungen verschieben oder ein anderes Familienmitglied die Aufgabe erledigen lassen;
- falls man eine Fahrt mit dem Auto durchgeführt hat, müssen auch Folgefahrten in demselben ‚Ausgang‘ (d.h. bis man wieder nach Hause kommt) mit dem Auto durchgeführt werden, um es nach Hause zurückzubringen;
- falls ein Familienmitglied mit dem Auto unterwegs ist, kann ein anderes zwar mitfahren, aber nicht selbst mit dem Auto eine ganz andere Fahrt durchführen.

Die Berücksichtigung solcher Handlungsoptionen erfordert prinzipielle Änderungen bzw. Ergänzungen, die bspw. stattfinden, indem nicht mehr

einzelne Aktivitäten und Fahrten, sondern Aktivitäten- und Fahrtenketten modelliert werden (siehe Folgekapitel).

Das im deutschen Raum am weitesten entwickelte Modellpaket dieser Art, das viele der genannten Nachteile durch Neu- und Weiterentwicklungen überwunden hat, aber nach wie vor am Fahrtenprinzip festhält, dürfte das Softwarepaket VISUM der PTV AG sein (www.ptv.de).

5.7.2. Die aktivitätenorientierten Ansätze des activity scheduling

Ein Gegenpol zu den Denkweisen der fahrtenorientierten Verkehrsmodelle sind die aktivitätenorientierten Ansätzen, die aus der Geographie und Raumplanung entstanden sind; sie beschäftigen sich mit den räumlichen und zeitlichen Aspekten von Aktivitätsmustern.

Der Wegbereiter der sogenannten Raum-Zeit-Geographie ist Hägerstrand (Hägerstrand, 1970), der durch seine Arbeiten ein neues Paradigma prägte, das zum einen die Abhängigkeiten und zum anderen die Eingeschränktheit der Wahlmöglichkeiten bei Fahrten aufzeigte. Auf ihn geht die Aktionsraumanalyse zurück, die sich mit Aktivitätsmustern und ihrem Bezug zu verschiedenen Arten von räumlichen und zeitlichen Restriktionen beschäftigt, denen Menschen bei der Ausübung ihrer Aktivitäten unterliegen; dies sind die Hägerstrandschen „capability constraints“, „coupling constraints“ und „authority constraints“ (Ettema & Timmermans, 1997).

Einen weiteren wichtigen Beitrag lieferte Chapin (Chapin, 1974), der sich im Zusammenhang mit der Raumplanung mit dem Bezug von Aktivitätsmustern und Raumnutzungsmustern beschäftigte. Er verstand die Ausübung von Aktivitäten als die Befriedigung von Bedürfnissen und Wünschen des Menschen. Welche Aktivitäten allerdings im Einzelnen in welchem Umfang ausgeführt werden, um ein bestimmtes Bedürfnis zu befriedigen, hängt indes von den äußeren Umständen ab, insbesondere von der Ausgestaltung und Lage der Funktionsstandorte, an denen die Ausübung dieser Aktivitäten möglich ist (Ettema & Timmermans, 1997).

Aus diesem Ansatz sind sogenannte *activity scheduling behavior Modelle* hervorgegangen, also Modelle, die das menschliche Planungsverhalten beschreiben. Diese Modelle erstellen ein Aktivitäts-Fahrt-Muster im Sinne eines *Tages- oder Wochenablaufs*, d.h. sie legen fest, wann und wo welche Aktivitäten durchgeführt werden und wann mit welchem Verkehrsmittel eine Fahrt zwischen zwei Aktivitätsstandorten stattfindet. Der stattfindende Verkehr ergibt sich aus der Realisierung der Aktivitäts-Fahrt-Muster aller Einwohner einer Stadt.

Timmermans gibt einen Überblick über activity scheduling behavior Modelle (Timmermans, 2001) und teilt diese Modelle in „simultaneous“ und „sequential models“ ein, je nachdem, ob der Schwerpunkt der Modellierung auf das Ergebnis oder den Erstellungsprozess des Aktivitätsmusters gelegt wird.

Innerhalb der „simultaneous models“ wiederum unterscheidet er „utility maximising models“ und „mathematical programming models“, die beide das Erstellen eines Aktivitätsmusters als Optimierungsproblem behandeln, einmal aus mehr menschlicher und einmal aus mehr mathematischer Perspektive. Auch die „sequential models“ teilt er in zwei Untergruppen, die „computational process models“ und die „utility-based models“, je nachdem ob sie eher heuristisch vorgehen oder wiederum ein Nutzenkonzept eine Rolle spielt.

Im Rahmen des activity scheduling finden sich Anwendungsbeispiele für alle drei KI-Paradigmen (Suche, Wissen, Lernen; vgl. Kap. 5.3.). So verwendet STARCHILD (Recker et al., 1986a; Recker et al., 1986b; Kap. 5.7.2.1.) ein Suchverfahren, SCHEDULER (Gärling et al., 1989; Gärling et al., 1998; Kap. 5.7.2.1.) ein Produktionssystem und ALBATROSS (Arentze et al., 1998; Kap. 5.7.2.1.) u.a. ein Lernverfahren.

5.7.2.1. STARCHILD oder: Problemlösen durch Suchen

STARCHILD (Recker et al., 1986a; Recker et al., 1986b) erstellt mögliche im Sinne von durchführbaren Aktivitätenfolgen. Auf der Basis eines Aktivitätenprogramms (vorgegebene zu erledigende Aktivitäten) werden durch einen kombinatorischen Algorithmus alle möglichen Folgen erstellt, die durch raum-zeitliche Restriktionen (d.h. wann, wo, was möglich ist) auf die durchführbaren reduziert werden. Diese werden dann bewertet und eine Folge wird ausgewählt.

Es werden jedoch nur wenige Aktivitäten (zwei bis maximal fünf) berücksichtigt, die den Ablauf nur eines Tages abdecken und es findet weder eine Standort- noch eine Verkehrsmittelwahl statt. Dabei wird das Erstellen eines Aktivitätsmusters als Optimierungsproblem betrachtet, das entsprechend dem zu der Zeit in der Informatik üblichen Problemlöseparadigma durch Suche (Erstellen des Musters) in dem Problemraum (Menge aller möglichen Muster) gelöst wird.

Bei diesem Ansatz gibt es ein technisches und ein inhaltliches Problem, auf die bei der Entwicklung des eigenen Ansatzes noch näher einzugehen sein wird. Kurz gesagt besteht das technische Problem darin, dass diese Methode nicht auf realistische Anforderungen erweiterbar ist, da es sich bei dem gegebenen Optimierungsproblem um ein sogenanntes NP-Problem (vgl. Kap. 5.8. für Details) handelt: Praktisch heißt das, dass, wenn die Anzahl von Aktivitäten und die Anzahl der zu optimierenden Tage zunimmt und die Funktionsstandortwahl und die Verkehrsmittelwahl ergänzt werden, die Zahl der kombinatorischen Möglichkeiten so extrem ansteigt, dass nicht mehr alle möglichen Muster erstellt und bewertet werden können. Auch scheint es inhaltlich zweifelhaft (vgl. auch (Timmermans, 2001), dass ein Mensch zu einer optimalen Lösung gelangt; dies wurde auch durch Systemanalysen im SysMob-Projekt (Brüggemann & Lehmann, 2001) bestätigt (vgl. Kap. 6.).

5.7.2.2. SCHEDULER oder: Problemlösen durch Bereichswissen

SCHEDULER bzw. SCHEDULER2 ist eine illustrative, regelbasierte Computersimulation des Aktivitätenschedulings (Gärling et al., 1989; Gärling et al., 1998). Ziel dieser einfachen Computersimulation ist es, eine verbal formulierte Theorie des Aktivitätenschedulings zu präzisieren, deren Schwachstellen aufzuzeigen und durch Theorietests zu deren Weiterentwicklung beizutragen. Dazu wird die verbal formulierte Theorie – allerdings stark vereinfacht – in eine Computersimulation umgesetzt. Der Wochenablauf wird inkrementell aufgebaut, indem eine Aktivitätsausübung nach der anderen hineingelegt wird. Hierbei erfolgt sequentiell zunächst die Auswahl einer Aktivität, dann die Wahl des Funktionsstandorts und abschließend die Wahl der Startzeit. Insgesamt kann das simulierte Individuum zwischen sieben Aktivitätstypen wählen. Eine Verkehrsmittel- und Routenwahl finden nicht statt. Bei der Standortwahl entscheidet sich das simulierte Individuum für einen kognitiv gespeicherten Standort (aus maximal 13 möglichen, d.h. kognitiv erinnerten, Standorten). Für die Simulation einer kognitiven Karte, der Standortwahl und des Aktivitätenschedulings verwendet SCHEDULER2 Dummydaten.

SCHEDULER implementiert diese Computersimulation durch ein Produktionssystem, d.h. den Prozess betreffendes Wissen (Fakten und Regeln) wurde abgelegt und mithilfe einer Inferenzmaschine wird das Aktivitätsmuster als eine Art logischer Schluss abgeleitet (vgl. Kap. 5.3.1.). Eine psychologische Theorie des Planungsprozesses wird auf diesem Wege mit Mitteln der Logik überprüft.

5.7.2.3. ALBATROSS oder: Das Lösen des Optimierungsproblems u.a. durch Lernen

Für Timmermans ALBATROSS Programm (Arentze et al., 1998) werden Tagebücher eines Haushalts ausgewertet. Eine parametrisierte Inferenzmaschine wird daran so trainiert, dass sie bei gleichem Input an Aktivitätsbedürfnissen und Nebenbedingungen einen zum Trainingsinput ähnlichen Output an Aktivitätsmustern erzeugt. Ziel ist, mit den gelernten Parametern von den gegebenen Aktivitätsbedürfnissen und Nebenbedingungen auf ähnliche benachbarte Verhältnisse zu extrapolieren. Die so gewonnenen Daten sind dann Grundlage für ein Verfahren, das in einer vordefinierten Reihenfolge Entscheidungsregeln abarbeitet und auf diese Art und Weise sukzessiv ein Aktivitätsmuster inkl. der notwendigen Fahrten erstellt (Timmermans, 2001).

Das Problem bei allen Lernverfahren ist deren Abhängigkeit von Trainingsdaten. Derartige Verfahren arbeiten stark deskriptiv und unterliegen somit den Einschränkungen, die eine Black-Box-Herangehensweise mit sich bringt (vgl. Kap. 3.3.): Die Ursachen und Bedingtheiten des Problemlöse-

prozesses werden nicht untersucht, daher ist die Validität der gewonnenen Erkenntnisse unter veränderten Randbedingungen fraglich.

5.7.3. Multi-Agenten-Systeme in der Verkehrsmodellierung

Durchgehend mikroskopische Verkehrsmodellierung durch ein Multi-Agenten-System findet zum einen im TRANSIMS-Programm (Nagel et al., 1998; detaillierte Diskussion siehe Brüggemann, 2003) und zum anderen im ILUMASS-Projekt (Beckmann et al., 2007) statt. (Innerhalb des ILUMASS-Projekts wurde u.a. das in dieser Arbeit beschriebene Verkehrsnachfragemodell weiterentwickelt und eingesetzt; eine ausführliche Darstellung findet sich in Teil IV).

Beide erzeugen zunächst eine synthetische Bevölkerung, deren Agenten im zweiten Schritt durchzuführende Aktivitäten zugeordnet werden. In einem dritten Schritt wird die Verkehrsnachfrage erzeugt: Ein Scheduling-Verfahren erzeugt einen Tages- bzw. Wochenablauf, der besagt, wann welcher Agent sich wo aufhält und eine Aktivität durchführt bzw. wann welcher Agent von wo nach wo mit welchem Verkehrsmittel auf welcher Route unterwegs ist. In einem vierten Schritt werden die vorgesehenen Abläufe aller Agenten durch eine Verkehrsflusssimulation auf das Verkehrsnetz umgelegt, d.h. es wird das gleichzeitige ‚Handeln‘ aller Agenten simuliert. Dadurch kann sich ergeben, dass bestimmte Abläufe nicht realisierbar sind, weil bestimmte Straßen oder Standorte überfüllt sind, da wesentlich mehr Agenten zur gleichen Zeit dort sind, als im Vorfeld während des Scheduling-Verfahrens vorausgesehen. Für diese Agenten erfolgt ein erneutes Scheduling. Anschließend wird wieder die Verkehrsflusssimulation für alle Agenten durchgeführt. Die beiden Schritte Erzeugen der Verkehrsnachfrage durch Scheduling und Überprüfen der gleichzeitigen Realisierbarkeit der erzeugten Abläufe durch die Verkehrsflusssimulation werden so lange in einer Schleife ausgeführt, bis sich keine wesentlichen Veränderungen mehr ergeben. Dies bezeichnet man als *Relaxationsverfahren*. Abschließend werden dann die Verkehrsemissionen bestimmt.

Der ILUMASS Ansatz zeichnet sich gegenüber TRANSIMS dahingehend aus, dass im ILUMASS-Projekt die Entwicklung des Verkehrsgeschehens und der Landnutzung integriert modelliert wird. D.h. die zuvor beschriebene Schleife der Modellierung des Verkehrsgeschehens ist im ILUMASS-Projekt in eine weitere Schleife eingebettet, die die Entwicklung der Bevölkerung und der städtischen Infrastruktur fortschreibt. Außerdem ist die zeitliche Basis der Verkehrsmodellierung in TRANSIMS ein Tag und im ILUMASS-Projekt eine Woche. Inhaltliche Unterschiede liegen darin, dass TRANSIMS hinsichtlich des Entscheidungsverhaltens der Agenten von einem eher betriebswirtschaftlich orientierten ‚homo oeconomicus‘ ausgeht, dessen „Lernen ... nicht sukzessive [erfolgt], sondern abrupt, denn ein Tagesablauf wird nicht Schritt für Schritt den gemachten Erfahrungen angepasst, sondern einfach neu zugewiesen“, und

zwar auf Basis eines vollständig neu generierten Aktivitätenplans (Brüggemann, 2003, S.20).

Über TRANSIMS und ILUMASS hinaus werden Multi-Agenten-Systeme in der Verkehrsmodellierung im Wesentlichen nur im Bereich der Verkehrsflusssimulation eingesetzt (Brüggemann, 2003).

5.7.4. Lernen in der Verkehrsmodellierung

5.7.4.1. Lernen bei TRANSIMS

Bei TRANSIMS (vgl. auch Kap. 5.7.3.) wird der Tagesablauf eines Agenten als dessen individuelles Gedächtnis und als dessen kognitive Karte angesehen. Nach der Auffassung der Programmdesigner ist auf einfache Art und Weise ein Lernmechanismus in TRANSIMS implementiert. Dieser besteht darin, dass bei hohen Abweichungen zwischen dem zu erreichenden Sollwert des Tagesablaufs und dem bei der tatsächlichen Durchführung des Tagesablaufs ermittelten Istwert der Tagesablauf verworfen, d.h. neu erstellt und zugewiesen wird. Die Neuerstellung des Tagesablaufs für einen Agenten wird von den Programmdesignern als Lernen angesehen (vgl. Nagel et al., 1998; detaillierte Diskussion siehe Brüggemann, 2003).

Kritisch betrachtet, ist der Auffassung der Programmdesigner zu widersprechen, dass in TRANSIMS ein einfacher Lernmechanismus implementiert sei. Denn Lernen setzt voraus, dass 1) eine Art von Gedächtnis existiert, in dem die Erfahrungen der Agenten gespeichert werden, dass 2) diese Erfahrungen in zukünftige Entscheidungen einfließen und sich daraus 3) Verhaltensänderungen ergeben. Alles dies ist nicht der Fall. Ein Lernen im psychologischen Sinne (siehe Kap. 11.) ist nicht zu erkennen. Vielmehr wird mit Metaphern operiert, das Gedächtnis wird tautologisch mit dem Tagesablauf gleichgesetzt und das Lernen ist gleichbedeutend mit der Neuplanung eines Tagesablaufs, was den Iterationsschritt eines Relaxationsverfahrens darstellt. Ziel des Relaxationsverfahrens ist es keinesfalls, Lernen und daraus resultierende individuelle Verhaltensänderungen abzubilden, sondern über Iterationen ein realistisches Bild des Stadtverkehrs zu erzeugen. In seiner Zusammenschau der Modelle des Aktivitätenscheduling verzichtet Timmermans (2001) auf weitergehende Ausführungen zu TRANSIMS, weil diese Art von Modell „rely on distributions rather than scheduling principals“ (Timmermans, 2001, S. 63).

5.7.4.2. Lernen bei Albatros

Bei Albatros (ausführlichere Beschreibung und Quellen siehe Kap. 5.7.2.) wird unter Lernen das Adaptieren von aus empirischen Erhebungen mittels Data-Mining-Verfahren extrahierten ‚Wenn-Dann‘-Regeln an aktuelle Gegebenheiten verstanden. Hier werden also die Regeln zunächst deskriptiv

abgeleitet und anschließend bezieht sich das Lernen nur auf die Adaption dieser Regeln. Kritisch zu hinterfragen ist, ob das Data-Mining-Verfahren und die anschließende Adaption der gefundenen Regeln ein Lernen im psychologischen Sinn realisieren (vgl. Kap. 11.) oder ob es sich hier eher um rein deskriptives Datenanalyseverfahren handelt.

5.7.4.3. Lernen bei AMOS

Das Lernen einer Verhaltensweise wird in AMOS mit einem neuronalen Netzwerk (vgl. Kap. 5.3.2.) nachgebildet. Dieses muss anhand der verfügbaren Daten trainiert werden. Nachdem das neuronale Netzwerk trainiert wurde, kann es auf der Outputseite die gewünschten Ergebnisse liefern. Auf welchen Regeln basierend das Ergebnis generiert wurde, kann nicht festgestellt werden, weil man nicht weiß, welche Regeln in dem neuronalen Netzwerk stecken. Damit bleibt es ein rein deskriptives Datenanalyseverfahren (vgl. Brüggemann & Lehmann, 2001).

5.7.4.4. Ein Routenwahlmodell mit induktiven Lernen nach Kitamura

Bei Kitamuras Routenwahlmodell (Kitamura & Shoichiro, 2000) wird unter Lernen das Bilden von Regeln für die Routenwahl verstanden. Das Lernen ist erfolgsorientiert, weil es sich aus den direkten Verkehrserfahrungen der simulierten Individuen ergibt. Auf der Grundlage der ‚Wenn-Dann‘-Regeln entscheidet sich das simulierte Individuum für eine bestimmte Route an einem bestimmten Tag. Ein Beispiel: Ein Fahrer hat zum wiederholten Male erfahren, dass er keinen Stau haben wird, wenn er gestern in einem dicken Stau stecken geblieben ist. Daraus wird der Fahrer seine Lehre ziehen. Sollte er erneut in einem dicken Stau stehen, wird er am darauf folgenden Tage genau diese Route wählen. Schließlich antizipiert der Fahrer, dass der morgige Tag freie Fahrt verspricht.

5.7.4.5. Abschließende Einschätzung

Die Psychologie versteht im allgemeinsten Sinn unter Gedächtnis „die Fähigkeit von Organismen, Informationen zu speichern, das heißt mehr oder minder lang aufzubewahren, so daß Information über vergangene Ereignisse das aktuelle Verhalten beeinflussen kann“ (Claus et al., 1976). Auf diese Begriffsbestimmung bezogen besteht Lernen kurz gesagt „in der Ausbildung oder Korrektur von individuellem Gedächtnisbesitz“ (Klix, 1971, S.348 zitiert nach Bredenkamp, 1998, S.45) oder – auf das beobachtbare Verhalten bezogen und verschiedene Definitionen zusammenfassend (Bredenkamp, 1997; Lefrancois, 1986; Schermer, 2002) – ist Lernen eine relativ stabile Veränderung des Verhaltens oder der Verhaltensmöglichkeiten, die durch Erfahrungen (Übung und/oder Beobachtung) zustande kommt. „Die Begriffe „Lernen“ und „Gedächtnis“ sind also untrennbar verbunden.“ (Bredenkamp, 1998, S.45)

(Detaillierte Ausführungen zur Psychologie von Lernen und Gedächtnis siehe Kap. 11.)

Wie sieht es nun vor dieser Begriffsbestimmung mit dem ‚Lernen‘ in den erwähnten Modellen aus? TRANSIMS interpretiert ein Relaxationsverfahren als Lernen. AMOS bildet deskriptiv einen Lernprozess mittels eines neuronalen Netzes nach. AMOS, ALBATROS und das Routenwahlmodell von Kitamura wenden auf Regeln basierende Systeme an. D.h. zur Abbildung des psychischen Prozesses ‚Lernen‘ werden Verfahren angesetzt, deren Eignung zur Abbildung der menschlichen Psyche bereits kritisch beleuchtet wurde und die für die Erreichung des Ziels dieser Arbeit als wenig geeignet abgelehnt wurden (siehe Kap. 5.3. und 5.4.): Mithilfe dieser Verfahren mag man zwar die Ergebnisse von psychischen Lernprozessen reproduzieren können, jedoch werden Lernprozesse nicht im psychologischen Sinne als Erwerb und Anwendung von Erfahrung und in engem Zusammenhang mit einem Gedächtnismodell auf kognitionspsychologische Weise erklärend nachgebildet, sondern durch eher ingenieurwissenschaftliche Datenanalyseverfahren ersetzt.

5.7.5. Zusammenfassung:

Schaut man sich die Entwicklung der Verkehrsmodellierung an, so verfolgt diese einen Top-Down-Ansatz, der Gruppen von menschlichen Akteuren immer detaillierter abgebildet hat und in Multiagentensystemen aktuell bei der individuellen Abbildung jedes einzelnen Akteurs angekommen ist. In dieser Entwicklung spiegelt sich sowohl die Wandlung des Menschenbildes (weg vom reaktiven behavioristischen Menschenbild hin zu einem proaktiven kognitiven Menschenbild) als auch die technische Weiterentwicklung in der Informatik wider, die im Laufe der Zeit eine Rechenleistung erreicht hat, die es erlaubt, Multi-Agenten-Systeme zu simulieren und NP-Probleme wie das Scheduling zu bearbeiten.

Insbesondere die fahrtenorientierten Ansätze sind jedoch eher deskriptiver als erklärender Natur, d.h. sie beschreiben beobachtetes Verhalten und gehen wenig auf die Verhaltensursachen ein. So gibt es zwar seit mehreren Jahrzehnten umfassende tief differenzierte Erhebungen des Mobilitätsverhaltens nach soziodemographischen Merkmalen, Siedlungslage und weiteren Parametern (EMNID, 1991), es handelt sich dabei jedoch um beschreibende quantitative Daten und nicht um die Analyse funktionaler Verflechtungen mit anderen alltäglichen Aktivitäten. Vor allem ist bisher kaum untersucht und in den Modellen berücksichtigt worden, wie die Arbeitsteilung in den Haushalten und die Aktivitäten im Rahmen sozialer Netze mit Mobilitätsentscheidungen wechselwirken.

Zwar sind die aktivitätenorientierten Ansätze von ihrem Grundgedanken her deutlich erklärender orientiert, aber diese konzentrieren sich nur auf den Planungsprozess und beschreiben häufig nur dessen Ergebnisse, statt zu

versuchen, den Prozess selbst nachzuvollziehen. Dies spiegelt sich auch in den empirischen Untersuchungen wider, die erst seit relativ kurzer Zeit auf die Erfassung der zugrunde liegenden Scheduling-Prozesse statt des gezeigten Verhaltens ausgerichtet werden (Doherty, 2001, S.53). Außerdem gehen diese Ansätze zu sehr von einem rational handelnden Menschen aus und Faktoren wie Sicherheit, Bequemlichkeit, Erfahrungen und insbesondere Gewohnheit werden zu wenig berücksichtigt.

Mit Scheduler2 oder TRANSIMSS werden allerdings Ansätze verfolgt, die in eine ähnliche Richtung wie diese Arbeit weisen.

5.8. Wie arbeiten technische Optimierungsverfahren?

Eingangs wurde heraus gestellt (Kap. Überblick), dass in dieser Arbeit der menschliche Umgang mit zwei sich stellenden klassischen Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem (bspw. Sedgewick, 1992 bzw. Russel & Norvig, 2003; siehe Abb. 8 und 9), von Interesse ist. Was also genau sind das Rucksack- und das Traveling-Salesman-Problem und was haben diese beiden Probleme mit Mobilität zu tun? Und: Können technische Lösungen dieser Probleme bei der Modellbildung helfen?



Abb. 8: Das Rucksack-Problem



Abb. 9: Das Traveling-Salesman-Problem

Quelle: Wuppertal Institut, VisLab

Das Rucksack-Problem stellt sich wie folgt dar: Ein Einbrecher hat erfolgreich einen Safe geöffnet. In diesem Safe befinden sich Gegenstände unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen nicht ganzzahligen Wertes. Da der Einbrecher nur einen Rucksack begrenzter Größe bei sich hat, kann er nicht den kompletten Inhalt des Safes mitnehmen, sondern möchte eine Auswahl an Gegenständen treffen mit dem Optimierungsziel, den Rucksack mit einem möglichst hohen Wert zu bestücken.

Das Traveling-Salesman- oder auch Handlungsreisenden-Problem besteht darin, alle durch ein Straßennetz verbundenen Städte zu besuchen. Das Optimierungsziel ist, eine möglichst kurze Route zu finden, die alle Städte miteinander verbindet.

Dazu ist an die bereits im vorhergehenden Kapitel behandelten activity scheduling behavior Modelle anzuknüpfen (Kap. 5.7.2.), also Modelle, die

Aktivitäts-Fahrt-Muster im Sinne eines Tages- oder Wochenablaufs erzeugen. Die Erstellung eines solchen Tages- oder Wochenablaufs entspricht nun der Bearbeitung sowohl eines *Rucksack-* als auch eines *Traveling-Salesman-Problems*, die sich in folgender Form wiederfinden: Ein Tag bzw. eine Woche (Rucksack begrenzter Größe) muss so mit Aktivitätsdurchführungen (Gegenstände unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen nicht ganzzahligen Wertes) ‚gefüllt‘ werden, dass sich der Akteur dabei möglichst ‚gut‘ fühlt. Der Wert einer Aktivitätsdurchführung ist unter anderem von der Güte des dafür aufgesuchten Standorts und von der Güte des Weges (benutztes Verkehrsmittel, gewählte Route), d.h. von der Lösung des Handlungsreisenden-Problems hinsichtlich der aufzusuchenden Standorte, abhängig.

Sowohl das Rucksack- als auch das Traveling-Salesman-Problem sind klassische *NP-Probleme*, d.h. „Probleme, die mithilfe nicht deterministischer Algorithmen in polynomialer Zeit gelöst werden können“ (Sedgewick, 1992): Bei solchen Problemen steigt die Anzahl der möglichen Lösungen stärker als polynomial¹⁶ (beim Handlungsreisenden-Problem z.B. fakultativ¹⁷) mit der Anzahl der Freiheitsgrade (beim Handlungsreisenden-Problem die Anzahl der Städte) an, d.h. die Anzahl der möglichen Lösungen ist zu hoch, als dass alle erstellt und bewertet werden könnten, um dann anschließend die beste Lösung auszuwählen. Diese Probleme können realistisch nur mit einem *Algorithmus*¹⁸ gelöst werden, für den sich die Anzahl der Lösungsschritte polynomial zum Freiheitsgrad verhält. Sofern es einen nicht deterministischen¹⁹ Algorithmus gibt, für den dies zutrifft, wird das Problem als NP bezeichnet (Sedgewick, 1992). (Dies ist eine stark vereinfachte Darstellung; für einen tieferen Einstieg sei auf Johnson (Johnson & Garey, 1979) verwiesen.) Diese Algorithmen werden dann auch als Heuristiken, d.h. als ‚Finde-Vorschriften‘, bezeichnet, die es erlauben, schnell und damit effizient eine gute wenn auch nicht optimale

¹⁶ Polynomial zur Anzahl der Freiheitsgrade heißt, wenn N die Anzahl der Freiheitsgrade ist, dann verhält sich die Anzahl der möglichen Lösungen L proportional zu N^c ; mit c ist eine beliebige rationale Zahl. Wenn z.B. 2-mal gewürfelt wird (Freiheitsgrad $N = 6$), dann ist die Anzahl möglicher Kombinationen der Würfe 36 ($L = N^2 = 6^2 = 36$).

¹⁷ Fakultativ zur Anzahl der Freiheitsgrade heißt, wenn N die Anzahl der Freiheitsgrade ist, dann verhält sich die Anzahl der möglichen Lösungen L proportional zu $N * (N-1) * (N-2) * \dots * 2 * 1$; mit N ist eine beliebige ganze Zahl. Wenn z.B. aus einer Urne mit 6 unterschiedlichen Plättchen (Freiheitsgrad $N = 6$) diese nacheinander herausgezogen werden, dann ist die Anzahl möglicher Plättchenfolgen 720 ($L = N * (N-1) * (N-2) * \dots * 2 * 1 = 6 * 5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 720$).

¹⁸ „Algorithmus [mittellat.; in Anlehnung an griech. Arithmós („Zahl“), entlehnt aus arab. al chwarismi „der Mann aus Chwarismi“, dem Beinamen des pers. Mathematikers Muhammad Ibn Musa Al Chwarismi], Rechengang, der nach einem bestimmten [sich wiederholenden] Schema in einer Folge von endlich vielen, elementaren Schritten abläuft. Jede Aufgabe, deren Lösung sich durch einen A. beschreiben lässt, kann prinzipiell auch mithilfe eines Rechenautomaten gelöst werden“ (Lexikonredaktion, 1992).

¹⁹ Ein nicht deterministischer Algorithmus verhält sich nicht determiniert, also nicht genau festgelegt, sondern sein Verhalten ist (teilweise) zufallsgesteuert.

Lösung zu finden, statt den extrem großen Raum der kombinatorischen Möglichkeiten unter Einsatz eines in der Praxis nicht zur Verfügung stehenden Zeit- und/oder Speicheraufwands vollständig nach der optimalen Lösung zu durchsuchen.

Für die Praxis heißt das, dass das vorliegende Optimierungsproblem – einen möglichst guten Wochenablauf zu erstellen – aufgrund des Umfangs der kombinatorischen Möglichkeiten nicht durch Erstellen und Bewerten aller möglichen Wochenabläufe bearbeitet werden kann.

Technische Optimierungsverfahren konstruieren im Regelfall zunächst irgendeine Lösung, die dann immer weiter verbessert wird, bis keine weiteren entscheidenden Verbesserungen mehr zu erwarten sind (iterative Verbesserung, vgl. Kap. 5.3.), bzw. es werden mehrere komplette Lösungen erzeugt, verglichen und eine ausgewählt (Dueck et al., 1993). Charakteristisch für diese Art von Lösungsalgorithmen ist, dass nur eine gute, aber eben nicht die beste Lösung gefunden wird (Dueck et al., 1993). Die Voraussetzung für die Auswahl eines geeigneten Optimierungsverfahrens für ein vorliegendes Optimierungsproblem ist dabei die gute Kenntnis der Struktur und Topologie des Lösungsraumes bzw. die Kenntnis von Strategien, die aus einer guten Lösung eine bessere machen. Dies macht eine technische Lösung des vorliegenden Problems schwierig, denn hierfür müssten zunächst folgende Fragen beantwortet werden: Was ist ein guter Wochenablauf? Und: Welches sind (aus der Sicht eines Menschen) die Komponenten eines Wochenablaufs, aus denen dieser dann folgerichtig konstruiert wird und die dann entsprechend bewertet werden?

Die in dieser Arbeit interessierende Frage ist aber, wie Menschen zu ihren Tages- bzw. Wochenabläufen gelangen. Die activity scheduling behavior Modelle, die den Entstehungsprozess eines Ablaufs beschreiben, gehen davon aus, dass solche Wochenabläufe sukzessive entstehen, d.h. der Ablauf entsteht schrittweise: Ein solcher Schritt besteht aus dem Hinzufügen einer, in dem momentanen Prozessstand optimalen, Komponente (Aktivitätsausübung und resultierende Wege) zum vorhandenen Ablauf. Dieser wird im Regelfall für die passende Aufnahme der Komponente modifiziert. Dieses Vorgehen wird auch durch die Systemanalysen bestätigt (Kap. 6.). Ein derartig sukzessives Entstehen entspricht aber nicht dem Vorgehen üblicher Optimierungsverfahren (Dueck et al., 1993), somit kann von deren Vorgehen nicht auf menschliche Denkprozesse geschlossen werden.

Dementsprechend kann auch nicht erwartet werden, dass Verfahren aus der ingenieurwissenschaftlichen KI-Forschung für diese Arbeit hilfreich sind. Denn dort versucht man Verfahren zu finden, die derartige Probleme möglichst effizient lösen und eben nicht auf menschliche Art und Weise, soll doch gerade die ‚mangelhafte‘ menschliche Performanz durch die ingenieurwissenschaftliche KI-Forschung kompensiert werden.

6. Für den Forschungsansatz relevante Erkenntnisse der Systemanalysen

In der grundlegenden Einleitung zum Modellieren und Simulieren wurde ausgeführt, dass es von Eigenschaften des Systems und von den mit der Systemanalyse verfolgten Zielen abhängt, welche Vorgehensweise sich bei der Systemanalyse und -modellierung (Top-Down vs. Bottom-Up) empfiehlt und welcher Auflösungsgrad des Modells (Makroebene vs. Mikroebene) anzuraten ist (siehe Kap. 3.3.).

D.h. bevor ein Forschungsansatz hergeleitet (Kap. 7.) und ein daraus resultierendes Modellierungskonzept (Teil IV) abgeleitet wird, ist zunächst einmal auf das System selbst einzugehen.

Die der folgenden Argumentation zugrunde liegenden Systemanalysen erfolgten im Projekt SysMob 1994-1999 (Brüggemann & Lehmann, 2001); die Weiterentwicklung und Verfeinerung des Systemmodells erfolgten im SimVV-Projekt 2000-2002 (Brüggemann, 2003) und im ILUMASS-Projekt 2001-2004 (Beckmann et al., 2007).

Um eine einseitige Annäherung zu vermeiden, erfolgte im SysMob-Projekt ganz bewusst zunächst keine Annäherung an das Thema ‚Städtische Mobilität‘ aus der Perspektive der Verkehrsmodellierung. Denn zum Thema ‚Städtische Mobilität‘ können nicht nur Verkehrs(modellierungs)experten etwas sagen, sondern jeder in der Stadtplanung Tätige hat darauf ebenfalls eine zu berücksichtigende Sichtweise und erst recht ist jeder Stadtbewohner ‚Alltagsexperte‘ in Sachen ‚Stadtmobilität‘. Die Annäherung an das Thema erfolgte stattdessen – in guter systemanalytischer Manier – aus möglichst vielen Perspektiven, indem mit verschiedensten Gruppen (Berufstätige, SchülerInnen, RentnerInnen, VerkehrsexpertInnen etc.) Systemanalyseworkshops durchgeführt wurden. Die Teilnehmenden wurden gebeten, gemeinsam ihre Vorstellung des Systems ‚Städtische Mobilität‘ zu entwickeln und entscheidende Faktoren zu benennen.

Die Annäherung an das Thema erfolgte so vielseitig, um möglichst viele evtl. vorhandene Denkblockaden zu umgehen und um vorhandene Denkmuster nicht unbewusst zu übernehmen und sich damit selbst Grenzen zu setzen, insbesondere da anscheinend, wie das Kapitel pragmatische Motivation (Kap. 1.) gezeigt hat, Forschungsdefizite in diesem Bereich vorhanden sind.

Die aus der Systemanalyseworkshops gewonnenen Erkenntnisse führten zu einem ersten, allgemeinen, noch nicht sehr spezifischen Systemverständnis, aus dem jedoch wichtige Aussagen zum System im Allgemeinen und zum Handeln und Entscheiden der Menschen in diesem System im Besonderen herausgearbeitet wurden, die wichtig für den Forschungsansatz (Kap. 7.) und das Simulationskonzept (Kap. 19.) sind.

Insbesondere führten sie zu der Einsicht, dass es dem System ‚Städtische Mobilität‘ nicht angemessen ist (wie im SysMob-Projekt ursprünglich geplant),

einem Top-Down-Ansatz folgend, auf der Makroebene zu modellieren, sondern dass, einem Bottom-Up-Ansatz folgend, auf der Mikroebene gearbeitet werden sollte, d.h. dass ein Multiagentensystem mit einem psychologisch fundierten Handlungs- und Entscheidungsmodell konstruiert werden sollte (Brüggemann & Lehmann, 2001; vgl. Kap. 7.1.3.).

6.1. Das aus den Systemanalysen gewonnene Systemverständnis in Kurzform

Die interessierenden Prozesse, deren Dynamik man erklären, nachbilden und somit prognostizierbar machen möchte, betreffen auf einer mittelfristigen Zeitskala von Monaten und Jahren die Infrastrukturen einer Stadt und auf einer kurzfristigen Zeitskala von Stunden und Tagen die Auslastung dieser Infrastrukturen, wobei die Akkumulation der kurzfristigen Auslastung dieser Infrastrukturen die Veränderung auf der mittelfristigen Zeitskala bewirken, die wiederum die Voraussetzung für die kurzfristigen Entscheidungen sind.

Dies soll näher erläutert werden:

Bei den hier angesprochenen Infrastrukturen handelt es sich einerseits um Standorte wie Wohnungen und Betriebe, die die Durchführung von bedürfnisbefriedigenden Aktivitäten wie Wohnen, Arbeiten, Einkaufen etc. erlauben; andererseits gibt es die Verkehrsinfrastruktur wie Straßen- und Schienennetz, die die Zurücklegung der Wege erlaubt, die aus der räumlichen Verteilung der Standorte resultieren.

Das zunächst zu erklärende Phänomen ist die räumliche und zeitliche fein aufgelöste Nutzung dieser Infrastrukturen auf der kurzfristigen Zeitskala von Stunden und Tagen, d.h. wann wird welche Straße, welche Buslinie und welches Geschäft wie stark genutzt? Diese Phänomene ergeben sich aus dem gleichzeitig stattfindenden Handeln vieler Privatpersonen: Wollen alle zur gleichen Zeit auf einer Straße bzw. mit einer Buslinie unterwegs sein oder in einem Geschäft einkaufen, führt dies sowohl auf einer Straße als auch auf einer Buslinie oder in einem Geschäft zu Verzögerungen und Unbequemlichkeiten, d.h. die Qualität der Bedürfnisbefriedigung sinkt und der Zeit- und evtl. auch der Geldaufwand für die Bedürfnisbefriedigung steigen. Die Erfahrungen, die die handelnden Menschen beim Handeln machen, führen dazu, dass diese sich in Zukunft gegebenenfalls anders verhalten, d.h. ein anderes Verkehrsmittel, einen anderen Weg, eine andere Uhrzeit oder ein anderes Geschäft wählen oder sogar Wohnung oder Arbeitsplatz wechseln. D.h. die Summe der Entscheidungen und der daraus resultierenden Handlungen der einzelnen Menschen führen zu einer bestimmten Auslastung der Infrastrukturen, die wiederum auf den Einzelnen rückwirken, sein Verhalten evtl. ändern und damit auch zu anderen Auslastungen führen.

Die Akkumulation der kurzfristigen Auslastung dieser Infrastrukturen bewirkt auf einer eher mittelfristigen Zeitskala von Monaten und Jahren die Veränderung dieser Infrastrukturen, denn Geschäfte, die nicht genutzt werden,

werden aufgegeben, an attraktiven Standorten werden neue Geschäfte eröffnet, Wohnungen werden teurer oder billiger, der Flächennutzungsplan wird evtl. geändert usw. Auch diese Veränderungen resultieren direkt aus den Handlungen und Entscheidungen von Menschen, nämlich Wirtschaftssubjekten und politischen Entscheidungsträgern der Stadt.

Hierbei ist zu beachten, dass sich ceteris paribus die Bevölkerung einer Stadt verändert, d.h. Menschen werden geboren, werden eingeschult, beginnen zu arbeiten, heiraten, bekommen Kinder, werden Rentner und sterben. Zwangsläufig geht damit eine Veränderung der von ihnen durchgeführten Aktivitäten und den dadurch nachgefragten Standorte einher, d.h. selbst wenn nicht mit Maßnahmen in das System eingegriffen wird oder wenn sich externe Rahmenbedingungen nicht ändern, reorganisiert die Bevölkerung einer Stadt beständig ihr Alltagsleben und damit auch das System ‚Städtische Mobilität‘.

Dies lässt sich wie folgt auf den Punkt bringen:

6.2. Wichtige aus den Systemanalysen gewonnene Eigenschaften des Gesamtsystems

- Das System konstituiert sich aus dem Zusammenwirken des Handelns und Entscheidens vieler einzelner Akteure auf unterschiedlichen Zeitskalen (kurz-, mittel-, langfristig), die sich drei Akteursgruppen (private, wirtschaftliche und politische Akteure) zuordnen lassen.²⁰
- Aufgrund der Erfahrungen beim Zusammenwirken reorganisieren die Akteure ihr Zusammenwirken, d.h. Mobilität wird als Angebots-Nachfrage-System hinsichtlich der Möglichkeiten der Aktivitätsdurchführung und der Realisierung von Wegen zwischen den Standorten der Aktivitätsdurchführung verstanden.
- Der Alltagsverlauf der Akteure ist das Ergebnis des Handelns und Entscheidens hinsichtlich der Durchführung von Aktivitäten und resultierenden Wegen, d.h. die Verkehrsnachfrage ist das Resultat von Entscheidungen von individuellen Akteuren in den privaten Haushalten zur Ausübung von Aktivitäten (z.B. Arbeiten bei einem Arbeitnehmer, Einkaufen in einem Einzelhandelsgeschäft, Sporttreiben in einem Fitness-Studio); diese Aktivitäten befriedigen die Bedürfnisse der Akteure.
 - Diese Aktivitäten sind (für jeden einzelnen Akteur) unterschiedlich notwendig oder wichtig.
 - Art und Umfang der Aktivitätsausübungen sind (auch) durch Art, Größe und Organisation des Haushalts begründet.
 - Die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln ist (auch) durch Art, Größe und Organisation des Haushalts begründet.

²⁰Jeder ist ein privater Akteur; einige sind zusätzlich noch wirtschaftliche und/oder politische Akteure.

- Der Zeitbezug (Aktivitätsvorhaben, absehbare Durchführung von Aktivitäten und Wegen) ist im Wesentlichen eine Woche. Die Tagesabläufe variieren signifikant über die Woche.

6.3. Wichtige aus den Systemanalysen gewonnene Eigenschaften der Akteure

- Die das System konstituierenden Akteure sind proaktiv und handeln subjektiv rational und routiniert.
- Jeder Mensch hat seine eigene, subjektive Sicht der Umwelt, die durch Erfahrung, d.h. durch Lernen, verändert wird. Jeder Mensch hat sein eigenes, subjektives Bewertungsgefüge der Umwelt.
- Objektiv betrachtet scheint das Handeln von Menschen vielfach irrational und nicht vorhersagbar, aber: Menschen handeln rational, und zwar rational innerhalb ihrer subjektiven Sicht der Stadt und ihres subjektiven Bewertungsgefüges.
- Nach dem Finden einer hinreichend zufriedenstellenden Lösung suchen die Akteure nicht (weiter) nach einer besseren Lösung, sondern behalten die gefundene suboptimale Lösung bei (Routine). Diese Lösung wird erst dann in Frage gestellt, wenn sie so schlecht wird, dass das zugrunde liegende (zu befriedigende) Bedürfnis nur noch unzureichend erfüllt bzw. die Routine aus anderen, externen Gründen aufgebrochen wird.
- Menschen bewerten eine Option zur Aktivitätsausübung (Aktivität, Zeit, Ort der Ausübung, Verkehrsmittel, Route) in ihrer Gesamtheit anhand mehrerer Kriterien und im Kontext anderer Entscheidungen (Aktivitäten- und Wegekopplung). Die Art, Gewichtung und Abwägung der Kriterien sind individuell (subjektives Bewertungsgefüge).
- Die Entscheidungen werden detailliert begründet. Schon kleine Abweichungen in der räumlichen oder zeitlichen Lokalisation der Optionen beeinflussen die Entscheidungsfindung.

7. Forschungsansatz

In diesem Kapitel sollten nun alle bisher aufgenommenen Fäden zusammengeführt, alle vereinzelt gelieferten Argumente gebündelt und der resultierende Forschungsansatz zusammengefasst werden.

Hierfür muss zunächst die Zielsetzung präzisiert werden: In der Problembeschreibung (Kap. 1.) wurde bereits dargestellt, dass anscheinend noch Verständnisprobleme hinsichtlich des Systems ‚Städtische Mobilität‘ – insbesondere die längerfristige Prognose betreffend – bestehen, d.h. man möchte dieses System besser verstehen. Im Kapitel Modellieren und Simulieren (Kap. 2.) wurde aufgezeigt, dass ein Computersimulationsmodell ein gutes Lösungswerkzeug für Managementprobleme mit komplexen Systemen ist. Im vorhergehenden Kapitel (Kap. 6.) wurde gezeigt, dass ‚Städtische Mobilität‘ ein

komplexes System ist, d.h. ein umfassendes Simulationsmodell ist ein sehr sinnvolles Werkzeug zur Untersuchung von Steuerungsmaßnahmen.

Daher wird wie folgt die Zielsetzung präzisiert und die Systemgrenze gezogen:

7.1.1. Zielsetzung

Das Ziel der Systemanalyse ist ein Modell, das ‚Städtische Mobilität‘ erklärt und welches mit dem Ziel des Mobilitätsmanagements die Untersuchung der Folgen mobilitätsrelevanter Maßnahmen durch Simulation erlaubt.

Das Modell soll es erlauben, sowohl hard als auch soft policy Maßnahmen zu untersuchen, die abzielen auf

- die Verkehrsvermeidung (Weg entfällt),
- die Verkehrsverminderung (Weg wird kürzer),
- die Verkehrsverlagerung (Wahl von ökologisch und/oder volkswirtschaftlich (nicht betriebswirtschaftlich) günstigeren Verkehrsmitteln) und
- die Verkehrsoptimierung (effizientere Organisation des stattfindenden Verkehrs).

7.1.2. Systemgrenze

Die Systemgrenze wird so gezogen, dass alle wesentlichen Bedingungen städtischer Mobilität Teil des Systems sind:

- Aus diesem Grund ist der räumliche Bezug die Stadtregion, d.h. nicht nur die Stadt an sich, sondern auch ihr Einzugsgebiet, denn die Wohn- und Arbeitsverflechtungen setzen sich über die eigentliche Stadtgrenze hinaus bis in das Umland fort.
- Aus diesem Grund wird sowohl alltägliches Verkehrsgeschehen als auch die längerfristige Entwicklung der Flächennutzung berücksichtigt, denn es wird davon ausgegangen, dass sich beide gegenseitig bedingen (vgl. Kap. 6.1.).
- Aus diesem Grund soll das Modell den Menschen möglichst weitgehend in seinen Handlungskompetenzen und in seiner Adaption an veränderte Gegebenheiten abbilden.

7.1.3. Allgemeiner Forschungsansatz

Auf Basis der Überlegungen hinsichtlich des Auflösungsgrades (Kap. 3.3.) ist im Folgenden die bereits angeführte Frage zu beantworten, welche Vorgehensweise (Top-Down vs. Bottom-Up) und welche Modellierungsebene (Makroebene vs. Mikroebene) dem System an sich und der Zielsetzung angemessen sind.

Zum Ersten wurde ausgeführt, dass je stärker die Zielsetzung auf Verständnis und Erklärung ausgerichtet ist, je weniger man über das bestehende System weiß und je größer die Bandbreite des zu untersuchenden Systemverhaltens ist

(Veränderung von Rahmenbedingungen), desto eher ein Bottom-Up statt eines Top-Down-Ansatz verfolgt werden sollte.

Zum Zweiten wurde ausgeführt, dass je stärker die Zielsetzung auf Verständnis und Erklärung ausgerichtet ist, je weniger man über das bestehende System weiß und je eher konkrete, räumliche und diskrete Wechselwirkungen eine Rolle spielen, desto eher auf der Mikro- als auf der Makroebene gearbeitet werden sollte.

Schaut man sich nun die Zielsetzung an, so legt das Teilziel ‚Erklären‘ bzw. ‚Verständnisverbesserung‘ sowohl einen Bottom-Up-Ansatz als auch die Modellierung auf der Mikroebene nahe. Der Anspruch, ein eher erklärendes als deskriptiv arbeitendes Modell zu erstellen, wird zudem durch das Ziel einer eher langfristigen Prognose (nicht nur alltägliches Verkehrsgeschehen, sondern auch Flächennutzung) verstärkt, denn wie ausgeführt (Kap. 3.3.) kann nur von einem erklärenden Modell erwartet werden, dass es auch bei Veränderung des Status quo und damit beim Verlassen des empirisch erfassbaren Bereichs belastbare Voraussagen macht.

Für eine Modellierung auf der Mikroebene und damit die Modellierung als Multitagentensystem spricht ebenfalls die Einsicht aus den Systemanalysen, dass schon kleine Abweichungen in der räumlichen oder zeitlichen Lokalisation die Entscheidungsfindung beeinflussen. Außerdem tauchen hier für das Agentenparadigma typische Eigenschaften (vgl. Kap. 5.2.) auf, nämlich dass die Akteure, ihrer eigenen Agenda folgend, in einer Umwelt agieren, dabei über diese Umwelt etwas lernen und sie verändern und dass diese Veränderungen wiederum auf ihr Verhalten zurück wirken. Insbesondere die daraus resultierende Anforderung, Restrukturierungseffekte abbilden zu müssen, spricht für ein Multitagentensystem, lassen sich doch die Beziehungen der Agenten und ein verändertes Nutzungsverhalten der Infrastrukturen abbilden, ohne die Struktur des Modells – Agenten verändern die Umwelt; diese wiederum beeinflusst die Agenten – verändern zu müssen.

Richtet man nun vor dem Hintergrund dieser Argumentation den Blick auf die Verkehrsmodellierung (vgl. Kap. 5.7.), so wendet man sich auch dort der Simulation auf der Mikroebene zu. Denn obwohl man, einem Top-Down-Ansatz folgend, auf der Makroebene begann, wurden die menschlichen Akteure immer detaillierter modelliert. Schließlich ist man – nachdem in den letzten Jahren die Modellierung von ganzen Stadtregionen auf der Basis von Multiagentensystemen technisch machbar wurde – auf der Mikroebene, d.h. bei der Simulation des einzelnen Akteurs, angekommen.

Die Verhaltensmodellierung der eingesetzten Agenten ist jedoch nach wie vor von einem aus der klassischen Entscheidungspsychologie stammenden, stark betriebswirtschaftlich geprägten ‚homo oeconomicus‘-Menschenbild geprägt, das Faktoren wie subjektive Bewertungen, soziale Prägungen, Informiertheit, Gewohnheiten etc. gar nicht oder viel zu wenig berücksichtigt (detaillierter

siehe Kap. 14.). Außerdem wird bei der Verhaltensmodellierung immer noch sehr stark *deskriptiv* gearbeitet, d.h. auf der Basis vorliegender statistischer und empirischer Daten werden Eigenschaften und beobachtete Verhaltensmuster zugewiesen, sodass eine derartig erzeugte synthetische Bevölkerung in den statistischen Kennzahlen der aktuell erfassten realen Bevölkerung entspricht. Da man sich aber wenig Gedanken über kausale Zusammenhänge macht, ist die Kombination von zugewiesenen Eigenschaften und Verhaltensmustern nicht *zwangsläufig* stimmig und plausibel (detaillierter siehe Kap. 20.7.).

Letzteres könnte der Grund sein, warum derartige Ansätze im verkehrstechnischen und -wirtschaftlichen Bereich *kurzfristig* gute Prognosen abliefern. Denn in den Bereichen, in denen das menschliche Verhalten von gut erfassbaren Routinen dominiert wird, sind die Übernahme und Fortschreibung der empirisch erhobenen Daten kein Problem und interne Stimmigkeit der einer Person zugewiesenen Daten keine Notwendigkeit, sondern die Daten müssen nur ‚richtig‘ über die Bevölkerung verteilt sein.

Stärker *erklärende* Ansätze, die auf die Mobilitätsursachen eingehen, existieren mit der Hägerstrandschen Raum-Zeit-Geographie zwar schon länger, schlagen sich aber erst in den letzten Jahren in der Modellierung, und dann nur im Planungsverhalten, nieder. Wenn jedoch wirklich Entwicklungen nachvollzogen werden sollen, sprich *längerfristige* Prognosen erstellt werden sollen, wenn man Lerneffekte simulieren möchte, wenn die Wirkung von soft policy Maßnahmen auf das Wissen und die Einstellungen der Akteure untersucht werden soll, wenn die Einbindung in den sozialen Kontext erfasst werden soll etc., dann **ist ein ganzheitliches, stimmiges psychologisches Agentenmodell der Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung gefragt, das die Bandbreite von problemlösendem bis hin zu routinisiertem Verhalten kausal erklärt.**

Aus diesen Überlegungen heraus wurde in den drei genannten Projekten SysMob, SimVV und ILUMASS (Brüggemann & Lehmann, 2001; Brüggemann, 2003; Beckmann et al., 2007), die die Basis für diese Arbeit bilden, ein entsprechender *computational approach* verfolgt, d.h. es wurde versucht, die beim Menschen ablaufenden Prozesse soweit wie möglich *generisch* durch ein psychologisch fundiertes Agentenmodell nachzubilden. Dafür wurden, wie sich noch zeigen wird (Teil IV), erst im ILUMASS-Projekt und insbesondere mit dieser Arbeit ein psychologisches Fundament und ein Rahmen geschaffen, die es erlauben, weiteres psychologisches Ideengut aufzunehmen.

Weiterhin wurde im Rahmen der genannten Projekte die strategische Entscheidung getroffen, zunächst die privaten Akteure auf der kurzfristigen Zeitskala abzubilden, d.h. ein Verkehrsnachfragemodell zu entwickeln, sich dabei auf das individuelle Handeln und Entscheiden der Akteure zu konzentrieren und die Interaktionen der Agenten (mit Ausnahme der verkehrlichen Interaktion im Rahmen der Verkehrsflusssimulation) zunächst hinten anzustellen. Beim aktuellen Erkenntnisstand erschien diesbezüglich

eine Planungsspanne von einer Woche sowohl psychologisch plausibel als auch pragmatisch hinreichend genau, d.h. es wurde ein Planungsalgorithmus für einen ‚Wochenablauf‘ entwickelt.

Dieses Verkehrsnachfragemodell wurde im Rahmen des SimVV- und insbesondere des ILUMASS-Projektes in ein Gesamtkonzept eingebunden (Kap. 19.1.), das die Modellierung und Simulation der wirtschaftlichen Akteure auf der mittelfristigen Zeitskala und damit die Integration von Verkehrsgeschehen und Flächennutzung integriert. (Eingriffe politischer Akteure auf der langfristigen Zeitskala sind durch zu simulierende Szenarios vorzugeben.) Im Rahmen des ILUMASS-Projektes wurde begonnen, das aus den beiden vorhergehenden Projekten stammende AVENA-Modell psychologisch zu überprüfen; im Rahmen dieser Arbeit wurde es dann mit psychologischem Ideengut verschmolzen und damit zum Mob- Ψ -Modell erweitert.

Selbstverständlich wurden jedoch nicht nur Erkenntnisse aus den Systemanalysen verwendet, sondern auch der state-of-the-art in Sachen Verkehrsmodellierung berücksichtigt, stellt dieser doch den ‚Nährboden‘ dar, der zu den angesprochenen Projekten mit dem weitergefassten Anwendungsfall ‚Mobilitätsmanagement in städtischen Regionen‘ führte. Dies ist zum einen notwendig, um in diesem Bereich ‚das Rad nicht neu zu erfinden‘, sondern sinnvolle Ansätze zu übernehmen, und zum anderen, um auf Basis einer Defizitanalyse Denkanstöße für eine Verbesserung zu erhalten. Nichtsdestotrotz ist die Defizitanalyse der bestehenden Verkehrsmodellierung nicht Ausgangspunkt des vorgestellten Forschungsansatzes, sondern dient nur zur abrundenden Ergänzung des Ansatzes, der im Wesentlichen zunächst aus Systemanalyseerkenntnissen gewonnen wurde und anschließend folgerichtig mit psychologischem Ideengut verschmolzen und erweitert wurde. Daher unterscheidet sich dieser Ansatz deutlich von den bisherigen Vorgehensweisen und ist damit ein erster Schritt auf einem neuen Modellierungsweg.

7.1.4. Detaillierte Zielsetzung für das Verkehrsnachfragemodell

Ein in diesem Sinne zu entwickelndes Simulationsmodell der Verkehrsnachfrageentstehung soll insbesondere folgende Anforderungen erfüllen, die in bestehenden Ansätzen nicht in ihrer Gesamtheit, nur unvollständig und/oder nur unzureichend berücksichtigt werden:

- Es sollen die Veränderung des Status quo und damit die Wirkung von veränderten Rahmenbedingungen untersucht werden können. Dies ist durch klassische deskriptive Ansätze nicht möglich, da diese, in der Natur der Sache liegend, die Wirkung von, vor allem psychologischen und sozialen, Rahmenbedingungen nicht berücksichtigen:
Wenn die Erklärung des Verhaltens aus seinen psychologischen Ursachen und nicht durch statistische Fortschreibung des beobachteten Verhaltens

erfolgt, kann davon ausgegangen werden, auch unter veränderten Bedingungen das Verhalten besser abzubilden.

- Es sollen neben den in üblichen Ansätzen berücksichtigten objektiven Restriktionen (durch die physische Infrastruktur vorgegebene Restriktionen wie Lage von Funktionsstandorten, Öffnungszeiten, Erreichbarkeiten durch Verkehrsnetze etc.) auch die subjektiven Restriktionen (durch den Menschen vorgegebene Restriktionen wie unvollständige und verzerrte Wahrnehmung und Informiertheit, Gewohnheit, subjektive Bewertung etc.) berücksichtigt werden.

Entsprechend sollen sowohl hard als auch soft policy Maßnahmen untersucht werden können, d.h. Maßnahmen, die auf die objektiven bzw. die subjektiven Restriktionen wirken.

D.h. im Gegensatz zu üblichen Verkehrsnachfragemodellen sollen die subjektive Repräsentation der Stadt und deren Veränderung durch eigenes Erfahren oder durch Informationen von Anderen berücksichtigt werden, da hierin Gewohnheiten begründet sind, die Teile der Nachfrage dominieren und die somit für die Verkehrsnachfrage von großer Bedeutung sind.

Nur so ist es bspw. möglich, die Wirkung von gemachten Erfahrungen, von ‚soft policy‘ Maßnahmen, von Informationsmaßnahmen etc. abzubilden.

- Die Handlungsoptionen sollen möglichst umfassend und in ihren internen und externen Interdependenzen abgebildet werden:

Die bisherigen Ansätze zielen stark auf die Verkehrsverlagerung, indem sie Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der Verkehrsmittel, Routen und Abfahrzeiten aufweisen.

Auch die Verkehrsvermeidungsoptionen sollen durch Berücksichtigung von Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der Funktionsstandorte, anderer Aktivitäten, die das gleiche Bedürfnis erfüllen, oder des Unterlassens von Aktivitäten berücksichtigt werden.

Weitere zu beachtende Handlungsoptionen liegen in anderen Nutzungsformen von Verkehrsmitteln wie Taxi, Car-Sharing, Mitfahrzentralen etc. oder auch in anderen Nutzungsformen von Standorten wie die Inanspruchnahme von Dienstleistungen (Pizza-Service statt Einkaufen oder Essen gehen, Wäsche abgeben statt selber waschen etc.).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Verkehrsentscheidungen frei getroffen werden können: Wurde bspw. zuvor das Fahrrad benutzt, kann nicht mit dem Auto weitergefahren werden und umgekehrt.

Nur so ist es bspw. möglich, die Effekte von Fahrgemeinschaften, Telearbeit, Teleshopping etc. abzubilden oder die Frage von intermodalen Wegen anzugehen.

- Weiterhin soll, über übliche Ansätze hinausgehend, die Haushaltsorganisation abgebildet werden: Denn dort werden Versorgungsaktivitäten, Aufsichts- und Begleitnotwendigkeiten etc. verteilt und insbesondere der Zugriff auf Verkehrsmittel geregelt.

Nur so ist es bspw. möglich, das Zur-Verfügung-Stehen eines Autos für andere Haushaltsmitglieder abzubilden, wenn der Hauptnutzer durch eine entsprechende Maßnahme auf den ÖPNV verlagert wurde.

7.1.5. Bestätigende Stimmen

Im Folgenden seien einige Stimmen zitiert, die teils mit ähnlichen Argumenten einen Forschungsansatz im Sinne des zuvor beschriebenen vermissen, befürworten oder ihn gar fordern:

- So fordern Rindsfüser & Doherty (Rindsfüser & Doherty, 2000, S.109) ein Verkehrsnachfragemodell, das das Planungsverhalten nachbildet und dabei seine Ursachen erklärt: „Veränderte und erweiterte Maßnahmen im Bereich Verkehr – z.B. im Rahmen des Verkehrsnachfragemanagements oder der Verkehrsleitung durch Informationstechnologien – stellen die Verkehrsforschung vor die Aufgabe, neue Modelle für die Schätzung und Beurteilung der Wirkungen eben dieser Maßnahmen auf das Verkehrsverhalten zu entwickeln. ... Im Bereich der Nachfragemodellierung fehlen bisher Modelle, die in der Lage wären, die Aktivitäten (Wege) mit detaillierten Angaben zu Start- und Endzeiten sowie Aktivitätsorten abzubilden, um diese als Eingangsgrößen für die Flusssimulation bereit zu stellen. Voraussetzungen für solche Modelle sind Kenntnisse über die Ursachen des individuellen Raum-Zeit-Verhaltens. [...] Die Analysen sollen die fortschreitende Entwicklung eines Simulationsmodells des Aktivitäten(Re-)Planungsprozesses unterstützen. Innerhalb dieses Gesamtkonzeptes wird von der Annahme ausgegangen, dass beobachtbare Aktivitäten(Wege-)muster Ergebnisse eines zugrunde liegenden Planungs-, Abstimmungs- und Entscheidungsprozesses innerhalb eines Haushalts sind.“
- Lüdemann spricht sich dafür aus, Verkehrsverhalten auf Basis einer allgemeinen Handlungstheorie zu erklären (Lüdemann, 1997, S.5): „Generell gilt jedoch, dass kein Pfad-, Logit-, Probit-, Tobit- oder Strukturgleichungsmodell, keine Log-lineare Analyse und kein Verfahren der Ereignisdatenanalyse allein bereits eine adäquate theoretische Erklärung leistet, solange nicht die gefundenen Variablenzusammenhänge aus den Variablen(ausprägungen) einer allgemeinen Handlungstheorie erklärbar und damit auch verstehbar werden“.
- Nach Erkenntnissen des Deutschen Instituts für Urbanistik (Apel, 1992 nach Richter, Richter & Vogelsang Richter et al., 1997, S.247) besteht „der Erfolg kommunaler Verkehrspolitik in der Regel nicht in der Realisierung einzelner isolierter Maßnahmen – ein Wandel des Verkehrsverhaltens setzt vielmehr die Realisierung ganzheitlicher Konzepte voraus.“
- Auch Richter, Richter & Vogelsang (Richter et al., 1997, S.247 mit Bezug auf Klemm, 1996) wünschen sich einen ganzheitlichen Ansatz: „Die derzeitige

Verkehrssituation beeinträchtigt den Stadtorganismus und die Lebensqualität der Mehrheit der Bevölkerung Dresdens in steigendem Maße (Klemm, 1996).

Erfahrungen anderer Städte in der Bundesrepublik zeigen, dass diesen Missständen mit gestalterischen und ordnungsrechtlichen Maßnahmen alleine nicht abzuhelpen ist. Unerlässlich ist es, bei Verkehrsteilnehmern, Vertretern spezieller Interessen und der Wohnbevölkerung Akzeptanz und die aktive Unterstützung für Eingriffe in das Verkehrsgeschehen zu erlangen und gleichzeitig zweckmäßige Dienstleistungen anzubieten.“

- Emberger & Pfaffenbichler (Emberger & Pfaffenbichler, 1999, S.215) schreiben: „Erst in den letzten Jahren wurde der Begriff der Verkehrsplanung wiederum erweitert: Die moderne Verkehrsplanung versteht sich als eine Strategie im Rahmen größerer Zusammenhänge und übergeordneter Zielvorstellungen, um Mobilitätsprobleme umfassend zu behandeln und integrierten Lösungen zuzuführen.
Es wird in Zukunft darauf ankommen, diesen umfassenden Ansprüchen gerecht zu werden. Um dieses komplexe System zu erfassen, zu verstehen und sachgerecht bearbeiten zu können, genügen nicht nur quantitative, sondern es sind auch qualitative planerische Dimensionen nötig.
Voraussetzung für die Bewältigung dieser Aufgabenstellung ist die Kenntnis der grundlegenden Wirkungszusammenhänge im Gesamtsystem und der entscheidenden Mechanismen. So wie ein Ingenieur im Bereich der statischen Materie Kraftflüsse konstruktiv beherrscht, wird nun von der modernen Verkehrsplanung verlangt, diese in einem dynamisch mehrdimensionalen System mit zahlreichen Rückkopplungseffekten zu verstehen und zu bearbeiten.“

7.1.6. Anmerkung zu Theorie und Praxis oder: Forschungsorientierung vs. Anwendungsorientierung

Im Rahmen des ILUMASS-Projektes ergab sich, wie bei jeder Modellbildung, der prinzipielle Konflikt zwischen den beiden Zieldimensionen Verständnisverbesserung und Untersuchungswerkzeuherstellung:

Zum einen soll das Verständnis des Gegenstands(bereichs) erhöht werden: Die Modellbildung dient hierbei als Formulierungswerkzeug, das auf systematische Art und Weise Erkenntnisse, Hypothesen, Theorien etc. über die psychologischen Ursachen des Entstehens der Verkehrsnachfrage konsistent zusammenführt und eindeutig dokumentiert und dabei vorhandene Widersprüche oder Wissenslücken aufdeckt. D.h. das Modell soll möglichst erklärend sein und über eine reine wahrscheinlichkeitsorientierte Simulation hinausgehen, um die erklärten Ziele erfüllen zu können. Dazu müssen das Handeln und Entscheiden der Verkehrsteilnehmer individual-psychologisch valide abgebildet werden. Ein entsprechendes Modell wird komplex und damit

rechenaufwendig sein. Dies entspricht einer eher forschungsorientierten Ausrichtung.

Die zweite Zieldimension ist die Erstellung eines Untersuchungswerkzeuges: Das Modell dient als stellvertretender Repräsentant des abgebildeten Gegenstands(bereichs), mit dem sich, für die Realität folgenlos, Experimente durchführen lassen. So können verschiedene Maßnahmen und Entwicklungspfade im Simulationsexperiment hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Verkehrsnachfrageentstehung untersucht werden. Dies geschieht mit der Intention, Strukturen und Maßnahmen zu finden, die die Mobilität der Menschen erhalten, diese jedoch auf zukunftsfähige Art und Weise befriedigen. D.h. es müssen die Wochenpläne der synthetischen Bevölkerung, d.h. aller individuellen Akteure, erzeugt werden und in einem Simulationsverlauf muss die Entwicklung der Flächennutzung über Jahre bzw. Jahrzehnte abgebildet werden. Die Erreichung einer sinnvoll niedrigen Rechenzeit erfordert die Reduktion der berücksichtigten Handlungsoptionen, aber damit auch des Erklärungsgehalts. Dies entspricht einem eher anwendungsorientierten Ansatz.

Diese beiden Zieldimensionen müssen ausbalanciert werden, denn das Modell muss psychologisch valide genug sein, um den erkannten Modellierungsanforderungen gerecht zu werden, und vereinfachend genug, um den erkannten Rechenzeitbegrenzungen zu genügen. Aber beide Anforderungen gehen letztlich Hand in Hand. Nur wenn auf der basalen Ebene psychologischer und sozialer Mechanismen die Entstehung von Verkehrsnachfrage verstanden ist, kann sinnvoll vereinfacht werden.

Im stark anwendungsorientierten ILUMASS-Projekt war diese Balance sehr stark in Richtung Untersuchungswerkzeug und damit Rechenzeit verschoben, d.h. es konnte nicht all das realisiert werden, was aus der forschungsorientierten Perspektive wünschenswert gewesen wäre. Dies führte letztlich dazu, dass das entwickelte Mob- Ψ -Modell nur als Forschungswerkzeug jedoch nicht in den Simulationsläufen eingesetzt wurde (detailliert siehe Kap. 20.7. und Kap. 21.).

8. Was ist die wissenschaftliche Motivation?

Abschließend bleibt nur noch herauszuarbeiten, was die wissenschaftliche Motivation dieser Arbeit ist:

Ich hoffe, es ist mir im vorhergehenden Kapitel gelungen darzustellen, dass das System ‚Städtische Mobilität‘ sinnvollerweise auf Basis eines psychologisch fundierten Agentenmodells zu modellieren ist, da das System sich aus dem Handeln und Entscheiden aller Akteure konstituiert, deren Handlungs- und Entscheidungsbedingungen höchst subjektiven Erfahrungen und Einschätzungen unterliegen; daher ist ein umfassendes psychologisches Modell gefragt, das Menschen nicht auf einzelne Funktionen, wie bspw. das Entscheiden oder das Denken, reduziert.

Die Eigenschaften des Systems ‚Städtische Mobilität‘, welche diese Art von Modellierung fordern, gelten aber im Grunde genommen per Definitionem für jedes soziale System, d.h. für jedes System, in dem das Zusammenspiel des menschlichen Handlungs- und Entscheidungsverhaltens in einer Gesellschaft eine Rolle spielt (vgl. Überblick).

Auch die Probleme, mit denen sich das menschliche Handeln und Entscheiden in diesem System konfrontiert sieht, nämlich das Rucksack- oder das Traveling-Salesman-Problem, sind klassische Optimierungsprobleme, die nicht nur im Rahmen von Alltagsorganisation, sondern im Rahmen eines jeden logistischen Problems auftreten werden, was in jedem System, in dem auch technische Bedingungen eine Rolle spielen, der Fall sein dürfte (detaillierter siehe Kap. 16.).

Wenn man diese Systeme durch Modellierung verstehen und prognostizieren möchte, ist aber nicht irgendeine optimale Lösung gefragt, die die ingenieurwissenschaftliche KI-Forschung liefern könnte, oder die Ergebnisse rein problemlösenden Denkens, auf das die kognitionswissenschaftliche Forschung verstärkt abhebt, sondern es sind die suboptimalen, alltäglichen, typisch menschlichen Lösungen gefragt, d.h. es ist ein psychologisches Modell gefordert, das alle Instanzen, Funktionen und Kompetenzen menschlichen Verhaltens abdeckt.

Diese Arbeit ist also für jede Wissenschaft (wie bspw. die soziale Systemtheorie und die Umweltpsychologie) von Nutzen, die sich mit menschlichen Sozial- oder sozio-technischen Systemen befasst, die an einer Überprüfung ihrer Erkenntnisse durch eine Computersimulation interessiert ist und die daher ein psychologisch fundiertes umfassendes Modell menschlichen Handelns und Entscheidens benötigt, das zum Einsatz in einem Multiagentensystem vorgesehen ist.

Schwerpunktmäßig ist aber auch für die Psychologie eine solche Anwendung ihres Theorieguts sinnvoll, da dessen Überprüfung und Weiterentwicklung durch eine funktional-(re)konstruktive Modellbildung anscheinend noch viel zu selten vertreten sind (vgl. Kap. 5.4.). Insbesondere ist aber auch die hier behandelte Frage interessant, welche psychologischen Theorien und Modelle geeignet sind, die Spannbreite von alltäglichem, automatisiertem Handeln und Entscheiden bis hin zu problemlösendem Handeln und Entscheiden zu beschreiben, dabei den Einfluss von Erfahrung (Lernen) zu berücksichtigen und mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umzugehen. Indem dabei ein möglichst umfassendes Menschenbild verwirklicht wird, statt den Menschen auf einen homo oeconomicus, sociologicus etc. zu reduzieren, würde die Beschreibungs- und Prognosekraft vorhandener Theorien und Modelle erheblich verstärkt werden, da diese meiner Ansicht nach gerade durch eine derartigen Reduktion begrenzt werden.

Teil III: Relevante psychologische Theorien und Modelle

Das erklärte wissenschaftliche Ziel dieser Arbeit ist die Beantwortung folgender Fragestellung: Welche psychologischen Theorien und Modelle sind geeignet, die Spannweite von alltäglichem, automatisiertem Handeln und Entscheiden bis hin zu problemlösendem Handeln und Entscheiden zu beschreiben, dabei den Einfluss von Erfahrung (Lernen) zu berücksichtigen und mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umzugehen? Und: Welche dieser psychologischen Theorien und Modelle sind hinreichend formalisiert oder lassen sich hinreichend formalisieren, sodass sie als Agentenmodell in einem Computersimulationsmodell in Form eines Multiagentensystems (MAS) zur Beschreibung eines sozio-technischen Systems im Allgemeinen und in Anwendung auf Mobilitätsverhalten im Besonderen eingesetzt werden können?

Im Kap. Teil I wurde dieses Ziel motiviert und in Kap. Teil II wurde der Forschungsansatz hergeleitet und begründet. In diesem Kap. Teil III geht es nun um eine Darstellung der in Frage kommenden psychologischen Theorien und Modelle und deren Bewertung im Hinblick auf die mögliche Nutzung:

Psychologie als Wissenschaft von den geistigen Tätigkeiten des Menschen tritt an, um menschliches Verhalten zu erklären und zu prognostizieren: Die Allgemeine Psychologie sucht dabei nach Gesetzmäßigkeiten, die für alle Menschen, zu allen Zeiten und an allen Orten gelten. Die Entwicklungspsychologie beschäftigt sich mit der Veränderung dieser allgemeinen Gesetzmäßigkeiten über die Lebenszeit hinweg und die Differentielle Psychologie mit interpersonell unterschiedlichen Ausprägungen dieser Gesetzmäßigkeiten, d.h. mit Unterschieden, die zwischen Personen bestehen. Die Persönlichkeitspsychologie schließlich befasst sich mit intraindividuellen Zusammenhängen zwischen Eigenschaften bzw. intraindividuellen Verhaltensunterschieden, die eine Person bspw. in unterschiedlichen Situationen aufweist.

Dementsprechend sind für diese Arbeit zunächst einmal Theorien und Modelle der allgemeinen Psychologie relevant. Hier interessiert insbesondere die Teildisziplin der Theoretischen (oder auch Synthetischen) Psychologie, wie sie von Dörner vertreten (Kap. 15.) wird, die sich aus systemtheoretischer, kognitiver Perspektive mit der Psyche als informationsverarbeitendem System beschäftigt. Dabei wird ein Ansatz verfolgt, der bereits als funktional-(re)konstruktiv charakterisiert wurde (vgl. Kap. 4.3.), da dieser Ansatz versucht durch Nachbauen zu erklären und zu verstehen; er orientiert sich insbesondere an der Frage, welche Elemente und Elementverknüpfungen ein System braucht, um ein Verhalten zu erzeugen, das dem menschlicher Vorbilder gleicht (Strohschneider & Tisdale, 1987, Kapitel 3.1.1). Somit werden in diesem Ansatz psychologische Konstrukte vor allem hinsichtlich ihrer Funktion im Gesamt-

prozess analysiert und nicht, wie sie im Laufe des Lebens herausgebildet werden (Entwicklungspsychologie), wie sie tatsächlich im Gehirn gespeichert sind (Physiologische Psychologie), wie ihre Parametrisierung in der Bevölkerung verteilt ist (Differentielle Psychologie) oder wie sie mit anderen Konstrukten statistisch zusammenhängen (Persönlichkeitspsychologie).

Weiterhin interessieren die allgemeinspsychologische Teildisziplin der Sozialpsychologie, die sich mit psychologischen Aspekten von Gruppen beschäftigt, und der Anwendungsbereich der Arbeits- und Organisationspsychologie, der sich mit den psychologischen Aspekten der gesellschaftlich organisierten Arbeit beschäftigt; beide stellen somit eine Quelle hinsichtlich der Interaktions-, Kommunikations- und Gesellschaftsstrukturen einer Menschengruppe und damit des zu entwickelnden Multiagentensystems dar. Die Differentielle Psychologie und Persönlichkeitspsychologie können herangezogen werden, wenn es um die Individualisierung des Modells geht, d.h. wenn eine Population von Individuen (Agenten) durch eine entsprechende Variation der Parameter eines allgemeinen Modells erzeugt wird. Weiterhin sind gegebenenfalls Erkenntnisse aus dem Anwendungsbereich Verhaltensmodifikation relevant, geht es doch bei der Modellanwendung um die Reaktion von Menschen auf Systemeingriffe, d.h. um die Wirksamkeit von Maßnahmen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch darauf, zunächst einmal ein Modell für das individuelle Agieren eines einzelnen Agenten zu entwickeln, welches dann das Fundament für die Integration sozialpsychologischer Theorien ist. Dementsprechend bleiben auch die Persönlichkeitspsychologie, die Differentielle Psychologie und der Anwendungsbereich Verhaltensmodifikation zunächst außen vor.

Mithin wird in diesem Teil auf allgemeinspsychologische Theorien und Modelle eingegangen. Dabei orientiert sich die Gliederung an Rohrachers Einteilung des psychischen Geschehens in antreibende und richtungsgebende Kräfte wie Motivation und Emotion und diesen Kräften dienende Funktionen wie Wahrnehmung, Denken und Lernen (Rohracher, 1988):

Zunächst wird auf die Motivations- und Emotionspsychologie als antreibende Kräfte eingegangen (Kap. 9.).

Anschließend werden mit der Handlungspsychologie Rahmenkonzepte vorgestellt, die die antreibenden und richtungsgebenden Kräfte und die diesen Kräften dienenden Funktionen integrieren (Kap. 10.).

Die Funktion der Wahrnehmung wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt, da davon ausgegangen wird, dass diese Funktion nicht detailliert zu modellieren ist. Denn es werden virtuelle Agenten in einer virtuellen Welt simuliert, d.h. die Wahrnehmung kann übergangen werden, indem dem Agenten einfach ‚mitgeteilt‘ wird, was in der Welt der Fall ist (gegebenenfalls noch verzerrt durch entsprechende Wahrnehmungsfehler).

Behandelt werden im Folgenden jedoch die Lern- und Gedächtnispsychologie (Kap. 11.); deren Konzepte beschreiben, wie Wissen über die Umwelt erworben wird und wie sich dieses Wissen auf das Verhalten auswirkt, und

die Denk- und Problemlösepsychologie (Kap. 12.), die sich dazu äußert, wie auf Basis des vorhandenen Wissens neuartige zielführende Verhaltensweisen ermittelt werden.

Da davon auszugehen ist, dass bei der Anwendung des Modells dem Entscheiden sowohl im Rahmen der Motivations-, Handlungs- als auch Denkpsychologie eine besondere Bedeutung zukommt, ist auch der Entscheidungspsychologie ein eigenes Kapitel gewidmet (Kap. 13.).

In diesem theoretisch orientierten Teil ist jedoch nicht nur auf die allgemeinpsychologischen Grundlagen einzugehen, sondern es ist ebenfalls auf die Frage einzugehen, inwiefern die behandelten Teilbereiche der Psychologie spezifische Theorien, Modelle, Befunde etc. zum Anwendungsbereich Mobilitätsverhalten vorzuweisen haben (Kap. 14.).

Die Vorstellung psychologischen Theorienguts abschließend, wird die Dörnersche PSI-Theorie vorgestellt, die den Anspruch erhebt, den gesamten psychischen Apparat abzubilden, und die sich nicht nur auf Teilbereiche bezieht (Kap. 15.). Sie ist die einzige vorliegende integrative Theorie, die konsequent einen systemtheoretisch geprägten Zugang zur Psychologie verfolgt und dabei eine *funktional-(re)konstruktive* Theoriebildung betreibt.

Anschließend erfolgt eine zusammenfassende Beurteilung des referierten psychologischen Theorienguts im Hinblick auf die Fragestellung der Geeignetheit bezüglich der Zielsetzung dieser Arbeit; auf dieser Basis wird die Verwendung der PSI-Theorie begründet (Kap. 16.).

Den Theorieteil abschließend, wird die notwendige theoretische Differenzierung der PSI-Theorie im Hinblick auf den modernen Menschen im Alltag und/oder an einem heutigen Arbeitsplatz begründet und beschrieben (Kap. 17.); dies ist ein theoretisches Ergebnis dieser Arbeit.

9. Motivations- und Emotionspsychologie

„Die ursprünglich vorhandenen Unterschiede zwischen den Begriffen (und Phänomenen) >>Motivation<< und >>Emotion<< verschwimmen und verschwinden zusehends“ (Ulich & Mayring, 2003, S.56). Zugespitzt ist sogar von „krampfhafter Abgrenzung“ die Rede (Rost, 2001, S.4). Schlägt man Gesamtlehrbücher der Psychologie auf (Carlson et al., 2000; Eysenck, 2000; Gray, 2002; Zimbardo & Gerrig, 2004), so werden im Regelfall Motivation und Emotion gemeinsam behandelt. Dies hat seine guten Gründe, sind doch beide, wie dieses Kapitel zeigen wird, eng miteinander verbunden.

9.1. Einleitung und Begriffsbestimmung

Phänomenologisch betrachtet, ist allen Motivationsphänomenen „die Komponente einer *aktivierenden Ausrichtung des momentanen Lebensvollzuges auf einen positiv bewerteten Zielzustand*“ gemeinsam (Rheinberg, 2002, S.17). Nach DeCharms ist daher Motivation „so etwas, wie eine milde Form der Besessenheit“ (DeCharms, 1979, S.55 nach Rheinberg, 2002, S.16).

Theoretisch gefasst, teilt Rohracher (Rohracher, 1988) das psychische Geschehen in Kräfte, die das Geschehen antreiben, und Funktionen, die diesen Kräften dienen. Motivationspsychologie ist in diesem Sinne der Teilbereich der Psychologie, der sich mit diesen antreibenden Kräften und deren Ausrichtung auf Ziele beschäftigt. Hierbei wird vom Verhalten auf die antreibenden Kräfte geschlossen, denn diese Kräfte sind selbst nicht direkt beobachtbar; sichtbar sind nur die (1) *Ziele*, auf deren Erreichung diese Kräfte hinarbeiten, das sogenannte (2) *Appetenzverhalten*, das beim Aufsuchen des Ziels gezeigt wird, und die (3) *konsummatorische Endhandlung* (sensu Dörner, 1999, S.46), die bei Erreichen des Ziels durchgeführt wird: Wenn wir sehen, dass jemand einen Apfelbaum aufsucht und sich einen Apfel pflückt (Appetenzverhalten) und den Apfel (das Ziel) isst (konsummatorische Endhandlung), so schließen wir, dass der- oder diejenige wohl Hunger (antreibende Kraft) hatte. Die Intensität, mit der derartige Verhaltensweisen gezeigt werden, und die Ziele, auf die das Verhalten gerichtet ist, unterscheiden sich sowohl von Mensch zu Mensch (interpersonell) als auch beim gleichen Menschen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in unterschiedlichen Situationen (intrapersonell). Zusammenfassend „befaßt sich *Motivationspsychologie* damit, Richtung, Ausdauer und Intensität von Verhalten zu erklären. Dabei ist der motivationspsychologische Zugang dadurch charakterisiert, daß angestrebte Zielzustände und das, was sie attraktiv macht, die erklärenden Größen sind“ (Rheinberg, 2002, S.15).

Dieser Charakterisierung von Motivationspsychologie entsprechend, wird das theoretische Konstrukt (Schneider & Schmalt, 2000, S.23, S.29) des *Motivs* definiert als eine Instanz, die ein Verhalten in Gang setzt, auf ein Ziel ausrichtet und aufrechterhalten kann (Madsen, 1974 nach Dörner, 1999). Ein aktiviertes Motiv, eine *Motivation*, löst gegebenenfalls motiviertes Verhalten aus. Sie hat immer eine *Intensitäts-* und eine *Richtungskomponente* (Schultheiss & Brunstein, 1997; S.297; Rheinberg, 2002, S.20):

Die treibende Kraft eines Motivs ist ein angeborenes oder erlerntes *Bedürfnis*, das auf Befriedigung drängt. Ein bestehendes Bedürfnis teilt sich dem Organismus durch ein Unlustgefühl mit; eine Bedürfnisbefriedigung lässt das Unlustgefühl verschwinden und bewirkt ein Lustgefühl. Somit liegt das letztendliche Verhaltensziel im Erleben dieser belohnenden Emotion. Je größer das Bedürfnis ist, desto größer ist das Unlustgefühl und desto größer ist das mit der Bedürfnisbefriedigung einhergehende Lustgefühl und damit die Intensität der Motivation.

Die Richtung einer Motivation wird durch die Ziele vorgegeben, d.h. durch die Objekte oder die Situationen, an oder in denen die befriedigende konsummatorische Endhandlung möglich ist. In der Motivationspsychologie unterscheidet man die Verhaltensziele in *positive, appetitive* Ziele, die angestrebt werden (bspw. etwas Essbares oder das gute Bestehen einer Prüfung), und *negative, aversive* Ziele, die vermieden werden (bspw. giftige Pflanzen oder eine Verletzung) (Schneider & Schmalt, 2000, S.22). Jedes appetitive Ziel (eine bestimmtes Lustgefühl erleben wie bspw. erfolgreich in der Prüfung sein) lässt sich auch immer als aversives Ziel formulieren (ein Unlustgefühl vermeiden wie bspw. schlecht abschneiden); letztere sind jedoch im Regelfall unspezifischer und von daher schwieriger anzustreben.

Ziele werden weitestgehend erlernt und sind mit dem Bedürfnis assoziiert. Somit kann man ein Motiv definieren als ein Bedürfnis plus assoziierte Zielvorstellungen (Dörner, 1999). Je höher die subjektive Qualität eines Ziels eingeschätzt wird und je größer das Bedürfnis ist, umso höher ist der subjektive Wert eines Ziels, d.h. umso größer ist der *Anreiz*, den ein Ziel ausübt. Dementsprechend kann man mit Schultheiss und Brunstein (Schultheiss & Brunstein, 1997) von einer *push-* und *pull-*Motivation oder mit Lorenz (Lorenz, 1937, S.295 nach Rheinberg, 2002) von einer „*doppelten Motivierung des Appetenzverhaltens*“ sprechen, wobei der Organismus „*getrieben* und *gelockt*“ wird.

Neben der Attraktivität des Zieles beeinflussen aber auch die in der Situation subjektiv wahrgenommenen Realisierungschancen tierisches und menschliches Verhalten (Schneider & Schmalt, 2000, S.24). Offensichtlich sind bereits sehr einfache Lebewesen in der Lage, Zusammenhänge zwischen Ereignissen bzw. zwischen ihrem Verhalten und dessen Konsequenzen herzustellen und in ihrem Verhalten zu berücksichtigen (Dehaene, 1997 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.24). Sie bauen eine irgendwie geartete Repräsentation von den Kausalzusammenhängen auf, die sie in ihrer Umwelt wahrgenommenen haben. Ohne eine derartige Fähigkeit wären Lernvorgänge gar nicht vorstellbar (vgl. Bolles, 1972 und Rescorla, 1988 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.86), denn ohne diese Fähigkeit würde das Eintreten erwünschter oder unerwünschter Ereignisse nicht mit eigenen Handlungen in Verbindung gebracht (erlernt) werden und diese Verbindung in Zukunft nicht erinnert werden können. Aufgrund dieser Fähigkeit sind Lebewesen in der Lage, die Entwicklung von Ereignissen und die Konsequenzen ihres eigenen Verhaltens vorwegzunehmen, d.h. eine *Erwartung* in Form einer Erfolgswahrscheinlichkeit bezüglich eigener Handlungsoptionen aufzubauen. Dies soll jedoch keinesfalls unterstellen, dass diese Erwartung *bewusst* repräsentiert sein *muss* (Schneider & Schmalt, 2000, S.24+86), obwohl sie sich beim *Menschen* im bewussten Erleben zeigen *kann* (Schneider & Schmalt, 2000, S.14).

Im Gegensatz zu Reflexen, die unabhängig vom organismischen Zustand durch den sogenannten unbedingten Reiz ausgelöst werden, müssen zwei Dinge zusammenkommen, damit ein Motiv verhaltenswirksam wird:

Zum einen muss sich das Individuum in einem motivierten Zustand befinden, d.h. das latente Motiv muss aktiviert sein und die Ausführung der konsummatorischen Endhandlung somit einen Wert haben. (Man isst nur dann, wenn man Hunger hat, oder erforscht nur dann einen neuen Gegenstand, wenn man neugierig ist.) Dieses Bedürfnis kann aus innerorganismischen Vorgängen entstehen (bspw. Hunger) oder durch situative Gegebenheiten, d.h. durch die Wahrnehmung von Zielen, angeregt werden (bspw. Neugier). Motiv und Situation wechselwirken jedoch im Regelfall miteinander und beide spielen je nach Motiv eine mehr oder minder große Rolle: Selbst ein fast ausschließlich innerorganismisch gesteuertes Motiv wie der Durst kann durch den Anblick eines erfrischenden Getränks angeregt bzw. verstärkt werden (Rheinberg, 2002, S.19/20). Und selbst ein im Regelfall durch neue Objekte situativ angeregtes Motiv wie die Neugier wird in reizarmen Umgebungen von sich aus aktiv und führt zum Aufsuchen interessanterer Umgebungen, d.h. zum Suchen nach Zielen, die eine Bedürfnisbefriedigung in Aussicht stellen (Berlyne, 1974 nach Dörner, 1999).

Dies bringt uns zur zweiten Bedingung für die Verhaltenswirksamkeit eines Motivs, die sich ebenfalls aus der Wechselwirkung von Motiv und Situation, d.h. aus der subjektiven Einschätzung der objektiven Gegebenheiten ergibt. Das Motiv muss nicht nur aktiviert sein, sondern das Individuum muss die Situation auch dahingehend wahrnehmen, dass die konsummatorische Endhandlung durchführbar ist bzw. die Erreichung einer entsprechenden Situation subjektiv möglich erscheint. Eine mögliche Bedürfnisbefriedigung muss also als Konsequenz des eigenen Verhaltens erwartet werden. (Man führt nur dann Essenshandlungen durch, wenn man etwas Essbares vor sich hat, bzw. man macht sich nur dann auf den Weg zu einem Apfelbaum, wenn man davon ausgeht, dass man ihn besteigen kann und er Früchte trägt.)

Dieses Zusammenspiel von persönlichem Motiv und situationsbedingtem Anreiz, von Wünschbarkeit und Machbarkeit, von Attraktivität und Wahrscheinlichkeit, von Wert und Erwartung wird in Erwartungs-Wert-Modellen ausgedrückt. Diese besagen, dass sich die Verhaltenswirksamkeit einer Motivation weder allein aus der Attraktivität eines Zieles noch aus der Realisierbarkeit der Zielerreichung ergibt, sondern aus beiden gemeinsam. Diese Beschreibung erfolgt auf der abstrahierenden Ebene einer psychologischen Theorie, mithilfe derer motivationale Prozesse so erfolgreich beschrieben werden können, dass angenommen wird, „daß die Modellierbarkeit von Motivationsvorgängen durch Erwartungs- und Wertvariablen eine Universalie darstellt“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.14). Offensichtlich gibt es auf der physiologischen Ebene funktionale Äquivalente, die dieses Modell realisieren (Schneider & Schmalt, 2000, S.14). Es liegt „die

Vermutung auf der Hand, daß die Evolution bei der Herausbildung dieser Mechanismen ... einer Strategie der Kostenminderung und der Kostenmaximierung gefolgt ist“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.26). Diese Modellvorstellung besagt jedoch nicht, dass diese beiden theoretischen Komponenten bzw. funktionale Äquivalente bewusst repräsentiert sein müssen oder bewusst verknüpft werden müssen.

Zudem wird davon ausgegangen, dass beide Komponenten kognitiven Einflüssen unterliegen (Schneider & Schmalt, 2000, S.24+26), denn sowohl Wert als auch Erwartung werden durch kognitive (informationsverarbeitende) Prozesse aus den objektiven Gegebenheiten gebildet. Da die Bildung der Erwartung wiederum motivationalen Variablen unterliegt, „läßt die Genauigkeit, mit der objektive Wahrscheinlichkeiten in subjektive Wahrscheinlichkeiten überführt werden, oftmals sehr zu wünschen übrig“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.24 mit Bezug auf Shafir & Tversky, 1995 und Tversky & Kahnman, 1973).

Dies bringt uns, neben persönlichem Motiv und situationsbedingtem Anreiz, zur dritten Komponente des motivationalen Geschehens, der Kognition. Denn durch die Motivanregung werden „andere Funktionen – wie Wahrnehmung, Kognition und Gedächtnis – zur Erleichterung der Zielerreichung selektiv auf solche Sachverhalte eingestellt, die zu der momentanen Motivation >>passen<< (Motivkongruenz)“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.35). So werden bspw. im Gedächtnis passende Ziele aktiviert und die Wahrnehmung auf das Entdecken dieser Ziele ausgerichtet. Kognitionen spielen – insbesondere beim Menschen mit seinen ausgeprägten kognitiven Fähigkeiten – eine Rolle bei der Erwartungsbildung, in der Aufmerksamkeitsausrichtung und in der Handlungsregulation.

Zwei exklusiv menschliche Fähigkeiten sind darüber hinaus besonders herauszuheben:

Zum einen sind Menschen in der Lage, sich selbst Ziele zu setzen, und zwar auch solche, die nicht unmittelbar wirksam sind, d.h. die räumlich oder zeitlich sehr weit entfernt sind oder die sehr abstrakte Ober- bzw. Lebensziele darstellen. Zur Erreichung dieser Ziele können sie mehr oder weniger langfristige Pläne erstellen, d.h. eine mehr oder weniger große Anzahl an gegebenenfalls *hierarchisch organisierten Zwischenzielen* anstreben.

Zum anderen sind Menschen in der Lage, aufgrund dieser entfernten Ziele zu handeln: Sie strengen sich an, überwinden Widerstände und nehmen Unannehmlichkeiten in Kauf, d.h. sie handeln entgegen oder trotz unmittelbar angeregter Motive. (Bspw. sind Menschen in der Lage zum Belohnungsaufschub, d.h. sie können auf eine unmittelbare, kleine Belohnung zu Gunsten einer späteren, größeren Belohnung verzichten. Oder sie können die momentane Unannehmlichkeit eines Zahnarztbesuches zu Gunsten des Oberziels ‚gesunde und schöne Zähne‘ auf sich nehmen.) Letzteres wird als

Willens- oder *Volitions-handlung* oder auch als Handlungskontrolle bezeichnet. Hierbei werden durch die Handlungsregulation, die im Kern nicht mehr der Motivationspsychologie zuzurechnen ist (vgl. Kap. 10.1.), auch motivationale Prozesse angestoßen, bspw. indem handlungsfördernde Motivations- und Emotionslagen simuliert und störende unterdrückt werden. (Schneider & Schmalt, 2000, S.32/33)

Zusammenfassend zeigt die Abb. 10 die drei wechselwirkenden Komponenten des motivationalen Geschehens: (1) das personenseitige Motiv (Bedürfnis plus assoziierte Zielvorstellungen), (2) den situationsbedingten Anreiz (wahrgenommene Möglichkeit der Bedürfnisbefriedigung) und (3) Kognitionen (informationsverarbeitende Prozesse). Je nach Motivationstheorie und Motiv wird die eine oder andere Komponente oder Wechselwirkung stärker betont.

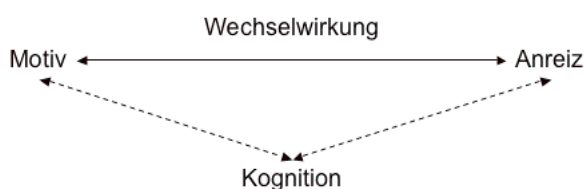


Abb. 10: Die drei Komponenten des motivationalen Geschehens

Quelle: nach Edelmann, 2000, S.256

9.2. Überblick

Historisch betrachtet, liegen die Wurzeln der Motivationspsychologie in der *Ethologie* (vergleichende Verhaltensforschung auf evolutionstheoretischer Grundlage) und dem in diesem Zusammenhang entwickelten Instinktkonzept. Durch Darwins Schrift >>Über die Entstehung der Arten<< im Jahre 1859 hielt das Instinktkonzept in die Biologie und die Psychologie Einzug. Das Evolutionskonzept – die Entstehung der Arten durch Mutation und Selektion – erlaubte eine vergleichende Psychologie und legte nahe, dass, aufgrund der gemeinsamen Stammesgeschichte von Tier und Mensch, die Verhaltenssysteme eine gemeinsame Basis haben müssen. Man nimmt daher an, dass es auch beim Menschen genetisch fundierte ‚instinktive‘ Verhaltensdispositionen gibt (Schneider & Schmalt, 2000, S.57/8). Weiterhin ist in diesem Zusammenhang das Triebkonzept zu nennen, welches die ‚energetisierende‘ Kraft für das Verhalten konzipiert. (An)trieb ist hier synonym zu Bedürfnis zu verstehen.

In der Folge beschäftigte man sich im Wesentlichen mit der Suche nach den gemeinsamen Antriebskräften von Tier und Mensch und der Systematisierung derselbigen. Hier wurden eher basale, einfach organisierte Motive untersucht, bei denen sich die angestrebten Ziele noch relativ einfach einem Motiv und somit einem Zweck zuordnen lassen. Dementsprechend wurde die push-

Komponente von Motiven betont. Insbesondere der Behaviorismus (1930-1960) schloss als eine nach Objektivität strebende Verhaltenswissenschaft bestimmte Phänomenbereiche aus, insbesondere die erlebnismäßige Repräsentation kognitiver und emotionaler Prozesse und Sachverhalte (Schneider & Schmalt, 2000, S.77). Er sah das Verhalten an als vollends durch die objektiv gegebene Situation determiniert und verschrieb sich ganz einem Triebkonzept, welches messbare physiologische Mangelzustände als einzige objektiv feststellbare innerorganismische Komponente der determinierenden Situation anerkannte. Der Behaviorismus konzentrierte sich daher im Wesentlichen auf lernpsychologische Experimente an Tieren.

Der bevorzugte Untersuchungsgegenstand der Motivationspsychologie sind jedoch höher und komplexer organisierte menschliche Handlungsweisen, deren Handlungen und richtungsgebende Teilprozesse relativ flexibel und situationsangemessen reguliert sind (Rheinberg, 2002, S.22). Daher lassen sich auch die dahinter liegende Motive deutlich schwerer anhand der gezeigten Verhaltensziele abgrenzen und identifizieren. In den 50er Jahren begründeten McClelland und Atkinson mit ihrer Leistungsmotivationsforschung die ‚klassische‘ am Menschen orientierte Motivationspsychologie, die in erster Linie Leistungsmotivationsforschung (Streben nach Vergleich mit einem Gütemaßstab) und in zweiter Linie Machtmotivationsforschung (Streben nach Einfluss auf andere Menschen) ist. Motive werden hier als erlernte Bewertungsdisposition konzipiert und Ziele anhand der belohnenden Emotion in Klassen zusammengefasst und einem Motiv zugeordnet.

Im Zuge der kognitiven Wende wurden dann kognitive Einflüsse und handlungsregulatorische Prozesse berücksichtigt. Weiterhin wurden in der Folge tätigkeitszentrierte Anreize thematisiert (Kap. 9.4.).

In neueren Zieltheorien (Kap. 9.5.) wird insbesondere die Fähigkeit des Menschen, Ziele zu setzen, herausgehoben und diese als Möglichkeit interpretiert, „soziale Aufgaben flexibel an die eigenen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen und in den individuellen Lebensentwurf einzufügen“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.309 mit Bezug auf Cantor, 1990).

Bevor jedoch im Folgenden auf Tätigkeitszentrierte Anreize (Kap. 9.4.) und Zieltheorien (Kap. 9.5.) näher eingegangen wird, geht es zunächst noch kurz um den evolutionsbiologischen Zweck von Motiven und es werden vier Kategorien von Bedürfnissen (existentielle, sexuelle, soziale und informationelle) eingeführt (Kap. 9.3.).

9.3. Der evolutionsbiologische Zweck von Bedürfnissen

Auf einer sehr allgemeinen Ebene formuliert sind Verhaltensziele die „Wiederherstellung und Bewahrung innerer Zustände“ und die „Herstellung, Erringung oder Erhaltung äußerer Sachverhalte“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.11). Letzteres hat dabei *instrumentellen* Charakter für Ersteres, d.h. die

Herstellung, Erringung oder Erhaltung äußerer Sachverhalte geschehen nicht um ihrer selbst willen, sondern dienen letztendlich dem ersten Ziel, der Wiederherstellung und Bewahrung innerer Zustände. (Bspw. dient das Anlegen eines Nahrungsvorrats im Herbst dem Überleben im folgenden Winter.)

Auf dieser allgemeinen Ebene ist offensichtlich, dass die Evolution Verhaltenssysteme etabliert haben muss, welche die individuellen Lebewesen am Leben erhalten und welche die Weitergabe ihrer Erbinformation an ihre Nachkommen sicherstellen:

Unmittelbar überlebenswirksam für das Individuum sind zunächst einmal die Stillung und Vermeidung objektiv feststellbarer, organismischer Defizite. Hierbei kann es sich zum einen um innerorganismisch bedingte Defizite handeln, die üblicherweise regelmäßig auftreten (Nahrungs- oder Flüssigkeitsmangel). Zum anderen können physiologische Defizite aber auch durch äußere Gegebenheiten (aversive Ziele) erzeugt werden; dies betrifft insbesondere Beeinträchtigungen der körperlichen Intaktheit (Verletzungen, Krankheiten). Diese organismischen Defizite aktivieren einen Trieb, der sich als *existentielles* Bedürfnis bemerkbar macht (Hunger, Durst, Schmerz) und auf diesem Wege Verhaltensweisen auslöst, die auf ein appetitives Ziel gerichtet sind. Diese Verhaltensweisen enden, wenn das Defizit durch eine Endhandlung am Ziel (Essen, Trinken, Schonen) beseitigt wird, der Trieb damit reduziert ist (*Triebreduktionshypothese*) und das Bedürfnis befriedigt ist (satt, undurstig, schmerzfrei).

In ähnlicher Art und Weise wie die existentiellen Bedürfnisse ist ein *sexuelles* Bedürfnis unmittelbar überlebenswirksam für das Überleben der Art und wurde daher auch vom Behaviorismus anerkannt. Es wurde auch mit der Triebreduktionshypothese erklärt, obwohl es sich um ein nicht-regulatives Bedürfnis handelt, da kein zu regulierender physiologischer Soll-Zustand zugrunde liegt. Die Entstehung dieses Triebs oder Bedürfnisses muss also andere Auslöser haben als einen körperlichen Mangelzustand.

In den 60er Jahren brach der Behaviorismus aufgrund neuer Beobachtungen und experimenteller Ergebnisse zusammen und die kognitive Wende setzte ein. So wurde u.a. nachgewiesen, dass Lebewesen auch zielstrebige Verhaltensweisen an den Tag legen, die nicht unmittelbar der Befriedigung eines existentiellen oder sexuellen Bedürfnisses dienen. Zu nennen sind hier bspw. das Explorationsverhalten (Berlyne ab 1958 nach Schneider & Schmalt, 2000, Kap.6) oder das Streben nach Nähe und Kontakt zu Artgenossen (Harlow, 1958 und Harlow, 1962 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.76). Es musste also anerkannt werden, dass auch Informationen über die Umwelt, die Pflege von Nachkommen und – bei vielen sozialen Tieren – die Einbindung in den sozialen Verband überlebenswirksam sind und zur Aufrechterhaltung der Art beitragen (Schneider & Schmalt, 2000, S.59, S.73, S.76).

Die Annahme *sozialer* Bedürfnisse wird auch evolutions- und soziobiologisch gestützt, denn der Mensch hat eine lange stammesgeschichtliche Entwicklung als ein soziales Lebewesen hinter sich: „Der Ursprung des Menschen und der menschlichen Gesellschaft ist sicherlich in hoch entwickelten Sozialgemeinschaften der tierischen Vorfahren der Menschen zu suchen.“ (Danzer, 1979 nach Rost, 2001, S.15) Auf dieser Basis lässt sich eine koevolutionäre Perspektive einnehmen (Schneider & Schmalt, 2000, S.16+S.69), die davon ausgeht, dass eine genetische Anpassung des Menschen nicht nur an seine dingliche, sondern auch an seine soziale Umwelt (ein Leben in Kleingruppen) stattgefunden hat. Anscheinend wurde also das Zusammenleben in einer sozialen Gruppe erfolgreich ‚getestet‘. In der Folge wurden soziale Lebewesen wie der Mensch an das Leben in der Gruppe angepasst, indem Verhaltenssysteme auch im Hinblick auf das erfolgreiche Funktionieren der Gruppe evolutionär angepasst wurden.

Außerdem wurde bereits angesprochen, dass Berlyne durch seine Arbeiten zudem auf ein *informationelles* (sensu Dörner, 1999) Bedürfnis hinwies, das insbesondere dann zum Zuge kommt, wenn existentielle Bedürfnisse gestillt sind (Schneider & Schmalt, 2000, S.71). Nach Berlyne wird zwischen spezifischer und diversiver Exploration unterschieden (Berlyne, 1974 nach Dörner, 1999). Die diversive Exploration wird veranlasst durch reizarme, monotone Umgebungen und führt zum Aufsuchen von neuartigen Umgebungen. Die spezifische Exploration wird ausgelöst durch Objekte, die in irgendeiner Art und Weise neuartig sind, und ist auf diese gerichtet. Auch ein solches Informationsstreben macht aus einer evolutionsbiologischen Sichtweise Sinn, denn es ist offensichtlich ein Überlebensvorteil, seine Umwelt kennenzulernen (Schneider & Schmalt, 2000, S.184/5). Insbesondere da ein zu ‚forsches‘ Neugierverhalten dadurch gehemmt wird, dass neue Objekte nicht nur Neugier, sondern auch Furcht und Vermeidungsverhalten auslösen.

9.4. Tätigkeitszentrierte Anreize

In der bisherigen Argumentation war eigentlich immer die Rede von *instrumentellen* Handlungen, also Handlungen als Mittel zum Zweck der Zielerreichung. Das Ziel sind hierbei die Erlangung eines bestimmten Objektes oder die Erreichung oder Herstellung einer bestimmten Situation, in der die konsummatorische Endhandlung möglich ist. Als Folge der konsummatorischen Endhandlung stellte sich dann die Bedürfnisbefriedigung ein. Das Ziel des Verhaltens ist also der *Abschluss* der konsummatorischen Endhandlung, sei es nun Essen (existentielles Bedürfnis) oder das Feststellen des Tatbestandes, nun Bescheid zu wissen (informationelles Bedürfnis) oder gut eingebunden zu sein (soziales Bedürfnis).

Es gibt aber auch Verhaltensweisen, bei denen die *Durchführung* und nicht der Abschluss der Handlung das Ziel ist und die Handlung selbst bedürfnisbefriedigend ist und nicht ihre Konsequenzen (wie das Essen im Bauch).

Alltagssprachlich drückt sich dies in dem Slogan ‚der Weg ist das Ziel‘ aus. Dies ist bspw. beim Wandern der Fall. Hier wird das Ziel nur gesetzt, um die Handlung durchführen zu können (da Verhalten durch Ziele organisiert ist), und nicht die Handlung durchgeführt, um das Ziel zu erreichen. Ein sehr fundamentales Beispiel ist auch das Schlafen. Denn auch beim Schlafen geht es ja darum, dies eine bestimmte Zeit lang zu tun, während es beim Essen, zumindest was das primäre Ziel Hungerstillung betrifft, nur darum geht, sich das Essen einverleibt zu haben (= mit dem Essen fertig zu werden).

In der Motivationspsychologie spricht man in diesem Zusammenhang von *tätigkeitszentrierten* im Gegensatz zu (den bislang behandelten) *zweckzentrierten* Anreizen (Rheinberg, 2002, S.144/5). Außerdem wird zwar der Begriff intrinsische Motivation teilweise recht unterschiedlich verwendet (Rheinberg, 2002, Kap. 6.7), „Allerdings setzt sich in jüngster Zeit zunehmend die Tendenz durch, den Begriff *intrinsische Motivation* einheitlich für solche Motivationsformen anzuwenden, die allein um der Tätigkeit und nicht der Ergebnisse willen durchgeführt werden“ (Rheinberg, 2002, S.155 mit Bezug auf Schieferle, 2001 und Schieferle & Köller, 2001).

Zusammenfassend sei also darauf aufmerksam gemacht, dass nicht nur in der Zielerreichung selbst und dem Abschluss der dort möglichen konsummatorischen Endhandlung ein Anreiz liegt, sondern dass auch das Durchführen von Handlungen einen Anreiz haben kann, sodass auch der Weg zum Ziel befriedigend sein kann. Zudem kann natürlich auch das Durchführen von Handlungen genau wie bei Zielen nicht nur appetitiv, sondern auch aversiv sein.

9.5. Zieltheorien

Es gibt eine relativ neue Sichtweise von Motivation, die davon ausgeht, dass Menschen über zwei weitestgehend unabhängige Motivationssysteme verfügen, nämlich ein Motivsystem und ein Zielsystem (Cantor & Blanton, 1996 und McClelland et al., 1989 nach Schultheiss & Brunstein, 1997):

Motiviertes Verhalten, so wie es bislang beschrieben wurde, findet – von der Vergangenheit geprägt – im Hier und Jetzt statt: Die Motive (Bedürfnisse plus assoziierte Zielvorstellungen) werden dann verhaltenswirksam, wenn sie situativ angeregt werden, d.h. wenn im Hier und Jetzt aufgrund von vergangenen Erfahrungen eine Möglichkeit zur Bedürfnisbefriedigung und damit das Erleben einer belohnenden Emotion antizipiert wird.

In diesem Sinne sind wir Menschen – und die uns artverwandten Säuger, bei denen sich dieses Motivsystem in ähnlicher Weise findet (Rheinberg, 2002, S.195) – zugespitzt formuliert ein „Spielball des Gestern“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.298).

Von Anfang an existierte in der Motivationsforschung aber „auch die Auffassung, daß im Menschen noch ein anderes Motivationsprinzip wirksam sei, eines, das der langfristigen Steuerung von Verhalten, notfalls auch gegen aktuelle wirkende Lust- und Unlustgefühle diene“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.307), denn erwachsene Menschen können ihr Verhalten auf weit in der Zukunft liegende Zustände und Ereignisse ausrichten (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.309) und Willenshandlungen ausüben. Sie sind somit im Gegensatz zu Tieren und Kleinkindern auch ein „aktiver Konstrukteur des Morgen“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.298).

Diese beiden Auffassungen werden in der Konzeption von McClelland (McClelland, 1987, McClelland, 1995 und McClelland et al., 1989 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.64) in Form von zwei getrennt arbeitenden Motivationssystemen einander gegenübergestellt: Das eine basiert auf impliziten, nicht bewussten biologischen Motiven und durch Lernen modifizierten angeborenen Auslösemechanismen; das andere basiert auf expliziten, bewussten Selbstkonzepten und sozialen Appellen als Auslösern (Schneider & Schmalt, 2000, S.64).

Diese Auffassung wird zum einen durch ein entwicklungsgeschichtliches Argument und zum anderen durch das Schließen einer Erklärungslücke gestützt:

„Stammesgeschichtlich hängt die Fähigkeit, langfristig zielgerichtet zu handeln, mit der Entwicklung des Großhirns zusammen (Damasio 1994; Killackey 1995; Luria 1966; Tooby & Cosmides 1995). Dieser evolutionär jüngste Teil des Gehirns ist im Laufe der Menschheitsentwicklung innerhalb kurzer Zeit zu enormer Größe angewachsen. Speziell dem Stirnhirn, dem vorderen Teil des Großhirns, werden wichtige Funktionen bei der Planung und Koordination zielgerichteten Verhaltens zugesprochen. Ein Resultat des rasanten Hirnwachstums stellt die Sprache dar, die ebenfalls in Strukturen der Großhirnrinde verankert ist“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.315 mit Bezug auf Damasio, 1994, Killackey, 1995, Luria, 1966 und Tooby & Cosmides, 1995).

Der Erwerb der Fähigkeit, langfristig zielgerichtet zu handeln, lässt sich aber nicht nur in der Phylogenese (stammesgeschichtliche Entwicklung), sondern auch in der Ontogenese (Entwicklungsgeschichte des einzelnen Menschen) verfolgen. Zwei wichtige Entwicklungsschritte sind hier der Erwerb der Sprache und der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.315/6): Durch den Spracherwerb löst sich das Kleinkind in seinem Erleben und Streben von der unmittelbar wahrgenommenen Umwelt und lernt mit zeitlich und räumlich entfernten Gegebenheiten umzugehen. Anhand des Belohnungsaufschubes, also anhand des Verzichtens auf momentane Annehmlichkeiten und/oder des Inkaufnehmens unangenehmer Dinge zu Gunsten einer zukünftigen Annehmlichkeit (Belohnung), lernt es, Widerstände zu überwinden und Willenshandlungen auszuüben. Durch diese Entwicklung

lernt das Kind, vorausschauend zu planen und langfristige Handlungsziele trotz aktueller Widerstände zu verwirklichen.

Die Erklärungslücke besteht darin, dass schon Murray davon ausging, dass Motive unbewusst seien. Daher werden diese mit einem projektiven Test, dem thematischen Assoziationstest (TAT), gemessen, der Unbewusstes zum Vorschein bringen soll. Die Ergebnisse dieses Tests stimmten aber nur selten mit Selbstauskünften überein, die in einem Fragebogen gegeben werden und somit als bewusst reflektiert gelten (King, 1995 nach Rheinberg, 2002, S.194). Hier scheint es also einen Widerspruch zwischen Unbewusstem und Bewusstem zu geben.

Diese Erklärungslücke schließt McClelland unter Verwendung des entwicklungsgeschichtlichen Arguments wie folgt:

McClelland nimmt bezüglich der bislang diskutierten Motive, die er als basale oder implizite Motive bezeichnet, eine sehr biologische Position ein: Wie bereits ausgeführt, haben sie sich in begrenzter Anzahl evolutionär herausgebildet und finden sich in ähnlicher Weise bei den uns artverwandten Säugern. Der Kern eines jeden Motivs ist eine Emotion, die durch ein spezifisches Muster von ausgeschütteten Neurohormonen bewirkt wird. Diese Motive finden sich universell bei allen Menschen, allerdings in unterschiedlichen Ausprägungen, die zum einen genetisch (quantitative Unterschiede im Hormonsystem) und zum anderen durch unterschiedliche Lernerfahrungen bedingt sind (Rheinberg, 2002, S.194-196).

McClelland geht nun davon aus, dass die Lernerfahrungen bezüglich der basalen Motive vorsprachlich in frühester Kindheit erfolgen. In diesem Alter ist schon ein emotionales Lernen, das im limbischen System verankert ist, möglich, aber höhere Gedächtnisfunktionen mit Kortexbeteiligung, die ein bewusstes und reflektiertes Lernen erlauben, sind noch nicht voll ausgereift. Daher sind diese frühen Lernerfahrungen, wie alle anderen Ereignisse aus dieser Zeit auch, nicht bewusst erinnerbar. Zudem weist das limbische System kaum Verbindungen zu jenen Hirnarealen auf, in denen Sprache verarbeitet wird. „Demnach fehlt Motiven der direkte Draht zum sprachlichen Ausdruck und somit zu einem Grundpfeiler des Bewusstseins“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.307 mit Verweis auf LeDoux, 1987). Dies ist die Erklärung, warum bei Erwachsenen nicht bewusst repräsentiert ist, welches Motiv sie besonders befriedigt (Schneider & Schmalt, 2000, S.195; Schultheiss & Brunstein, 1997, S.307; Rheinberg, 2002, Kap 8.2). „McClelland verweist hier ausdrücklich auf Parallelen zum freudschen Konzept des Es“ (Rheinberg, 2002, S.198).

In einer Reihe von Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, welche Erziehungseinflüsse in der frühen Kindheit zu starken Ausprägungen der Motive Leistung (Streben nach Vergleich mit einem Gütemaßstab), Macht (Streben nach Einfluss auf andere Menschen), Affiliation und Intimität (Streben nach sozialer Einbindung und engen Beziehungen) führen. Eine

starke Ausprägung des Leistungsmotivs wird mit Leistungsanforderungen (Reinlichkeitserziehung, regelmäßige Fütterungszeiten) und eine starke Ausprägung des Machtmotivs mit Tolerierung aggressiven und sexuellen Verhaltens in Zusammenhang gebracht (Rheinberg, 2002, S.196; Schultheiss & Brunstein, 1997, S.304). Eine starke Ausprägung des Affiliationsbedürfnisses wird mit einem Mangel an mütterlicher Zuwendung verbunden, während man beim Intimitätsbedürfnis eine sichere und liebevolle Bindung zur Mutter vermutet (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.304).

Den impliziten Motiven stellen McClelland, Koestner & Weinberger (McClelland et al., 1989 nach Rheinberg, 2002, S.193) explizite motivationale Selbstbilder gegenüber. Bei diesen handelt es sich um hoch verhaltenswirksame kognitive Schemata, wie sie von kognitiven Selbsttheorien beschrieben werden (Rheinberg, 2002, S.198). Sie werden deutlich später gebildet, da sie eine rein kognitive Grundlage haben, d.h. sie sind gänzlich lernabhängig und werden bewusst und sprachlich repräsentiert. Es wird davon ausgegangen, dass sie durch selbstbezogene Kognitionen aktiviert werden und damit auf der Basis von Selbstauskünften (bspw. Fragebogen) messbar sind; dies ist die Erklärung, warum jeder Erwachsene Auskunft über seine Ziele geben kann (Rheinberg, 2002, S.199).

Aus den genannten Gründen müssen diese bewusstseinsfähigen expliziten Ziele jedoch nicht mit den unbewussten impliziten Motiven übereinstimmen. Entsprechend geht man davon aus, dass Selbstauskünfte in stark strukturierten und sozial kontrollierten Situationen vorhersagemächtiger sind, während hingegen Motive eher Vorhersagen in offenen Alltagssituationen erlauben und das „sogar über lange Zeiträume hinweg (z.B. ein Jahrzehnt bei McClelland & Franz 1992)“ (Rheinberg, 2002, S.194 mit Bezug auf McClelland & Franz, 1992). Während Selbstbilder stärker an der rationalen Zielplanung beteiligt sind und somit die Art der Ziele determinieren, zeigen sich Motive stärker „im genußvollen Vollzug bestimmter Aktivitätsformen“ (Rheinberg, 2002, S.196), d.h. sie dürften über die Tätigkeitsanreize eher den Wege zum Ziel beeinflussen oder führen gegebenenfalls sogar zum Setzen eines Ziels um des Ausübens einer Aktivität willen.

Auch andere Zieltheorien gehen davon aus, dass dem Motivsystem ein Zielsystem gegenüber steht und dass Menschen im Zuge ihrer Entwicklung insbesondere durch den Spracherwerb fähig werden, ihr Verhalten auf weit in der Zukunft liegende Zustände und Ereignisse auszurichten, indem sie sich bewusst und reflektiert Ziele setzen. Denn „Sprache bildet ...eine wichtige Grundlage der Speicherung und des Abrufs von Zielen im Gedächtnis und ermöglicht es Menschen, ihre Ziele zu koordinieren“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.315).

„Anders jedoch als bei Motiven geht die motivierende Wirkung von Zielen nicht primär von der Aussicht auf emotionale Befriedigung aus, sondern von dem Zweck und der Bedeutung, die die erfolgreiche Realisierung von Zielen dem

Leben und Handeln eines Menschen verleihen“ (Brunstein & Guenter, 1996, Emmons, 1996 und Klinger, 1977 nach Schultheiss & Brunstein, 1997, S.308). Ziele geben also dem Leben einen Sinn (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.311), indem sie einen individuellen Lebensentwurf in einer komplex organisierten sozialen Gemeinschaft repräsentieren, in der jedes Mitglied Rechte und Pflichten hat (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.308/9).

Nicht umsonst ist die Rede von einem Zielsystem, denn eine Person hat nicht nur ein, sondern mehrere Ziele. Diese sind auf verschiedenen Abstraktionsniveaus formuliert und organisiert, d.h. es gibt eine Zielhierarchie (Carver & Scheier, 1991 nach Schultheiss & Brunstein, 1997, S.313) mit einem oder mehreren Oberzielen an der Spitze und Sequenzen oder Alternativen von Zwischenzielen auf allen möglichen Abstraktionsebenen bis hin zum ganz konkreten Handlungsplan (vgl. Kap. 10.2.).

Heckhausen (Heckhausen, 1989 nach Schultheiss & Brunstein, 1997, S.309-311) und Gollwitzer (Gollwitzer, 1991 nach Schultheiss & Brunstein, 1997, S.309-311) unterscheiden zwei Phasen bei der Bildung und Verwirklichung von Zielen, eine Phase des Wählens und eine Phase der Zielverwirklichung. Eine sorgfältige Wahl sei sehr wichtig, weil die Entscheidung für eine Zielverfolgung nicht einfach rückgängig gemacht werden könne, da dies dem Selbstwertgefühl schade (Heckhausen, 1989 und Klinger, 1977 nach Schultheiss & Brunstein, 1997, S.310).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass beim Menschen das bislang beschriebene Motivsystem zwar vorhanden und wirksam, aber nicht bewusst repräsentiert ist, da es durch frühkindliches, vorsprachliches, emotionales Lernen geprägt wird. Bewusst repräsentiert ist ein sinnstiftendes Zielsystem, das ein Mensch im Laufe seiner Sozialisation bewusst und reflektiert bildet. Das Zielsystem determiniert vorwiegend die Art der Ziele, während hingegen das Motivsystem eher auf der Ebene der tätigkeitszentrierten Anreize seinen Einfluss entwickelt und damit die Art des Wegs zum Ziel beeinflusst. Naturgemäß sind Ziele vorhersagemächtiger in stark strukturierten und sozial kontrollierten Situationen, die ein reflektiertes Vorgehen nahelegen, während hingegen Motive eher langfristige Vorhersagen in offenen Alltagssituationen erlauben.

9.6. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass in der menschlichen Stammesgeschichte genetisch verankerte Verhaltenssysteme herausgebildet und optimiert wurden,

- die, getrieben von existentiellen Bedürfnissen, das individuelle Überleben sicherstellen
(Essen, Trinken, Atmen, Regenerieren, Vermeidung von Verletzungen etc.),

- die, getrieben von sexuellen Bedürfnissen, das Überleben der Art sicherstellen (Partnersuche, Fortpflanzung etc.),
- die, getrieben von sozialen Bedürfnissen, das Zusammenleben in einer sozialen Gruppe sicherstellen (z.B. Anschlussstreben) und
- die, getrieben durch informationelle (kognitive) Bedürfnisse, die Verbesserung der eigenen Fähigkeiten sicherstellen (Erkundungsverhalten, Üben und Trainieren von Fertigkeiten etc.).

Ein Motiv wurde eingeführt als eine psychische Instanz, die ein Verhalten in Gang setzt, auf ein Ziel ausrichtet und aufrechterhalten kann. Es besteht aus einem Bedürfnis, das mit Zielvorstellungen assoziiert ist. Nur ein aktiviertes Motiv ist verhaltenswirksam; diese Aktivierung kann innerorganismisch und/oder situativ erfolgen. Ein aktiviertes Motiv hat immer eine Richtungs- und eine Intensitätskomponente; letztere ergibt sich aus dem Erwartungs-Wert-Modell.

Es wird unterschieden zwischen primären, angeborenen Bedürfnissen und im Laufe der individuellen Entwicklung erworbenen sekundären, instrumentellen Bedürfnissen. In diesem Sinne bilden diese primären und sekundären Bedürfnisse ein hierarchisch organisiertes Netzwerk, das teils angeborene, teils erlernte Bedürfnisse enthält und als Wahrnehmungs- und Bewertungsdisposition bezüglich erlernter Ziele wirkt.

Neuere Ansätze sehen das angeborene Motivsystem in seinen Ausprägungen als unbewusst an, da es durch frühkindliche, vorsprachliche, nicht erinnerungsfähige Lernerfahrungen geprägt sei. Sie stellen dem Motivsystem ein bewusst repräsentiertes Zielsystem gegenüber, das durch kognitive Prozesse gebildet wird und das ein persönlicher Lebensentwurf zur Bewältigung der sozialen Aufgaben und Anforderungen darstellt. Auch bei Zielen wird davon ausgegangen, dass sie hierarchisch organisiert sind.

10. Handlungspsychologie

Das vorhergehende Kapitel beschäftigte sich mit den motivationalen Vorgängen, die das Verhalten energetisieren und es auf Ziele ausrichten. Diese Prozesse liegen zu einem guten Teil im Vorfeld des gezeigten Verhaltens. In diesem Kapitel geht es um das gezeigte Verhalten an sich, d.h. um die Strukturen und Prozesse, die das eigentliche Handeln auslösen, anleiten und vor allem regulieren.

Handeln wird üblicherweise mit zielgerichtetem Verhalten gleichgesetzt. Damit ist eine Handlung eine einen Verhaltensstrom zergliedernde Analyseeinheit (Strohschneider & Tisdale, 1987, S.51), wobei diese Zergliederung anhand von Situationen erfolgt, die als (Zwischen)ziele des Verhaltens interpretiert werden.

Genauer gesagt, versteht man unter einer Handlung ein *zielgerichtetes, konkretes* Verhalten, das *bewusst* und *intendiert* ist und für das der Handelnde dementsprechend *verantwortlich* ist (Cranach & Tschan, 1997, S.125+149). Darunter fällt der größte Teil unseres alltäglichen Verhaltens (im Wachzustand): Die Beschreibung *konkretes* Verhalten hebt darauf ab, dass der Handelnde tatsächlich etwas tut, bspw. in Form von Bewegungen oder Sprechen; zudem wird die Beschreibung *konkretes* Verhalten hier in Abgrenzung zu dem übertragenen Begriff der mentalen Handlung benutzt. *Zielgerichtet* und *intendiert* heißt, dass durch die Handlung seitens des Handelnden eine Veränderung der Umwelt bewusst und vorsätzlich (und damit *verantwortlich*) angestrebt wird, d.h. im Regelfall werden bspw. Reflexe oder weitestgehend unbewusstes, automatisches Verhalten wie Husten oder Niesen ausgeschlossen; *zielgerichtete* Handlung wird in Abgrenzung zu den in der Literatur ebenfalls benutzten Begriffen der prozessorientierten, bedeutungsorientierten, emotional-intuitiven Handlung oder Affekthandlung verwendet (Cranach & Tschan, 1997, S.125+149).

In der Handlungspsychologie gibt es zwei recht unverbunden nebeneinander stehende Ansätze, die im Grunde genommen völlig unterschiedliche Aspekte thematisieren, da sie den Verhaltensstrom horizontal (phasische Modelle) bzw. vertikal (hierarchische Modelle) gliedern:

Im inhaltlichen Anschluss an das vorhergehende Kapitel wird zunächst auf den aus der Motivationspsychologie stammenden phasischen Ansatz (Kap. 10.1.) eingegangen, dessen Entwicklung eng mit der Volitionspsychologie verknüpft ist. Phasische (oder auch sequentielle) Modelle zerlegen die Durchführung einer Handlung in Phasen. Denn die im vorhergehenden Kapitel beschriebene Entstehung einer Motivation ist ja nur der Anfang und es stellt sich die Frage nach den Teilprozessen und dem weiteren Schicksal eines aktivierten Motivs, nämlich der Umsetzung einer Motivation in eine Handlungsabsicht (= Intention), die Umsetzung der Handlungsabsicht in eine konkrete Handlung und gegebenenfalls die ‚Lehren‘, die aus der Durchführung einer Handlung gezogen werden.

Anschließend wird auf die aus der eigentlichen Handlungspsychologie stammenden hierarchischen Ansätze eingegangen. Diese stammen aus dem Bereich der Arbeitspsychologie und gehen von der Frage aus, welche psychischen Strukturen zu Bewältigung einer Aufgabe notwendig sind: Der Bezug auf eine Aufgabe beinhaltet die Annahme, dass dem Handelnden im Regelfall Ziele und Wege zu diesen Zielen in Form von übertragenen Aufgaben und festgelegten Arbeitsabläufen vorgegeben sind. Dementsprechend liegt der Fokus hier im Wesentlichen auf der Regulation von Handlungen, d.h. auf der kognitiven Repräsentation von Handlungen und der Umsetzung in konkretes Handeln. In diesem Rahmen werden verschiedene Lernmechanismen und auftretende Fehlerkategorien bei der Handlungsdurchführung thematisiert. Aber auch die Frage der Erstellung von Handlungsplänen wird angesprochen.

Zudem werden Schlussfolgerungen auf eine geeignete Organisation von Arbeit gezogen.

Eine Integration der phasischen und der hierarchischen Ansätze findet in der PSI-Theorie Dörners statt, auf die an dieser Stelle verwiesen sei (Kap. 15.).

10.1. Phasischer Ansatz und Volitionspsychologie

10.1.1. Übersicht und Einführung

Die Entwicklung des phasischen Ansatzes in der Motivationspsychologie ist eng mit der Entwicklung der sogenannten Willens- oder Volitionspsychologie verbunden. Wichtige Beiträge zu Willenspsychologie wurden Anfang des 20. Jahrhunderts im Rahmen der Würzburger Schule der Denkpsychologie insbesondere von Narziß Ach geleistet. Seine Untersuchungen sind aus heutiger Sicht die ersten experimentalpsychologischen Untersuchungen der Motivationsforschung (Schneider & Schmalt, 2000, S.94). In der Ach-Lewin-Kontroverse setzte sich jedoch Lewin durch, der davon ausging, dass Motivationsprozesse für die Handlungssteuerung viel bedeutsamer seien als Willensprozesse (Rheinberg, 2002, S.181 mit Bezug auf Lewin, 1922; Lewin, 1926). Als Resultat der Ach-Lewin-Kontroverse dominierte dann lange Zeit ein kognitives Motivationsmodell nach dem Erwartungs-Wert-Prinzip und es gab bis zum Beginn der 80er Jahre so gut wie keine Forschung zu Willensphänomenen (Rheinberg, 2002, S.181). Erst das Handlungsmodell von Atkinson & Birch, das die Energetisierung und Dynamik mehrerer Motive behandelte, führte unter der Bezeichnung Handlungskontrolle bzw. Realisationsmotivation zur Wiederanknüpfung an die Volitionspsychologie durch Kuhl (Cranach & Tschan, 1997, S.129 mit Bezug auf Atkinson & Birch, 1970, Kuhl, 1982; Kuhl, 1983). Im Rubikon-Modell haben dann Heckhausen und andere (bspw. Heckhausen & Gollwitzer, 1987 nach Cranach & Tschan, 1997, S.132) Motivations- und Volitionsprozesse vereinigt.

Bevor auf das Rubikon-Modell im folgenden Kapitel detaillierter eingegangen wird, jedoch noch einige Worte zur Notwendigkeit (der Annahme) von Willensprozessen:

In der klassischen Motivationspsychologie wurde davon ausgegangen, dass ein Motiv nach dem Erwartungs-Wert-Modell (welches vor allem durch Lewin in die Psychologie eingeführt wurde) verhaltenswirksam wird (Cranach & Tschan, 1997, S.129): Hinsichtlich eines Bedürfnisses werden Ziele und Werte im Laufe der Entwicklung erlernt. Ist ein Motiv innerorganismisch und/oder situativ ausreichend aktiviert (Wert) und erscheint eine Situation hinreichend geeignet (Erwartung), wird das Motiv verhaltenswirksam und ein entsprechendes Verhalten gezeigt.

Dies gilt im Tierreich und für viele Fälle im menschlichen Bereich. Aber (vermutlich nur) beim Menschen gibt es Fälle, „in denen entgegen oder trotz

einer angeregten Motivation gehandelt werden muss. Solche motivationalen Vorgänge werden mit Wille oder neuerdings Volition bezeichnet ... Ein Willensvorgang stellt sich also nicht >>überflüssigerweise<< ein, sondern nur dann, wenn >>der Mensch Widerstände innerer oder äußerer Art, Hemmungen, Schwierigkeiten, ein Motivationsdefizit oder dergleichen zu überwinden hat, die sich seinem Handeln entgegen stellen. Diese Schwierigkeiten müssen ihm in irgendeiner Art zu Bewußtsein kommen<<“ (Ach, 1935 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.32). Diese menschliche Fähigkeit wird von Bischof als exklusiv und von Rensch als auszeichnend charakterisiert und ist nach Freud Voraussetzung für die kulturelle Entwicklung (Schneider & Schmalt, 2000, S.33 mit Bezug auf Bischof, 1989, Rensch, 1988 und Freud, 1930).

Diese Fähigkeit ist in Zusammenhang mit dem ausschließlich beim Menschen vermuteten Zielsystem zu sehen (Rheinberg, 2002, Kap. 8), das in aktuelleren Entwicklungen der Motivationspsychologie Beachtung findet: Menschen sind, wie im vorhergehenden Kapitel erläutert (Kap. 9.), ‚aktive Konstrukteure des Morgen‘. Sie haben weit vorausschauende Handlungspläne, die sich in Zielhierarchien manifestieren und gemäß derer Menschen (auch) handeln. Da Oberziele aber nicht zwangsläufig motivational auf Zwischenziele abfärben (Rheinberg, 2002, S.193), sind Willensprozesse notwendig, um langfristige Handlungsziele und Lebenspläne zu verfolgen und dabei momentane Unannehmlichkeiten zu überwinden. Hierfür kann man verschiedene Hilfskonstruktionen vornehmen; so wird bspw. im Rahmen der Handlungskontrolle (s.u.) die Simulation handlungsfördernder und die Unterdrückung störender Motivations- und Emotionslagen angenommen (Schneider & Schmalt, 2000, S.32/33).

10.1.2. Das Rubikonmodell nach Heckhausen

Während sich die ‚übliche‘ Motivationspsychologie mit dem Erwartungs-Wert-Modell auf die sogenannte Selektionsmotivation und damit auf motivationale Prozesse im Vorfeld der Handlungsausführung konzentriert hat, beschäftigte Kuhl (Kuhl, 1983) sich mit der sogenannten Realisationsmotivation, d.h. mit volitionalen (sensu Kuhl handlungskontrollierenden) Prozessen während der Handlungsausführung.

Heckhausen und andere (Heckhausen & Gollwitzer, 1987 nach Cranach & Tschan, 1997) haben ein deskriptives Phasenmodell vorgeschlagen, welches sowohl motivationale als auch volitionale Prozesse integriert, indem es diese in eine ‚natürlichen‘ Sequenz von Motivations- und Volitionsphasen (Rheinberg, 2002, S.184) bringt (siehe Abb. 11).

Heckhausen geht davon aus, dass „der Ausgangspunkt motivationaler Prozesse in einer überreichlich sprudelnden Quelle von Wünschen besteht“

(Heckhausen, 1987c nach Rheinberg, 2002, S.189). Diese werden als gegeben vorausgesetzt und werden durch das Modell nicht abgebildet.

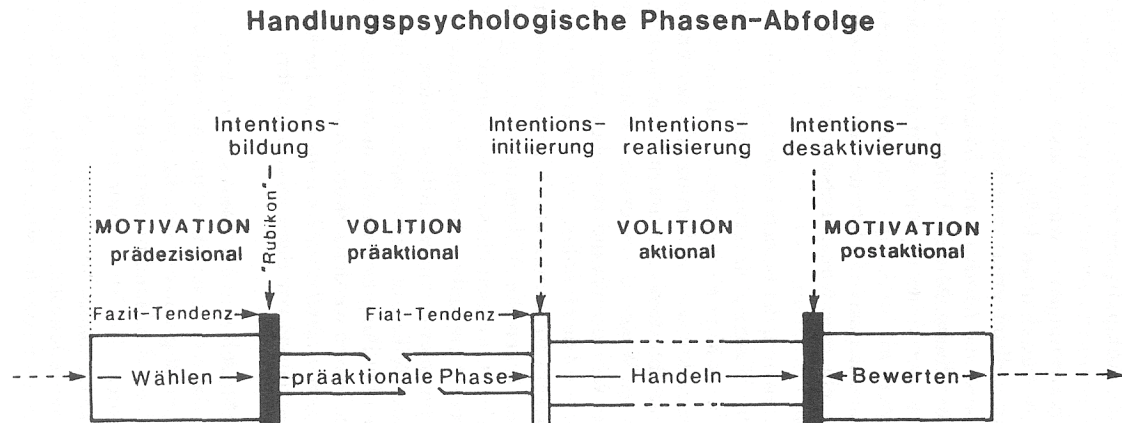


Abb. 11: Das Rubikonmodell

Quelle: Rheinberg, 2002, S.189

Das Modell beginnt mit einer Motivationsphase, d.h. einer dieser Wünsche wird „vorläufig ernst genommen“ (Rheinberg, 2002, S.185) und es setzen gemäß dem Erwartungs-Wert-Modell Abwägungen über die Wünschbarkeit, die Konsequenzen, die Realisierungschancen etc. des Wunsches ein. In dieser Phase sind Personen *realitätsorientiert*, d.h. sie sind offen für alle entscheidungsrelevanten Informationen, bedenken diverse Konsequenzen, Fern- und Nebenwirkungen usw.

Kommt es zu dem Entschluss, diesen Wunsch zu realisieren, d.h. wird eine Handlungsabsicht (Intention) gebildet, ist hiermit der Rubikon überschritten und der Handlende tritt in die Volitionsphase ein. „Die Initiatoren dieser Modellvorstellung haben ihr Modell als »Rubikonmodell« bezeichnet (Heckhausen et al., 1987), um damit den Gedanken auszudrücken, daß sich mit der Bildung einer Intention oder eines Vorsatzes auch die Motivationslage schlagartig und unumkehrbar verändert – ganz so wie im Rom Caesars (49 v.Chr.) das (bewaffnete) Überschreiten des Rubikons (ein kleines Fließchen in der Nähe von Rom) einen friedlichen Zustand schlagartig und unwiderruflich beendete und zum Bürgerkrieg führte“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.95 mit Bezug auf Heckhausen et al., 1987). In der Volitionsphase sind Personen realisierungsorientiert, d.h. es setzen die von Kuhl beschriebenen Handlungskontrollprozesse ein, die die gefasste Absicht abschirmen, indem bspw. vorzugsweise die Absicht fördernde Informationen berücksichtigt werden. Bargh & Gollwitzer haben gezeigt, dass die Absichtsbildung nicht zwangsläufig am Ende eines bewussten Abwägungsprozesses stehen muss, sondern auch automatisiert erfolgen kann (Bargh & Gollwitzer, 1994 nach Schneider & Schmalt, 2000, S.95).

Mit der Überschreitung des Rubikon ändert sich schlagartig die Motivationslage und „Von abwägenden Moderatoren des Wählens sind wir im Handumdrehen zu einseitigen Partisanen unseres Wollens geworden“ (Heckhausen, 1987c, S.6

nach Rheinberg, 2002, S.185/6). So zeigten durch das Rubikonmodell initiierte Untersuchungen, dass Chancen, Ereignisse kontrollieren zu können, in einer volitionalen Bewusstseinslage höher eingeschätzt werden als in einer motivationalen Bewusstseinslage. „All dies und weitere Befunde (Gollwitzer 1991) sprechen in der Tat für zwei qualitativ verschiedene Bewusstseinslagen, die jeweils so ausgerichtet sind, daß die anstehenden Aufgaben (Abwägen vs. Realisieren bzw. Planen) am besten erledigt werden können. Wir haben es hier mit einer Art Selbstoptimierung des Systems zu tun“ (Rheinberg, 2002, S.186 mit Bezug auf Gollwitzer, 1991).

Die nach der Rubikonpassage gebildete Intention muss jedoch nicht zwangsläufig sofort zu einer Handlung führen. Im Regelfall wird sie abgespeichert und bei passender Gelegenheit wird die entsprechende Handlung durch bewusste Aufmerksamkeit (Cranach & Tschan, 1997, S.132) und ohne aktuellen Willensaufwand (Rheinberg, 2002, S.187) in Gang gesetzt. Diese Aktivierung kann aber auch ohne bewusste Aufmerksamkeit – quasi automatisch – erfolgen, denn „Untersuchungen von Bargh & Gollwitzer (1994) haben gezeigt, daß bei genauer Elaboration eines Ziels und der Umstände, unter denen es verwirklicht werden soll, das Ziel nicht mehr im Bewußtsein repräsentiert sein muß. Das Eintreten der vorher spezifizierten Umstände aktiviert dann automatisch die zuvor geplanten Handlungen. Die Umsetzung solcher Vorsätze kann also, wie Bargh und Gollwitzer ausführen, vollständig an das Auftreten der entsprechenden Gelegenheiten delegiert werden“ (Schultheiss & Brunstein, 1997, S.316 mit Bezug auf Bargh & Gollwitzer, 1994).

Diese ‚Zwischenspeicherung‘ der Absicht unterteilt die Volitionsphase in eine präaktionale Phase, in der die Absicht auf Aktivierung wartet, und eine aktionale Phase, in der eine entsprechende Handlung ausgeführt wird. Jede Absicht hat eine Fiat-Tendenz, in die die Dringlichkeit der Handlung (Rheinberg, 2002, S.188) und, über die aktuelle Volitionsstärke, die Wünschbarkeit (Wert) und die Günstigkeit der Situation (Erwartung, Realisierbarkeit) eingehen (Schaub, 1993b, S.37/8). Die gebildeten Absichten konkurrieren auf Basis der Fiat-Tendenz um die Handlungsleitung, d.h. eine Handlung wird dadurch ausgelöst, dass nach Erledigung der gerade handlungsleitenden Absicht die Handlungsabsicht mit der größten Fiat-Tendenz die Handlungsleitung übernimmt, oder dadurch, dass die Ausführung der handlungsleitenden Absicht zu Gunsten einer anderen Handlungsabsicht abgebrochen wird, deren Fiat-Tendenz größer ist.

Abgeschlossen wird eine Handlung durch eine postaktionale Motivationsphase, in der die Handlungsausführung, die Zielerreichung, die Gründe für (Miss)erfolg (die sogenannte Kausalattribution) etc. ausgewertet werden, um reicher an Erfahrung zu werden und für zukünftige Handlungen etwas zu lernen.

Der vollständige Ablauf dieser Phasen wird von den Autoren als idealtypisch angesehen (Cranach & Tschan, 1997, S.133) und „Mit einer Fülle von Beispielen

zu Handlungsfehlern demonstriert Heckhausen (1987c), wie bestimmte Defizite und Besonderheiten in verschiedenen Phasen des Rubikonmodells den Handlungsablauf in spezifischer Weise mißlingen lassen“ (Rheinberg, 2002, S.188 mit Bezug auf Heckhausen, 1987a).

Abschließend sei zu diesem Modell ergänzt, dass Heckhausen annimmt, dass „man mit fortschreitendem Alter für die meisten Situationen seines Lebens die motivationalen Beurteilungsprozesse soweit abgeschlossen hat, dass man dafür bereits fertige Intentionen parat hat. Bei passender Gelegenheit müssen sie dann nur noch abgerufen werden“ (Heckhausen, 1987b nach Rheinberg, 2002, S.190). Im Entwicklungsverlauf würden Motivationsprozesse also eine immer geringere Rolle spielen und fast nur noch Volitionsprozesse (im Sinne von die Handlungsausführung kontrollierenden Realisierungsprozessen) auftreten.

10.2. Hierarchischer Ansatz und Handlungspsychologie

Im vorhergehenden Kapitel wurden die Phasen einer Handlung von ihrer Entstehung, über ihre Ausführung bis zu ihrer postaktionalen Bewertung beleuchtet. Was noch fehlt, ist ein Modell für die Ausführungsanleitung und -überwachung einer Handlung, d.h. ein Modell der Handlungsregulation. Ein solches Modell liefert die Handlungspsychologie:

Die Handlungspsychologie geht von dem Menschen als einem aktiven, auf seine Umgebung einwirkenden und zukunftsbezogenen Wesen aus (Miller et al., 1973 nach Oesterreich, 1987). Somit wird Handeln interpretiert als „ein Prozess der Auseinandersetzung mit der Umwelt, der Nutzung und Umwandlung von Informationen im menschlichen Gehirn zum Zwecke der Befriedigung von Motiven und der Verfolgung von Zielen“ (Strohschneider & Tisdale, 1987, S.19 mit Bezug auf Klix, 1980). Die Handlungspsychologie verfolgt einen praxisorientierten Ansatz und geht auf typische menschliche Fähigkeiten ein (wie das Setzen von Zielen und das bewusste Handeln), die den Menschen auf charakteristische Art und Weise von anderen Lebewesen unterscheiden. Sie erhebt den Anspruch eines integrativen Ansatzes, der den manifesten, motorischen Anteil des tatsächlichen Tuns und den kognitiven Anteil der psychischen Repräsentation und der Überwachung der Handlungsausführung vereint. Die Handlungspsychologie weist damit sowohl Ansätze wie den Behaviorismus, der den Menschen als rein reaktiv handelnd ansieht, als auch rein kognitive Ansätze, die sich nur auf innere Informationsverarbeitungsprozesse konzentrieren, als ungenügend zurück; sie strebt dagegen deren Integration an (Oesterreich, 1987, S.17+25).

Die hierarchische Handlungsregulationstheorie beruht auf der Synthese und Weiterentwicklung von zwei Quellen. Die eine Quelle ist die sowjetische Psychologie, aus der grundlegende Annahmen zur marxistischen Widerspiegelungstheorie übernommen wurden (Rubinstein, 1977; Leontjew, 1980). Die andere Quelle sind systemtheoretische Vorstellungen, aus denen die

Annahme des Handelns als Regelkreis übernommen wurde (Miller et al., 1973). Beide Quellen wurden von Hacker in seinem Modell der sequentiell-hierarchischen Handlungsorganisation (Hacker, 1978; Hacker, 1980; Hacker, 1986 nach Schaub, 1993b, S.26) verarbeitet, das drei Regulationsebenen aufweist (Kap. 10.2.1.). Oesterreich (Oestereich, 1981 nach Schaub, 1993b, S.30) hat diesen Ansatz um das Konzept der Kontrolle und um zwei weitere Regulationsebenen erweitert, indem er die Vorstellungen des Handlungsfeldes und der Handlungsbereiche einführte (Kap. 10.2.2.).

10.2.1. Sequentiell-hierarchische Handlungsorganisation nach W. Hacker

Hacker hat Leontjews und Miller, Galanter & Pribrams Ideen mit Bezug auf die Arbeitspsychologie integriert. Er geht genau wie Miller, Galanter & Pribram von einer hierarchischen Organisation von Regelkreisen aus, die er Aktionsprogramme oder VRR-Einheiten (Vergleich-Veränderung-Rückkopplung) nennt. Weiterhin geht er von drei Regulationsebenen aus, die mehrere Hierarchieebenen umfassen können. Diese Regulationsebenen haben unterschiedliche Funktionen und Qualitäten, die sowohl die Vorbereitung als auch die Durchführung einer Handlung betreffen (Cranach & Tschan, 1997, S.138). Sie „entsprechen in vielen Aspekten den Stadien der Entwicklung des Psychischen bei Leontjew, sind aber aktualgenetisch konzipiert und nicht ontogenetisch oder phylogenetisch“ (Schaub, 1993b, S.29).

- Auf der obersten, intellektuellen Regulationsebene, die bewusstseinspflichtig ist, erfolgen intellektuelle Analyse- und Syntheseprozesse, die zu Plänen, Strategien und Heuristiken führen (Schaub, 1993b, S.29) und die, falls erforderlich, auch das Ziel wählen (Cranach & Tschan, 1997, S.138).
- Auf der mittleren, perzeptiv-begrifflichen Regulationsebene, die bewusstseinsfähig, aber nicht bewusstseinspflichtig ist, erfolgen Urteils- und Klassifikationsprozesse, die Handlungsschemata bilden (Schaub, 1993b, S.29).
- Auf der untersten, automatisierten, sensumotorischen Regulationsebene, die nicht bewusstseinsfähig ist, gibt es automatisierte Bewegungsprogramme, d.h. Routinen und Stereotypen (Schaub, 1993b, S.29).

Handlungen der untersten Ebene, also die automatisierten Bewegungsprogramme, sind das, was ein externer Beobachter wahrnimmt. Der Logik von Miller, Gallanter & Pribram folgend, wird, wenn eine Handlung ausgeführt wird, die Hierarchie von oben nach unten (hierarchisch) und innerhalb der einer übergeordneten Einheit untergeordneten Einheiten von links nach rechts (sequentiell) abgearbeitet (siehe Abb. 12). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Aufmerksamkeit auf einen Teil des Regulationsgeschehens eingegrenzt ist und somit nicht die gesamte Hierarchie vorab gegeben ist, sondern sukzessiv im Handlungsverlauf erzeugt und abgearbeitet wird (Oesterreich, 1987, S.58-60).

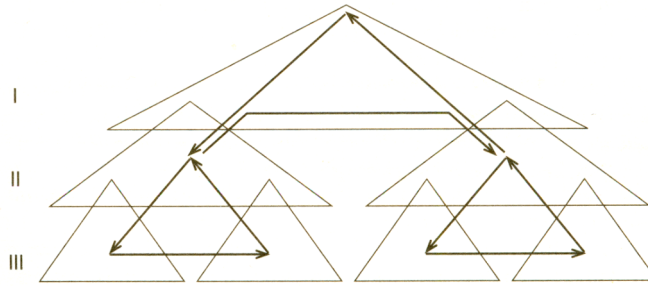


Abb. 12: Die hierarchisch-sequentielle Handlungsorganisation nach Hacker

Quelle: Cranach & Tschan, 1997, S.137

Ferner geht Hacker davon aus, dass zunächst ein Ziel gewählt und eine Orientierung über den Zustand der Umwelt und des Handelnden erfolgt. (Das gewählte Ziel bildet die ‚Spitze‘ der Hierarchie.) Auf dieser Basis wird dann ein Plan gebildet (d.h. ein Teil der Aktionsprogramme auf oberen Hierarchieebenen wird erzeugt). Alle diese Komponenten werden im sogenannten operativen Abbildsystem (OAS) organisiert, welches die Ausführung anleitet. Diese Ausführung wird ständig durch eine Ausführungskontrolle überwacht (Cranach & Tschan, 1997, S.138).

Soweit die allgemeinspsychologischen Aspekte von Hackers Modell. Zum Schluss sei noch zum Anwendungsbereich der Arbeitspsychologie angemerkt, dass Hacker von einem Handlungsspielraum spricht, dessen Größe sich aus der Anzahl der möglichen Handlungsoptionen zur Erreichung der Arbeitsaufgabe ergibt. Hacker differenziert hier zwischen den objektiv gegebenen und den subjektiv wahrgenommenen Freiheitsgraden. Er geht davon aus, dass eine Aufgabe desto persönlichkeitsfördernder ist, je höher die damit verbundenen Regulationserfordernisse sind, und leitet dementsprechend Anforderungen an die Arbeitsplatzgestaltung ab (Schaub, 1993b, S.26/7).

Abschließend sei gesagt, dass nicht nur das hier exemplarisch beschriebene Konzept von Hacker, sondern auch die Handlungsregulationskonzepte, wie sie von von Cranach, Kalbermatten, Indermühle & Gugler (Cranach et al., 1980) oder Heckhausen (Heckhausen, 1987b) formuliert wurden, von der hierarchischen Organisation menschlicher Aktivitäten ausgehen (nach Rheinberg, 2002, S.161).

10.2.2. Kontrolle nach R. Oesterreich

Oesterreich entwickelte Hackers Modell weiter, indem er differenzierter ausarbeitete, wie man sich die Handlungsplanung vorzustellen habe.

Oesterreich geht ebenfalls von einer hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation aus. Allerdings geht er von fünf Regulationsebenen aus, deren obersten vier die intellektuelle Regulationsebene Hackers differenzieren, während hingegen die unterste Ebene der sensumotorischen Regulationsebene

Hackers entspricht; perzeptiv-begriffliche Prozesse sind nach Oesterreichs Ansicht auf allen Regulationsebenen von Bedeutung (Oesterreich, 1987, S.67).

Oesterreich führte zwei neue Konzepte ein, nämlich ‚Kontrolle‘ und ‚Effizienz-Divergenz‘, die er an der Vorstellung eines Handlungsweges in einem Handlungsfeld (siehe Abb. 13) festmacht:

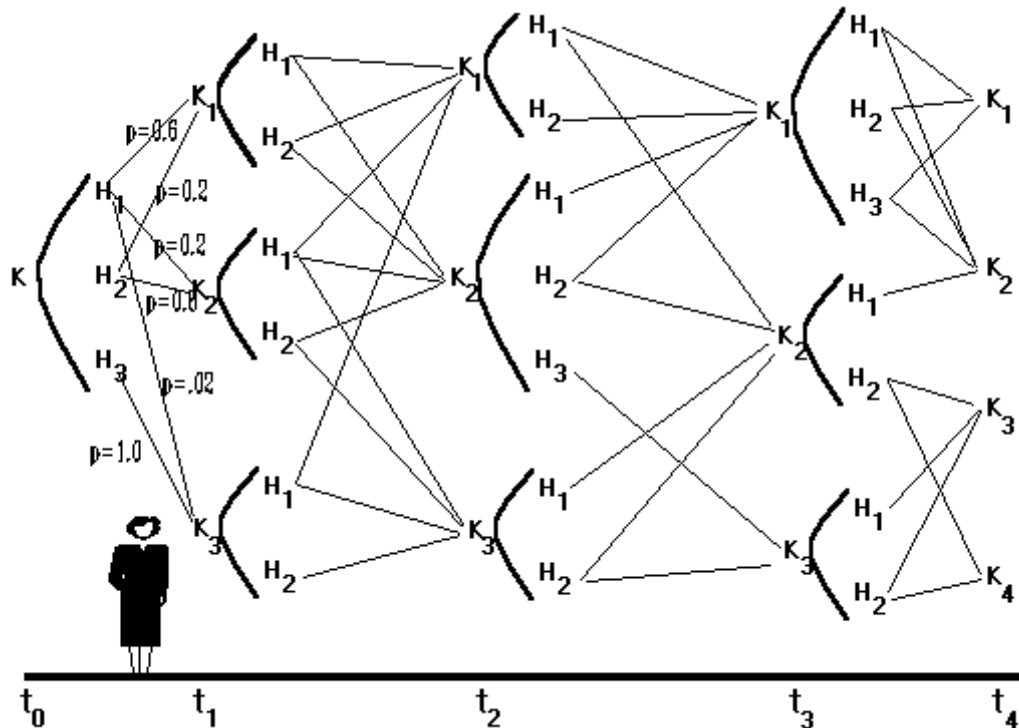


Abb. 13: Ein Handlungsfeld nach Oesterreich

Quelle: Schaub, 1993b, S.31

„Ein Handlungsweg besteht aus einer Reihe aufeinanderfolgender Handlungen, durch die insgesamt ein bestimmtes Ziel erreicht werden soll“ (Oesterreich, 1987, S.32). Die Unterteilung eines Aktivitätsflusses, des Handlungsweges, in einzelne ‚Teilhandlungen‘ macht Oesterreich daran fest, dass der Handelnde (im Rahmen der Handlungsplanung) voraussieht, dass an dieser Stelle im Aktivitätsfluss eine Entscheidung über den weiteren Verlauf des Handelns möglich ist, d.h. in dieser Situation kann eine Wahlentscheidung zwischen verschiedenen Handlungsoptionen erfolgen. Damit liegt die Einteilung in Teilhandlungen nicht im Auge des Beobachters, sondern im Auge des Handelnden (Oesterreich, 1987, S.32). Die derart ausgezeichneten Situationen kann man als Zwischenziele interpretieren.

Ein Handlungsfeld repräsentiert nun die Handlungsmöglichkeiten einer Person und wird als ein Netzwerk, bestehend aus Knoten und Kanten, gedacht, das sich in der Zeit erstreckt (x-Koordinate in Abb. 13): Die im Handlungsstrom ausgezeichneten ‚Wahl‘-Situationen (Zwischenziele) sind die ‚Knoten‘ des Handlungsfeldes (in Abb. 13 mit K markiert); die in einer solchen Situation möglichen Handlungen sind die ‚Kanten‘ des Handlungsfeldes (in Abb. 13 mit

H markierte Pfeile). Es wird berücksichtigt, dass als Konsequenz einer Handlung unterschiedliche Situationen folgen können (bspw. H₁ in Abb. 13), daher sind dem Eintreten von Handlungskonsequenzen – Oesterreich (Oesterreich, 1987, S.38) bezeichnet diese Situationen im Regelfall als Konsequenzen – „Wirkwahrscheinlichkeiten“ (Oesterreich, 1987, S.38) zugeordnet. Diese drücken aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Folgesituation als Konsequenz einer Handlung erwartet wird. Ein Handlungsweg ist ein ‚Pfad‘ durch dieses Netzwerk.

Oesterreich (Oesterreich, 1981 nach Schaub, 1993b) unterscheidet zwischen objektiv gegebener Kontrolle und Kontrollkompetenz und deren jeweiliger subjektiver Einschätzung, der Kontrollmeinung und der Kompetenzmeinung. Mit dem Begriff ‚Kontrolle‘ bezeichnet Oesterreich das Ausmaß, mit dem ein Individuum auf seine Umwelt Einfluss nehmen kann: Je mehr Handlungsoptionen gegeben sind, desto mehr Freiheitsgrade hat der Handelnde und desto größer ist sein Einfluss auf die Umwelt, also seine Kontrolle. Mit Kontrollkompetenz ist die Fähigkeit des Handelnden gemeint, diese Handlungsoptionen auch nutzen zu können. Bspw. könnte das Verkehrssystem einer Stadt es erlauben, zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Bus und mit dem Auto vom Punkt A zum Punkt B zu gelangen, d.h. es gibt vier Handlungsoptionen (Kontrolle); hat jemand aber keinen Führerschein oder kann nicht lesen und daher den Fahrkartenautomaten nicht bedienen, so verbleiben weniger Handlungsoptionen (Kontrollkompetenz). Hinzu kommt, dass ein Handelnder unter Umständen nicht weiß, dass man mit dem Bus von A nach B kommen kann (Kontrollmeinung), oder sich das Autofahren im dichten städtischen Verkehr nicht zutraut (Kompetenzmeinung).

Planen bedeutet, dass eines von mehreren Handlungszielen (die Situationen am rechten Ende des Handlungsfeldes in Abb. 13) gewählt und ein Handlungsweg zu diesem Handlungsziel gesucht wird (ein Pfad von der Ausgangssituation links zu der gewählten Zielsituation rechts in Abb. 13). Eingang finden dabei die Bewertung der Ziele und die subjektiven Erwartungen, dieses Ziel erreichen zu können (Kontroll- und Kompetenzmeinung).

Aufgrund der Struktur eines Handlungsfeldes haben bestimmte Situationen (Konsequenzen sensu Oesterreich) eine besondere Bedeutung und finden somit bei der Handlungsplanung besondere Beachtung (Oesterreich, 1981 nach Schaub, 1993b, S.32):

- Von der negativ kritischen Konsequenz aus kann das gewünschte Ziel nicht mehr erreicht werden.
- Die positive kritische Konsequenz muss erreicht werden, um das gewünschte Ziel erreichen zu können.
- Die effizient-divergente Konsequenz erlaubt es, möglichst viele verschiedene erwünschte Ziele mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Diese spielt bei der Handlungsplanung, insbesondere in unsicheren Handlungsfeldern, eine große Rolle, da im Regelfall mehrere Ziele

angestrebt werden und Handlungsfelder häufig aufgrund ihrer Größe unübersichtlich sein können. Zudem sind effizient-divergente Situationen oder Konsequenzen deswegen wichtig, weil nach dem Handeln auch immer vor dem Handeln ist, denn das Handeln endet ja nicht mit der Zielerreichung, sondern dieses Ziel stellt auch immer die Ausgangssituation für das weitere Handeln dar (Oesterreich, 1987, S.41ff).

Handlungsfelder können sehr groß werden; Oesterreich nennt drei Konzepte bzw. Mechanismen, die diese überschaubar halten:

- Es ist eine „außerordentlich hoch zu bewertende – bisher unerklärbare – Fähigkeit des Menschen“ (Oesterreich, 1987, S.39), überhaupt nicht alle Handlungsmöglichkeiten in Betracht zu ziehen. Oesterreich verdeutlicht dies am Beispiel eines Schachprogramms, das alle möglichen Folgezüge einer Stellung berechnet, im Vergleich zu einem menschlichen Spieler, dem nur ein Bruchteil dieser Züge in den Sinn kommen (Oesterreich, 1987, S.39/40).
- Oesterreich (Oesterreich, 1987, S.47ff) teilt ein Handlungsfeld in *Handlungsbereiche* wie bspw. Freizeit, Arbeit etc. ein, deren Koordination die Aufgabe der Handlungsregulation ist. Eine Handlungsplanung bezieht sich immer nur auf einen Teilbereich eines Handlungsfeldes.
- Durch Üben wird die bewusste Abfolge einzelner Handlungen zu einer einzigen automatischen Handlung verschmolzen: „Durch *Superierung* werden fortlaufend verschiedene Handlungen zu einer ganzen Handlung zusammengeschlossen. ... In dieser Weise können sich ganze Handlungsbereiche zu einzelnen Handlungswegen in einem Bereich und schließlich zu einzelnen Handlungen „verkleinern““ (Oesterreich, 1987, S.53).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch Oesterreichs Einführung des Handlungsfeldes die mentale Repräsentation von Handlungsmöglichkeiten, auf denen die Planung beruht, beleuchtet wurde.

10.2.3. Abschließend: Die Rasmussen-Leiter

Auch der Schwerpunkt der Arbeiten Rasmussens (Rasmussen, 1986, Rasmussen, 1987a, Rasmussen, 1987b nach Schaub, 1993b, S.33) liegt auf der Arbeitspsychologie, insbesondere auf der Mensch-Maschine-Interaktion. Rasmussens Modell ist als Taxonomie verschiedener Handlungen und Verhaltensformen zu sehen, die er vor allem zur Fehleranalyse in der Großindustrie einsetzte. Er geht von drei Verhaltensebenen aus (skill-based, rule-based und knowledge-based behavior, Details s.u.), die sich durch unterschiedliche Informationsverarbeitungsprozesse bezüglich sensorischer Eingangsdaten (Input) unterscheiden und auf denen dieser Input unterschiedlich eng mit Verhaltensmustern verknüpft ist. Auf diesen Ebenen finden dementsprechend unterschiedliche Lernprozesse statt (Schaub, 1993b):

- Beim skill-based behavior (fähigkeitsbasiert) erfolgen sensumotorische Aktivitäten, die nach der Auslösung durch eine Intention automatisch und

ohne bewusste Kontrolle ablaufen. Diese Aktivitäten sind nicht bewusstseinsfähig und damit implizites Wissen (vgl. Kap. 11.2.5.). Lediglich die Rahmenbedingungen für diese Automatismen können durch bewusste Prozesse moduliert werden.

Gelernt wird durch Beobachtung, Versuch-und-Irrtum-Verhalten und ausdrückliche Instruktion; anschließend erfolgt eine Optimierung durch eine Einschleifung und Verfeinerung des Verhaltens.

Informationen aus der Umwelt werden als ‚signal‘ verarbeitet; die Informationsverarbeitung beruht auf vorgeprägten sensumotorischen Koordinationen, d.h. sie läuft ‚datengetrieben‘, indem bestimmte Wahrnehmungsmuster (Signale) das Verhalten auslösen (Schaub, 1993b, S.33/34; Dörner, 1999, S.509).

- Beim rule-based behavior (regelbasiert) werden Kombinationen von Subroutinen von einer gespeicherten Regel bewusst kontrolliert; die Bewusstheit der Regel und damit die Explizitheit des Wissens sind der Unterschied zum skill-based behavior.
Diese Regel ist das, was erlernt wird.
Informationen aus der Umwelt werden als ‚sign‘ verarbeitet, d.h. die Informationsverarbeitung läuft ‚zeichengetrieben‘, indem bestimmte Informationen als relevante Bestandteile der Situation erkannt und diagnostiziert werden und dementsprechend zur Auswahl und gegebenenfalls Modifikation voraktiver Handlungen führen (Schaub, 1993b, S.34; Dörner, 1999, S.509).
- Beim knowledge- oder model-based behavior (wissens- oder modellbasiert) werden auf Basis eines mentalen Modells der Situation ein Ziel gesetzt und ein Plan zur Erreichung des Ziels entworfen (ein Handlungspfad sensu Oesterreich).
Gelernt wird hier das mentale Modell der Situation und die Art und Weise der geeigneten Zielsetzung und Planung (Schaub, 1993b, S.34; Dörner, 1999, S.509).

Auf diese drei Verhaltensebenen wird vielfach Bezug genommen; insbesondere wird davon ausgegangen, dass durch diese drei Ebenen eine Art Handlungsleiter gebildet wird: Neuartige Anforderungen werden zunächst auf der obersten wissensbasierten Ebene bearbeitet. Ist die Situation dann vertrauter, kann das Verhalten gegebenenfalls auf der regelbasierten Ebene reguliert werden und bei der Möglichkeit zu starker Automatisierung gegebenenfalls an die nicht bewusstseinspflichtige und im Regelfall sogar nicht mehr bewusstseinsfähige fähigkeitsbasierte Regulationsebene delegiert werden.

10.3. Zusammenfassung

Es scheint Konsens zu sein, dass Handlungen (und damit auch Handlungsziele) hierarchisch repräsentiert sind und dass es sowohl bei dem Entstehen der

Repräsentation (Lernen, Planen) als auch bei der Regulation der Handlungen verschiedene Ebenen gibt, die sich durch die Bewusstseinsfähigkeit und die Bewusstseinspflicht der Repräsentation und der stattfindenden Prozesse unterscheiden.

Außerdem scheint Konsens zu bestehen, dass es von der Entstehung eines Bedürfnisses bis zum Abschluss der konsummatorischen Endhandlung verschiedene Handlungsphasen gibt, die sich ebenfalls durch eine unterschiedliche Qualität der Informationsverarbeitungsprozesse unterscheiden.

11. Lern- und Gedächtnispsychologie

Warum wird Lernen (Kap. 11.1.) eigentlich im Folgenden zusammen mit Gedächtnis (Kap. 11.2.) behandelt? Dies wird schnell klar, wenn man sich die Begriffsbestimmungen und die Funktionen von Lernen und Gedächtnis vor Augen führt; diese zeigen, dass „Die Begriffe „Lernen“ und „Gedächtnis“ ... untrennbar verbunden [sind]“ (Bredenkamp, 1998, S.45):

Im allgemeinsten Sinn versteht man unter Gedächtnis, „die Fähigkeit von Organismen, Informationen zu speichern, das heißt mehr oder minder lang aufzubewahren, so daß Information über vergangene Ereignisse das aktuelle Verhalten beeinflussen kann“ (Claus et al., 1976). Auf diese Begriffsbestimmung bezogen, besteht Lernen kurz gesagt „in der Ausbildung oder Korrektur von individuellem Gedächtnisbesitz“ (Klix, 1971, S.348 zitiert nach Bredenkamp, 1998, S.45) oder – auf das beobachtbare Verhalten bezogen und verschiedene Definitionen zusammenfassend (Bredenkamp, 1997; Lefrancois, 1986; Schermer, 2002) – ist Lernen eine relativ stabile Veränderung des Verhaltens oder der Verhaltensmöglichkeiten, die durch Erfahrungen (Übung und/oder Beobachtung) zustande kommt. Explizit ausgeschlossen werden dabei vorübergehende Veränderungen (bspw. durch Übermüdung oder durch den Einfluss chemischer Substanzen wie Drogen oder Medikamente) und strukturelle Veränderungen des Gehirns aufgrund anderer Ursachen (insbesondere Reifung, aber auch Verletzungen durch Unfälle, Krankheiten oder toxische Substanzen etc.).

Wie bereits eingangs aufgezeigt wurde (Kap. 4.2.), erlaubt das Hinzukommen innerer Zustände (also eines Gedächtnisses) einem biologischen oder technischen System die Lösung komplexerer Probleme, als dies rein reaktiven Systemen möglich ist. Ist das Gedächtnis im Verlauf der Lebensspanne modifizierbar (Lernen), so wie dies bei Säugetieren im Gegensatz zu Insekten der Fall ist, erlaubt dies eine deutliche flexiblere, schnellere, ontogenetische Adaption an (sich verändernde) Umweltbedingungen, als dies durch eine genetische Veränderung im Verlauf der Stammesgeschichte möglich wäre. Daher ist „Lernen ... ein Spezialfall von Adaption“, der kognitiv betrachtet „an

Übertragung, Aufnahme und Verarbeitung von Informationen gebunden“ ist (Heese, 1999).

Lernen erlaubt also eine Adaption an Umweltbedingungen. Damit diese adaptive Veränderung relativ stabil, d.h. überdauernd, ist (vgl. Definition), muss es notwendigerweise ein Gedächtnis geben (Schermer, 2002, S.14), das durch Lernen derartig modifiziert wird, dass beim erneuten Auftreten einer Situation ein anderes Verhalten möglich oder sogar wahrscheinlich ist (vgl. Definition: Veränderung des Verhaltens bzw. des Verhaltenspotentials).

Lernen und Gedächtnis sind also eng miteinander verbunden und die untersuchten Phänomene sind häufig konfundiert, denn: „Der Nachweis eines vorausgegangenen Lernens setzt in jedem Fall eine Gedächtnisprüfung voraus“ (Bredenkamp, 1998, S.45). Während jedoch mit dem Gedächtnisbegriff auf die Speicherung und die Verfügbarkeit von Informationen und damit auf innerorganismische Strukturen und Prozesse abgehoben wird, hebt der Lernbegriff auf die beobachtbaren und empirischen erfassbaren Veränderungen des Verhaltens(potentials) ab (Schermer, 2002, S.14), d.h. auf den extern beobachtbaren Verhaltenseinfluss der gespeicherten und verfügbaren Informationen.

Diesen Inhalten entsprechend, wird der Begriff Verhaltenspsychologie auch teilweise synonym für Lernpsychologie verwendet; sie war das nahezu ausschließliche Forschungsfeld einer behavioristischen Psychologie, während man sich hingegen dem Gedächtnis erst wieder nach der kognitiven Wende zuwandte.

11.1. Lernpsychologie

In der Psychologie werden folgende Lernarten, besser gesagt folgende Bedingungen für das Zustandekommen eines Lernprozesses, unterschieden:

- Klassisches Konditionieren,
- Operantes (oder instrumentelles) Konditionieren,
- Modelllernen (incl. Lernen durch Einsicht) und
- Implizites Lernen.

Dabei werden zur Erklärung des Lernprozesses drei Paradigmen herangezogen, nämlich

- Kontiguität,
- Verstärkung und
- Kognition.

Sowohl die Entdeckung des klassischen (Kap. 11.1.1.) als auch des operanten Konditionierens (Kap. 11.1.2.) sind dem Behaviorismus zuzuschreiben und wurden von diesem so intensiv beforscht, dass der Behaviorismus die Psychologie im Wesentlichen auf eine Lern- bzw. Verhaltenspsychologie beschränkte. Während einige Vertreter Kontiguität (zeitliche Nähe) als

notwendig und hinreichend für das Zustandekommen eines Lernprozesses ansahen, betrachteten andere die Kontiguität zwar als notwendige, die Verstärkung (Konsequenzen des Verhaltens) hingegen als hinreichende Bedingung für das Lernen (Kap. 11.1.3.).

Von der Erklärung einmal abgesehen, vertraten aber alle Behavioristen die Meinung, dass mit diesen beiden Spielarten des Reiz-Reaktions-Lernens alles Verhalten, auch das menschliche, umfassend erklärbar sei. Diese Ansicht gipfelt in der Behauptung Watsons: „daß, wenn man ihm ein Dutzend gesunder Babies egal welcher Herkunft gebe und ihm freistelle, sie in einer von ihm gewählten Umgebung aufzuziehen, er aus jedem genau das machen könne, was er wolle. Mit anderen Worten nahm er an, daß alle Unterschiede zwischen den Menschen durch unterschiedliche Erfahrungen (Lernen) zustande kämen“ (nach Lefrancois, 1986, S.22).

Auf der einen Seite finden sich in der Tat auch beim Menschen derartige Lernprozesse; auf der anderen Seite fanden sich aber selbst beim tierischen Lernen im Laufe der Zeit Phänomene, die die Allgemeingültigkeit und Ausschließlichkeit dieses Ansatzes in Frage stellten (Kap. 11.1.3.); außerdem gibt es Befunde, die erst durch ein kognitives Erklärungsmodell der beiden Konditionierungsvarianten (Kap. 11.1.4.) verständlich werden.

Während beide Konditionierungsarten ein Lernen aufgrund des eigenen Tuns sind, wurde von Bandura eine dritte Lernart eingeführt, nämlich das Lernen durch Beobachtung bzw. das Lernen am Modell (Kap. 11.1.4.); diese Lernart postuliert Bandura explizit nur für den Menschen und erklärt sie im Rahmen einer allgemeinen sozial-kognitiven Theorie durch Kognition.

Ein relativ neuer Gegenstandsbereich psychologischer Forschung ist das von Reber eingeführte implizite Lernen, womit ein beiläufiges, nicht intentionales Lernen bezeichnet wird, welches zu einer nicht bewussten bzw. nicht artikulierbaren Wissensbasis führt (Kap. 11.1.6.).

11.1.1. Pawlow: Klassisches Konditionieren

Die ‚Entdeckung‘ dieser Lernart geht auf Ivan Petrowitsch Pawlow (1849-1936) zurück und die klassische Demonstration ist der ‚Pawlowsche‘ Hund (siehe Abb. 14), der nach dem Ertönen einer Glocke zu speicheln beginnt, da er durch klassische Konditionierung gelernt hat, dass dem Glockenton die Gabe von Futter folgt.

Notwendige Voraussetzungen für diese Lernart sind die Existenz

- 1) eines natürlichen Reflexes, d.h. eines unbedingten Stimulus (in diesem Falle: Futter im Maul), der eine unbedingte Reaktion auslöst (in diesem Fall: Speicheln), und
- 2) die Existenz eines (zunächst) neutralen Stimulus (in diesem Fall: der Glockenton), der die unbedingte Reaktion nachweislich nicht auslöst (sondern im Regelfall nur zu einer Orientierungsreaktion führt).

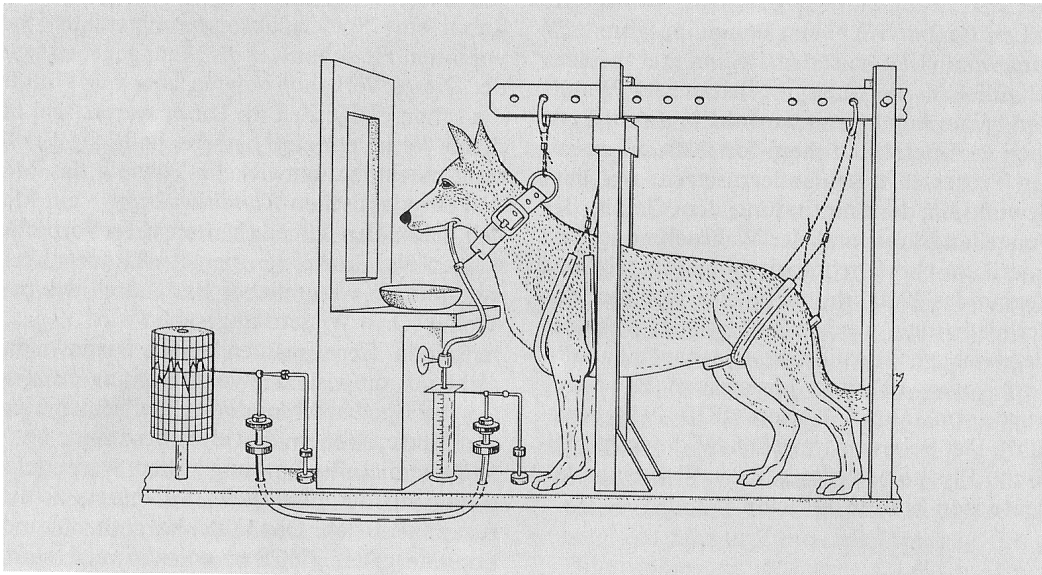


Abb. 14: Der Pawlowsche Hund

Quelle: Lefrancois, 1986, S.18

Nun beginnt die sogenannte ‚Aquisitions- oder Erwerbsphase‘: Immer dann wenn bzw. kurz bevor der Hund Futter bekommt, ertönt der Glockenton, d.h. der unbedingte Stimulus wird mit dem neutralen Stimulus gekoppelt und der Hund reagiert mit der unbedingten Reaktion, nämlich dem Speichelfluss (weil er Futter vor bzw. in dem Maul hat). Nach einer Weile ist es ausreichend, dass der Hund den Glockenton hört, um mit dem Speicheln zu beginnen, auch wenn er kein Futter bekommt: Der neutrale Stimulus (Glockenton) ist zum konditionierten Stimulus geworden und der Hund hat gelernt, darauf mit der konditionierten Reaktion (Speichelfluss) zu reagieren, die der unbedingten Reaktion im Regelfall sehr ähnlich, aber nicht unbedingt gleich und vor allem im Regelfall weniger intensiv ist.

In einer sogenannten ‚Extinktions- oder Lösungsphase‘ erlischt die konditionierte Reaktion, d.h. wenn nur noch der konditionierte Stimulus (Glockenton) ungekoppelt mit dem unkonditionierten Stimulus (Futter) dargeboten wird, reagiert der Hund immer schwächer und schließlich gar nicht mehr (mit Speichelfluss) auf den konditionierten Stimulus.

Lässt man nun einige Zeit verstreichen und bietet erst dann wieder den konditionierten Stimulus dar, so kommt es kurzfristig noch einmal zu einer sogenannten ‚Spontanerholung‘, d.h. vorübergehend reagiert der Hund noch einmal mit der konditionierten Reaktion (Speichelfluss).

Diese Art des Lernens ist im Wesentlichen im Bereich physiologischer Manifestationsaspekte des vegetativen und zentralnervösen Nervensystems gültig und lässt sich sowohl bei sehr niedrigen Arten als auch bis hin zum Menschen nachweisen. Es scheint also ein „grundlegendes Prinzip einfacher Anpassung des Organismus an sich ändernde Umweltbedingungen“ darzustellen, obwohl gleiche Befunde bei unterschiedlichen Arten nicht

zwangsläufig bedeuten, dass hierbei die gleichen (innerorganismischen) Prozesse am Werk sind (Schermer, 2002, S.45; Bredenkamp, 1997, S.289).

11.1.2. Skinner: Operantes bzw. instrumentelles Konditionieren

Der klassische Versuchsaufbau zur Demonstration des operanten Konditionierens ist die nach Burrhus F. Skinner (1904 - 1990) benannte Skinner-Box (siehe Abb. 15), in der sich ein Versuchstier, bspw. eine Ratte, aufhält; dieses Versuchstier zeigt nun zufällig irgendeine Verhaltensweise unbekannter Ursache, bspw. ‚Hebel betätigen‘, die dann vom Versuchsleiter *verstärkt* oder *bestraft* wird:

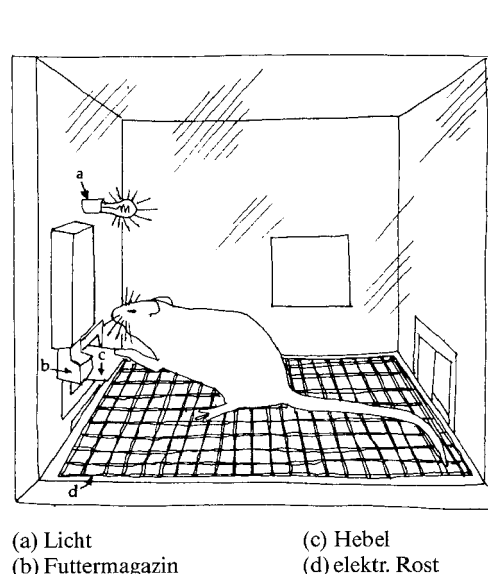


Abb. 15: Eine Skinner-Box

Quelle: Lefrancois, 1986, S.36

Von *Verstärkung* spricht man in der Lernpsychologie dann, wenn der Versuchsleiter dahingehend eingreift, dass die Auftrittswahrscheinlichkeit der Verhaltensweise steigt, d.h. diese wird in Zukunft öfter gezeigt. Dies erreicht man entweder durch eine sogenannte *positive Verstärkung*, d.h. wenn die Ratte die Verhaltensweise zeigt, bspw. den Hebel betätigt, widerfährt ihr etwas Positives, bspw. bekommt sie Futter aus dem Futtermagazin, oder aber man erreicht es durch eine sogenannte *negative Verstärkung*, d.h. wenn die Ratte die Verhaltensweise zeigt, bspw. den Hebel betätigt, wird etwas Negatives entfernt, bspw. wird dann der Strom abgestellt, der das Gitter unter Strom setzt.

Von *Vermeidungslernen* (oder Bestrafung) spricht man in der Lernpsychologie dann, wenn der Versuchsleiter dahingehend eingreift, dass die Auftrittswahrscheinlichkeit des Verhaltens sinkt, d.h. dieses wird in Zukunft seltener gezeigt. Diese erreicht man entweder durch sogenannte *Bestrafung durch Verstärkerentzug*, d.h. wenn die Ratte die Verhaltensweise zeigt, bspw. den Hebel betätigt, wird ihr etwas Positives genommen, bspw. entwendet ihr der Versuchsleiter das Futter, oder aber man erreicht es durch sogenannte

Bestrafung durch aversiven Reiz, d.h. wenn die Ratte den Hebel betätigt, widerfährt ihr etwas Negatives, bspw. bekommt sie einen elektrischen Schlag.

Teilweise wird die Bezeichnung *instrumentelles Konditionieren* synonym zu operantem Konditionieren verstanden, teilweise wird die Bezeichnung nur dann verwendet, wenn der Versuchsleiter das natürliche Verhaltensspektrum des Versuchstiers (drastisch) einschränkt (Bredenkamp, 1997, S.282).

Im Rahmen der Erforschung dieser Lernart wurden insbesondere Verstärkerpläne erforscht, d.h. es ging um die Frage, wie man die Verstärkung verabreicht (Quotenplan vs. Intervallplan, fixer Plan vs. variabler Plan²¹), damit möglichst schnell und möglichst dauerhaft gelernt wird. Außerdem wurde untersucht, wie man ein Tier zum Erlernen komplexerer Verhaltensweisen (durch Chaining, Shaping, Diskrimination von Reizen etc.) bringt.

11.1.3. Erklärungen, Gültigkeit und Einschränkungen für Lernen durch Konditionierung

Diese Art des Lernens erklären nun insbesondere traditionelle Behavioristen (Watson, Guthrie) mit dem Paradigma der *Kontiguität*, das besagt, dass die Reiz-Reaktions-Kopplung dadurch gestiftet wird, dass Reiz und Reaktion zeitlich sehr nahe beieinander liegen; im Gegensatz dazu besagt das (von Thorndyke eingeführte und durch Skinner bekannt gewordene) Paradigma der *Verstärkung*, dass Lernen von den Konsequenzen des Verhaltens kontrolliert wird, d.h. wenn nach einer Verhaltensweise etwas Angenehmes passiert, wird die vorhergehende Verhaltensweise verstärkt werden, d.h. in Zukunft öfter auftreten²² (Lefrancois, 1986). Nach heutigem Forschungsstand muss aber wohl festgestellt werden, dass „Für Wirbeltiere ... auf Grundlage der Befunde die Hypothese, daß die Kontiguität hinreichend für die Konditionierbarkeit sei, mit einiger Wahrscheinlichkeit falsch [scheint]“ (Bredenkamp, 1997).

Denn je nach ausgenutztem Reflex ergeben die experimentellen Befunde unterschiedliche optimale Zeitintervalle für die Kopplung von neutralem Reiz, unkonditioniertem Reiz und konditionierter Reaktion, die noch immer auf eine

²¹Bei einem Quotenplan richtet sich die Verstärkergabe nach der Anzahl der gezeigten Verhaltensweisen, bspw. wird jedes 10. Auftreten belohnt, während hingegen beim Intervallplan die Verstärkergabe in Abhängigkeit vom verstrichenen Zeitintervall erfolgt, d.h. das erste Auftreten im Zeitintervall von bspw. 10 Minuten Länge wird verstärkt. Bei fixen Plänen sind Auftretensrate bzw. Zeitspanne fix, d.h. genau jedes 10. Mal bzw. genau jedes 1. Mal in 10 Minuten wird verstärkt, während hingegen bei flexiblen Plänen diese Raten bzw. Spannen nur im Durchschnitt eingehalten werden. „Zusammenfassend ist zu den einfachen Plänen festzuhalten, daß Quotenpläne im allgemeinen zu einer höheren Verhaltensrate führen als Intervallpläne. Variable Verstärkerpläne produzieren darüber hinaus höhere und stabilere sowie lösungsresistentere Verhaltensraten als fixierte Pläne.“ (Schermer, 2002, S.63)

²²Entsprechendes gilt im umgekehrten Fall: Unangenehme Konsequenzen führen zu Meidung, d.h. zum selteneren Zeigen von vorangegangener Verhaltensweisen.

theoretische Erklärung warten (Schermer, 2002, S.32). Der wichtigste, sogar die Notwendigkeit von Kontiguität in Frage stellende Befund ist allerdings der sogenannte *Garcia-Effekt*, der darin besteht, dass auch ein Effekt, der Stunden später eintritt, nämlich das Erbrechen²³ nach dem Genuss einer bestimmten Speise, mit dieser Speise in Verbindung gebracht wird, sprich die Speise in Zukunft gemieden wird; zudem ist im Zusammenhang mit Geschmacksaversionen häufig eine einmalige Kopplung für einen stabilen Effekt ausreichend (Schermer, 2002, S.32).

Dies zeigt bereits, dass das Lernen durch Konditionierung Einschränkungen durch biologische Faktoren unterliegt, was insbesondere im Bereich der Geschmacksaversionen deutlich wird. So zeigte sich auch im Zusammenhang mit dem Garcia-Effekt, dass von Ratten ein Unwohlsein nach dem Genuss von Wasser oder Speisen sinnvollerweise mit dem Geschmack oder dem Geruch, aber nicht mit Farb- oder Tonsignalen in Verbindung gebracht wird (Lefrancois, 1986, S.61ff). Außerdem wird im Falle der Gabe einer bekannten und einer unbekanntes Speise die neue Speise verantwortlich gemacht, d.h. diese wird in Zukunft gemieden.

Ein anderes Beispiel aus dem Humanbereich für den Einfluss biologischer Faktoren auf das Lernen sind Phobien, von denen man annimmt, dass es sich, vereinfacht gesagt, um durch Konditionierung erlernte Angstreaktionen handelt. Es sind jedoch nicht alle Objekte gleich gut geeignet, durch Konditionierung zum Auslöser einer Angstreaktion zu werden. So gelang es bspw. bei Kindern nicht, Bauklötze zum Auslöser zu machen (Schermer, 2002, S.36/7). Jedoch gelang es Watson im Falle des bekannten, aber unrühmlichen Beispiels des ‚kleinen Albert‘, diesem die Angst vor einer weißen Ratte anzukonditionieren (Lefrancois, 1986, S.20ff). Auch im klinischen Umfeld zentrieren sich Phobien um Gegenstände oder Situationen, die, vereinfacht gesagt, im weitesten Sinne phylogenetisch Sinn machen, da sie in der natürlichen Umwelt vorkommen und Gefahren anzeigen könnten. „Seligman (1972) hat zur Erklärung dieses Sachverhaltes das Konzept der *Bereitschaft* (>>preparadness<<) vorgeschlagen, demzufolge sich Stimuli in ihrer Fähigkeit, zu bedingten Auslösern von Angstreaktionen werden zu können, infolge phylogenetisch bedingter Einflüsse unterscheiden. Reize, die am Pol >>preparadness<< liegen, sollen leicht zu konditionalen Angstausschüßern werden können, da sie in der Evolution wegen ihrer Gefahrensignalisierung mit Vorteilen in der Umwelthanpassung verbunden waren. Demgegenüber sollen Reize am anderen Ende (>>contrapreparadness<<) keine oder nur sehr schwer bedingte Reaktionen bewirken.“ (Schermer, 2002, S.37 mit Bezug auf Seligman, 1972, Hervorhebung im Original)

²³Experimentell wird dieses Erbrechen nicht unbedingt durch die Speise hervorgerufen, sondern bspw. durch andere Eingriffe wie Röntgen oder das Spritzen entsprechender Substanzen.

Weitere Phänomene, die die umfassende Gültigkeit und den umfassenden Erklärungsanspruch in Frage stellen, finden sich in jedem Lehrbuch zur Lernpsychologie wie bspw. Lefrancois (Lefrancois, 1986, S.61ff).

11.1.4. Tolman: Lernen und Erwartung

Kognitive Erklärungsmodelle erklären Konditionierung im Rahmen einer erwartungstheoretischen Fassung und beschreiben darüber hinaus weitere Lernarten (siehe Kap. 11.1.5.).

In diesem Zusammenhang stellt Edward Chace Tolman (1886-1959) ein wichtiges Bindeglied zwischen Behaviorismus und Kognitivismus dar (Lefrancois, 1986, S.92ff), da er das Konzept der Erwartung in die Lernpsychologie einführte: Er beharrte darauf, dass jegliches Verhalten zielgerichtet sei und dabei von Kognitionen und Erwartungen geleitet werde (Lefrancois, 1986, S.92), die eine innerorganismische Repräsentation der Umwelt darstellen: Er nahm zum einen an, dass *kognitive Karten* erlernt werden, die Ziele räumlich verorten und dass zum anderen Wissen über die Zusammenhänge (Korrelation, Kovariation) von Ereignissen (Reize, Verhaltensweisen, Konsequenzen) gelernt wird, das er als Erwartung bezeichnete (Schermer, 2002, S.96/7). Insbesondere führte er den Begriff des *latenten Lernens* ein, durch den zwischen Aneignung und Ausführung eines Verhaltens unterschieden wird. Denn er konnte u.a. zeigen, dass a) (hungrige) Ratten ein Labyrinth (ohne Verstärkung) erlernen (Aneignung) und sich so bei Gabe von Futter sofort zielgerichtet verhalten, dass b) ein durch Durchlaufen erlerntes Labyrinth auch zielgerichtet durchschwommen wird und dass c) bei Hinzufügen von Barrieren zu einem erlernten Labyrinth bislang nicht erkundete Gänge, die in Richtung des Ziels verlaufen, bevorzugt gewählt werden (Lefrancois, 1986, S.92ff). All diese Ergebnisse werden durch Lernen von Verhaltensweisen durch Verstärkung nicht erklärt, weil im Fall a) auch ohne Verstärkung gelernt wurde, im Fall b) eine andere Verhaltensweise verstärkt wurde und im Fall c) anscheinend mehr als nur eine Verhaltensweise gelernt wurde.

Im Rahmen einer erwartungstheoretischen Fassung wird klassische Konditionierung dadurch erklärt, dass ein entsprechend konditionierter Reiz ein sicherer Hinweis (Signalwirkung) auf das Eintreten des unkonditionierten Reizes ist und dass somit auf die Erwartung des konditionierten Reizes reagiert wird (Mielke, 2001, S.61). Beim operanten Konditionieren wird eine Verhaltensweise um ihrer erwarteten angenehmen bzw. unangenehmen Konsequenzen willen zielgerichtet gezeigt bzw. unterlassen. Mit dieser kognitiven Interpretation des Lernens durch Konditionierung, die Erwartungen zu inneren Determinanten des Handelns macht, lassen sich einige Phänomene beim klassischen Konditionieren besser (Schermer, 2002, S.34/35) und einige Phänomene im Bereich des Vermeidungslernens überhaupt erst schlüssig (Bredenkamp, 1997, S.291/2) erklären. Letzteres haben Seligman und Johnston ausgearbeitet (Seligman & Johnston, 1973 nach Bredenkamp, 1997, S.292) und

erklären damit den von Seligman eingeführten Begriff der *erlernten Hilflosigkeit* (Seligman et al., 1971 nach Mielke, 2001, S.31), d.h. die Verzögerung oder das Ausbleiben des Meidungslernens und eine generelle Verhaltensunterdrückung, die nach verhaltensunabhängiger Bestrafung eintritt (Bredenkamp, 1997, S.292; Mielke, 2001, S.31)

Auch neuere kognitive Erklärungsmodelle erklären Konditionierung auf Basis des Lernens von Relationen zwischen Ereignissen (Kontingenzen) (Lachnit, 1993 nach Mielke, 2001, S.31) und unterstellen zudem ein Streben nach relevanten Informationen im Sinne einer Vorhersagbarkeit der Umwelt (vgl. eingangs eingeführte Funktion des Gedächtnisses). Das kognitive Konstrukt der Erwartungen ist dann die interne Abbildung dieser Relation und das Erlernen einer stimmigen Relation, d.h. das Erstellen von sich bestätigenden Erwartungen hat zunächst einmal einen Wert an sich (Macintosh, 1983 nach Schermer, 2002, S.34/5; Dörner, 1999 nach Mielke, 2001, S.31). Damit wäre auch eine Motivation für das Erlernen von kognitiven Karten gegeben.

11.1.5. Bandura: Lernen durch Beobachtung bzw. Modelllernen

Wir kommen nun zu einer Lernform, die bislang nur beim Menschen nachgewiesen ist (Schermer, 2002, S.82), nämlich das sogenannte Beobachtungslernen. Darunter versteht man ein Lernen, das nicht aufgrund von eigenem Verhalten – d.h. durch Erfahren von Konsequenzen am eigenen Laibe – zustande kommt, sondern durch stellvertretende Erfahrung, d.h. durch das Beobachten anderer, die dann ein Modell darstellen (für das, was auch einem selbst geschehen könnte).

Das prototypische Experiment für diese Lernform wurde von Albert Bandura (*1925) durchgeführt (Bandura, 1965). Er zeigte Kindern im Alter von dreieinhalb bis sechs Jahren einen Film, in dem ein Erwachsener einer Puppe gegenüber aggressive Verhaltensweisen zeigt. Die Kinder wurden nun nach dem Zufallsprinzip in drei Gruppen unterteilt, die ein jeweils anderes Ende dieses Films sahen: Entweder wurde der Erwachsene von einem anderen Erwachsenen a) für sein Verhalten gelobt und belohnt, oder b) sein Verhalten blieb folgenlos oder aber c) er wurde getadelt und bestraft. Führte man die Kindern nun anschließend einzeln in einen Raum, in dem sie vermeintlich unbeobachtet die Möglichkeit hatten, die im Film beobachteten Verhaltensweisen auf eine Puppe anzuwenden, so zeigte sich dieses Verhalten je nach Gruppenzugehörigkeit mit abnehmender Häufigkeit (Belobigungsgruppe am häufigsten, Bestrafungsgruppe am seltensten). Dies war jedoch kein Maß für ihr Lernen, denn forderte anschließend ein hinzukommender Erwachsener die Kinder auf, das im Film demonstrierte Verhalten vorzuführen, und belohnte die erfolgreiche Imitation, bestand zwischen den Gruppen kein Unterschied mehr: Sie hatten also das gleiche Verhaltenspotential gelernt und die Konsequenzen des Verhaltens waren lediglich für dessen Auftretenswahrscheinlichkeit (und nicht für dessen Erlernen) relevant.

Bandura propagierte wie bereits Tolman vor ihm, dass man zum einen zwischen Aneignung und Ausführung von Verhalten unterscheiden müsse und zum anderen, dass Verstärkung nicht für das Aneignen (Lernen) notwendig sei, sondern für die Ausführung einer erlernten Verhaltensweise eine Rolle spiele.

Bandura zeichnet sich dadurch aus, dass er die bis in die 70er Jahre fast ausschließlich tierexperimentell orientierte lernpsychologische Forschung für den Humanbereich erschloss und das Beobachtungslernen nicht mehr als Sonderfall des Verstärkungslernens, sondern als eigenständige Lernform auffasste (Schermer, 2002, S.82/83). Durch seine sozial-kognitive Theorie brachte er wichtige kognitive Konzepte (jenseits der Erwartung) in die Lerntheorie ein, da er die Innenwelt der Person als zusätzliche wesentliche Determinante des Verhaltens berücksichtigt, indem er den Einfluss vieler vielfach experimentell untersuchter kognitiver Parameter diskutiert. Diese regulieren vier Subkomponenten des Modelllernens, von denen jeweils zwei der Aneignung des Verhaltens (Aufmerksamkeits- und Behaltensprozess) und zwei der Ausführung des Verhaltens (motorische Reproduktionsprozesse und motivationale Prozesse) zugeordnet sind (Schermer, 2002, S.86ff).

Außerdem geht Bandura von zwei Sonderfällen des Modelllernens aus, dem abstrakten bzw. kreativen Modelllernen, bei dem durch Abstraktion bzw. Kombination von beobachtetem Verhalten mehr gelernt wird, als das einzelne Modell zeigt (Schermer, 2002, S.85/6). In diesem Rahmen ist wohl auch die von Schermer vertretene Ansicht (Schermer, 2002, S.93) zu verstehen, dass das von Köhler eingeführte *Lernen durch Einsicht* im Rahmen des operanten Lernens und des Modelllernens zu erklären ist und daher nicht als eigene Lernart zu behandeln ist.

Während sich frühe Arbeiten Banduras auf die lernpsychologische Fragestellung des Modelllernens beziehen, wendet er sich in späteren Arbeiten der Selbstregulation (bestehend aus Selbstbeobachtung, Bewertung und Selbstreaktion) und damit eher einer allgemeinen Verhaltenstheorie zu. Insbesondere führt er das Konzept der Selbstwirksamkeit als eine wichtige Determinante ein, demzufolge die Kompetenzerwartung, welche sich ein Individuum in Auseinandersetzung mit einer Aufgabe selbst zuspricht, eine wesentliche Rolle für das Verhalten spielt (Schermer, 2002, S.92ff und S.98ff).

Allerdings ist die Bezeichnung Theorie im Sinne eines Systems von aufeinander bezogenen Aussagen für Banduras sozial-kognitive Theorie insofern irreführend, als dass der gegenseitige Bezug der diskutierten kognitiven Variablen und deren Einbettung in eine systematische kognitive Theorie und insbesondere ein Aufgreifen von Theorien der Gedächtnispsychologie ausbleiben (Schermer, 2002, S.101/102).

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass immer wieder die Frage gestellt worden ist, ob das Modelllernen nicht nur dem ‚vorbereiteten‘ Organismus möglich ist, d.h. einem Organismus, der gelernt hat zu lernen, indem bspw.

imitierendes Verhalten operant verstärkt wurde. Hierfür sprechen einige Befunde (Bredenkamp, 1997, S.292/3).

11.1.6. Implizites Lernen

Im Folgenden wird zunächst ein Eindruck vermittelt, was implizites Lernen ist; anschließend wird auf die Begriffsbestimmung und dabei anzutreffende Probleme eingegangen.

In einem typischen Experiment zur Demonstration impliziten Lernens wird den Versuchspersonen zunächst die Aufgabe gestellt, Buchstabensequenzen zu memorieren (still zu wiederholen) mit dem Ziel, diese später zu reproduzieren (also nach einer gewissen Zeitspanne wiedergeben zu können), d.h. die Aufgabenstellung kommt für die Versuchspersonen als ein verbales Auswendiglernen daher. Was die Versuchspersonen in dieser Lernphase nicht wissen, ist, dass die zu memorierenden Buchstabensequenzen den Regeln eines synthetischen Regelwerks folgend gebildet wurden, d.h. im Sinne einer synthetischen Grammatik syntaktisch korrekt sind.

Im weiteren Verlauf des Experiments werden die Versuchspersonen über die Regelmäßigkeit der erlernten Buchstabensequenzen aufgeklärt (ohne ihnen jedoch die Regeln zu nennen) und sie werden für sie überraschend vor die Aufgabe gestellt, vorgelegte Buchstabensequenzen dahingehend zu beurteilen, ob es sich um syntaktisch korrekte oder unkorrekte Sequenzen handelt. Dies gelingt den Versuchspersonen so häufig, dass ein Raten auszuschließen ist (Bredenkamp, 1998, S.20), d.h. sie haben anscheinend die Unterscheidung erlernt. Sie sind aber oftmals nicht in der Lage, die Regeln mitzuteilen.

Ein Beispiel aus dem Alltag für implizites Lernen ist die Fähigkeit von Menschen, ein unbekanntes Musikstück einem Komponisten zuzuordnen, von dem ihnen andere Musikstücke bekannt sind, ohne dies an bestimmten Dingen festmachen zu können (Bredenkamp, 1998, S.33/4).

Beim impliziten Lernen liegt also eine Dissoziation zweier Maße vor – nämlich die erlernte Unterscheidungsfähigkeit und die nicht erlernte Mitteilbarkeit von Unterscheidungsregeln –, was auch in der Wahrnehmungs- und Gedächtnispsychologie eine Voraussetzung dafür ist, von *impliziten* Prozessen zu sprechen (Bredenkamp, 1998, S.21).

Dementsprechend wurde der Begriff des ‚impliziten Lernens‘ 1967 von Reber eingeführt (Reber, 1967 nach Bredenkamp, 1998) und durch zwei Komponenten charakterisiert: Zum einen erfolge implizites Lernen inzidentell (beiläufig) statt intentional (beabsichtigt) und zum anderen führe es zu unbewusstem Wissen (Bredenkamp, 1998, S.19/20). Neu an dieser Lernform war nicht etwa, dass inzidentell gelernt wurde (diese Möglichkeit war schon bekannt), sondern dass anscheinend inzidentell die Regeln eines Produktionssystems erlernt werden. Dementsprechend ist diese Lernform im Hinblick auf den Spracherwerb sehr interessant (Bredenkamp, 1998, S.21).

In der Folge wurde in Frage gestellt, ob tatsächlich eine ‚Produktionsgrammatik‘ erlernt wurde oder ob nicht andere Unterscheidungsmerkmale erlernt würden. (So wäre es ja im Musikbeispiel möglich, dass die Menschen den Komponisten anhand der Instrumentierung erkennen und nicht an der ‚Grammatik‘ seines Musikaufbaus.) Neuere Forschungen sprechen aber für den Erwerb eines Regelsystems (Bredenkamp, 1998, S.35).

Ein weiteres Problem bei der Begriffsbestimmung ist zudem die Bezeichnung ‚unbewusstes Wissen‘, da hierdurch die Artikulierbarkeit bzw. Berichtbarkeit von Wissen mit dessen Bewusstheit gleichgesetzt wird. (Ist etwas unbewusst, nur weil man es nicht mit Worten beschreiben und daher nicht (problemlos) mitteilen kann?) Dies ist eine Annahme, die zum einen fraglich und zum anderen empirisch nicht überprüfbar ist (Bredenkamp, 1998, S.34).

11.2. Gedächtnispsychologie

In der Gedächtnispsychologie ist es zunächst einmal notwendig, kurz auf die beiden historischen Positionen von Ebbinghaus (1850-1909) und Bartlett (1886-1969) einzugehen, die die psychologische Gedächtnisforschung maßgeblich geprägt haben und noch bis heute einen Bezugspunkt aktueller Debatten bilden (Straub, 1997, S.249): Beide beschäftigten sich mit einer erinnerungsorientierten Gedächtnispsychologie. Aber während Ebbinghaus die Erinnerungsfunktion als rein reproduktiv auffasste und seine Forschung daher auf die Frage der Leistungsfähigkeit und Güte des Speichers konzentrierte (Kap. 11.2.1.), vertrat Bartlett schon früh die noch heute anerkannte Gegenposition eines dynamischen Gedächtnisses (Bartlett, 1932) und betrachtete das Erinnern als einen konstruktiven Prozess (Kap. 11.2.2.).

Bartletts Ansichten fanden jedoch erst im Zuge der kognitiven Wende Gehör (Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts), in deren Folge sich der Fokus der Gedächtnisforschung von der Frage der Erinnerungsleistung auf die Frage der Struktur und der Arbeitsweise des Gedächtnisses verlagerte. Es entstanden Mehrspeichermodelle des Gedächtnisses, die den Speicher differenzieren (Kap. 11.2.3.), und, zunächst als Konkurrenz, aber heute eher als Ergänzung, Mehrebenenmodelle, welche die Verarbeitungsprozesse differenzieren (Kap. 11.2.4.); das Ziel dieser Differenzierungen war jeweils die Erklärung unterschiedlicher Gedächtnisleistungen. Ein relativ neuer Begriff ist in diesem Zusammenhang das implizite Gedächtnis (Kap. 11.2.5.).

Mit Beginn der 70er Jahre rückte dann eine weitere Frage in den Mittelpunkt, nämlich die Frage, wie (semantisches) Wissen (im Langzeitgedächtnis) repräsentiert wird (Kap. 11.2.6.).

11.2.1. Ebbinghaus: Reproduktive Kapazität des Gedächtnisses

Herman Ebbinghaus (1850-1909) gilt als Vater der experimentellen Untersuchung menschlicher Gedächtnis- und Erinnerungsleistungen. Er sah

das Gedächtnis als einheitlichen Speicher an, dessen Leistungsfähigkeit und Güte, d.h. dessen reproduktive Kapazität, es zu untersuchen galt. Da er dies möglichst isoliert von anderen mentalen Funktionen und möglichst objektiv erforschen wollte, bestand sein Untersuchungsmaterial im Wesentlichen aus (vermeintlich) sinnlosen Silben, die aus einer Konsonant-Vokal-Konsonant-Folge bestanden. Er prägte sich Listen dieser Silben durch mehrmaliges lautes Lesen ein und untersuchte, wie viele Lautlese-Durchgänge er brauchte, bis er die Sequenz der Wörter fehlerfrei reproduzieren konnte, d.h. für ein vorgegebenes Listenelement das Nachfolgeelement angeben konnte; damit galt die Liste als gelernt. Nun ließ er (variabel) eine gewisse Zeit verstreichen und hielt fest, wie viel er nach einer bestimmten Zeit noch von dem erlernten Material reproduzieren konnte (*Behaltensleistung*) und wie viele erneute Lautlese-Durchgänge er brauchte, um die Liste wieder fehlerfrei reproduzieren zu können (*Ersparniswert*).

Diese wohl berühmtesten Versuche von Ebbinghaus führten zur bekannten *Vergessenskurve*, welche eine der bewährtesten Einsichten der experimentellen Psychologie darstellt: „Der Ersparniswert nimmt mit der unmittelbar nach Erreichen des Lernziels verstreichenden Zeit rapide ab, sodann deutlich langsamer, und schließlich bleibt ein gleichsam unvergeßlicher Rest im Gedächtnis bewahrt“ (Straub, 1997, S.253). Dieser negativ beschleunigte Verlauf der Kurve fand sich in Replikationsstudien auch mit anderen Lernmaterialien und anderen Erfassungsmethoden (s.u.), wenn auch mit signifikanten Unterschieden in der Ausprägung der Kurve (Schermer, 2002, S.109/10).

Der Ansatz von Ebbinghaus wurde in der Folgezeit differenziert, indem das oben beschriebene *sequentielle Lernen* (oder auch *serielles Lernen*) von Listen durch das *Paarassoziationslernen* ergänzt wurde, bei dem Paare von kurzen Wörtern bzw. Ziffernfolgen gelernt werden. Auch die Erfassungsmethoden wurden ergänzt, indem zusätzlich zur oben beschriebenen *Ersparnisermethode* (Erfassen der erneuten Lautlese-Durchgänge zum erneuten Erreichen des Lernziels) die *Treffermethode* verwendet wird (Erfassen des Anteils an gehaltenem Material, d.h. Erfassung der Behaltensleistung). Außerdem wurde die oben beschriebene *freie Reproduktion* durch das Prüfverfahren der *gebundenen Reproduktion* ergänzt, bei dem der erste Teil des gelernten Paares vorgegeben wird und der Proband den zweiten Teil erinnern soll. Weiterhin wird auch noch mit dem Verfahren des Wiedererkennens getestet, bei dem der Proband entscheiden muss, ob etwas Vorgelegtes Teil des Gelernten ist (kam das Wort, das Paar etc. vor?); dabei werden dann auch sogenannte *Distraktoren* vorgelegt, also Ablenkungselemente, die im zu lernenden Material nicht enthalten sind. Im Zuge dieser Differenzierung der Prüfungsverfahren hat man festgestellt, dass Gedächtnisleistungen auch vom jeweiligen Prüfverfahren abhängen. Bspw. ist es so, dass im Regelfall die Probanden beim Wiedererkennen besser abschneiden als beim Reproduzieren, es sei denn, die

Distraktoren sind den zu erinnernden Elementen sehr ähnlich (Straub, 1997, S.253/4).

Ein weiterer Befund der klassischen Gedächtnispsychologie ist der sogenannte *seriale Positionseffekt*: Bei Reproduktion der zu lernenden Liste werden bei den Anfangs- und den Endelementen die wenigsten Fehler, bei den mittleren Elementen die meisten Fehler gemacht. Dieser auch *primacy*- und *recency*-effect genannte Befund wurde erst im Rahmen der Mehrspeichermodelle, namentlich durch die begrenzte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses, erklärt (Kap. 11.2.3.).

Zusammenfassend sei festgehalten, dass sich Gedächtnispsychologie im Geiste von Ebbinghaus einem *verbalen Lernen* widmet. Ihr Verdienst ist die Gewinnung von Erkenntnissen, die zu zahlreichen Hilfestellungen für ein effektives, mechanisches Auswendiglernen von relativ einfachen Lerninhalten geführt haben (Straub, 1997, S.254ff). Während dieser Art des Lernens im 19. Jahrhundert größte Bedeutung zugemessen wurde, verlor es jedoch im 20. Jahrhundert an ökologischer Validität, da sich das pädagogische Interesse auf aktive und komplexe Formen des Problemlösens verlagerte (Schermer, 2002, S.114).

11.2.2. Bartlett: Das aktive, konstruktive Gedächtnis

Die klassische Gedächtnispsychologie im Geiste von Ebbinghaus hat wenig zur Klärung der Strukturen und Funktionen des Gedächtnisses beigetragen und entspricht in ihren Forschungsprämissen nicht mehr der heutigen Sichtweise des Gedächtnisses, die von Bartlett wesentlich geprägt wurde. Denn das Untersuchungsmaterial im Sinne von Ebbinghaus war absichtlich künstlich und sinnlos gehalten und die Untersuchungen wurden dahingehend gestaltet, dass man die Reproduktionsfähigkeit möglichst isoliert untersuchen wollte. Dies ist aber sehr alltagsfern, da wir uns das, was wir wahrnehmen, nicht einfach in der dargebotenen Form merken, sondern daraus erinnerungsfähige und erinnerungswürdige Erfahrungen machen, indem wir das Wahrgenommene zu vorhandenen Erfahrungen (Gedächtnis) in Bezug setzen und ihm dadurch Bedeutung verleihen. Dementsprechend gilt es inzwischen auch als gesicherter Befund der kognitiven Gedächtnispsychologie, dass die bedeutungsmäßige Repräsentation weit effektiver ist als jedes mechanische Auswendiglernen sinnlosen Materials (Anderson, 1988, S.103-112 nach Straub, 1997, S.255).

Frederic C. Bartlett (1886-1969) vertrat die Auffassung, „Gedächtnis und Erinnerung stünden wesentlich im Dienste der Zielsetzung, dem Leben Bedeutung und Sinn zu verleihen“ (Straub, 1997, S.256), eine Auffassung also, die sich mit der eingangs angeführten Definition deckt, dass man unter Gedächtnis die Fähigkeit versteht, Informationen über vergangene Ereignisse zu speichern, um das aktuelle Verhalten zu beeinflussen (im Sinne einer sinnvollen Anpassung). Er betrachtete daher Erinnerungs- und Gedächtnis-

leistungen nicht als reproduktive Tätigkeit, sondern als produktive, aktive, kreative und konstruktive Leistung (Straub, 1997, S.256).

Das Paradebeispiel für Bartlettsche Forschung ist eine Untersuchung, in der europäische Versuchspersonen eine für den Leser fremdartige, indianische Erzählung namens ‚The war of the ghosts‘ zweimal in Ruhe lasen und später schriftlich wiedergaben. Zusammenfassend beschreibt Straub (Straub, 1997, S.258) die Untersuchungsergebnisse wie folgt: „Die >>Erinnerungen<< glichen das Gelesene den eigenen Erfahrungs- und Erwartungshorizonten an, das Fremde wurde >>nostrifiziert<<. Das Seltsame war gerade eben nicht als solches *merk*-würdig, sondern gab Anlaß zu >>Nacherzählungen<<, die für die Akteure Sinn ergaben und ihren eigenen Motiven und Interessen entgegenkamen.“ D.h. das Gelesene wurde nicht einfach reproduziert, sondern die (Erinnerung an die) Geschichte wurde so strukturiert, dass sie für die Versuchspersonen Sinn machte.

Bartlett führte den Schemabegriff ein, der von der heutigen kognitiven Psychologie aufgegriffen und präzisiert wurde (Kap. 11.2.6.) und aus der heutigen Gedächtnispsychologie (siehe Kap. 11.2.6.) nicht mehr wegzudenken ist (Straub, 1997, S.258): „Schemata waren für Bartlett organisierte Wissens-einheiten, die uns die Identifizierung (auch komplexer Sachverhalte) ermöglichen und dadurch Orientierung stiften. Schemata ordnen und strukturieren jeweils bestimmte Wirklichkeitsbereiche, ohne daß wir uns dessen normalerweise bewußt sind“ (Straub, 1997, S.257). Die oben beschriebenen Untersuchungsergebnisse erklären sich dadurch, dass die Versuchspersonen – sowohl beim Lesen als auch beim Erinnern – die Geschichte im Rahmen eines gegebenen Schemas interpretiert haben, das aus ihrer europäischen Kultur stammt und das daher die gelesene indianische Geschichte entsprechend deutet, merkt und erinnert.

11.2.3. Differenzierung des Gedächtnisses I: Mehrspeichermodelle

Die im Folgenden beschriebenen Gedächtnismodelle geben die in der Gedächtnispsychologie anfänglich vertretene Idee eines einheitlichen Gedächtnissystems auf und gehen stattdessen von mehreren Gedächtnisarten bzw. -speichern aus, die von den eingehenden Informationen nacheinander durchlaufen werden und die für die Kodierung, die Speicherung und den Abruf von Informationen verantwortlich sind (Schermer, 2002, S.116).

11.2.3.1. Das klassische Drei-Speicher-Modell

Während zunächst nur zwei Komponenten, nämlich das Kurzzeit- und das Langzeitgedächtnis (KZG und LZG) und entsprechende Speicher (KZS bzw. LZS), unterschieden wurden, fassten Atkinson & Schiffrin 1968 die damals bekannten Befunde zusammen (Atkinson & Schiffrin, 1968) und ergänzten diese Zwei-Komponenten-Theorie um ein dem Kurzzeitgedächtnis

vorgesaltetes sensorisches Register bzw. Ultrakurzzeitgedächtnis (UKZG bzw. UKZS). Dieses klassische *Drei-Speicher-Modell* (siehe Abb. 16) ist in seinen Grundzügen bis heute gültig, auch wenn es wesentliche Modifikationen erfahren hat (Bredenkamp, 1998; Schermer, 2002).

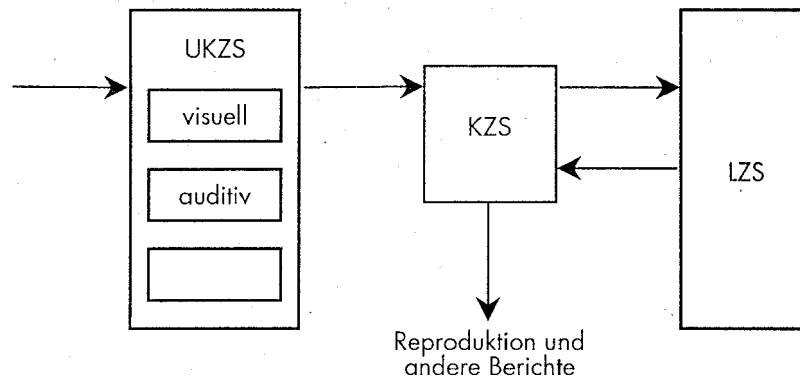


Abb. 16: Das klassische Drei-Speicher-Modell

Quelle: Bredenkamp, 1998, S.48

Die Funktion des *sensorische Registers* bzw. des *Ultrakurzzeitgedächtnisses* (UKZG bzw. UKZS) ist die kurzfristige Bewahrung umfangreicher Sinneseindrücke für die Analyse durch das Kurzzeitgedächtnis. Es hat dementsprechend eine vergleichsweise große Kapazität, aber nur eine geringe Haltezeit von maximal ein bis zwei Sekunden zumeist aber nur für Sekundenbruchteile (Straub, 1997, S.263), da permanent neue Reize einströmen, welche die vorübergehend vorgehaltenen Reize überdecken. Es wird angenommen, dass es für jede Sinnesmodalität ein eigenes Register gibt, jedoch sind diese bislang nur für die visuelle und die auditive Wahrnehmung gut beforscht und dadurch eindeutig belegt, während für andere Modalitäten wenig bekannt ist (Straub, 1997, S.262/3; Schermer, 2002, S.118).

Die ‚klassischen‘ Experimente zu Ableitung, Funktion und Arbeitsweise des visuellen Ultrakurzzeitgedächtnisses stammen von Sperling (Sperling, 1960), der seinen Versuchspersonen mehrere Reihen von Buchstaben für eine sehr kurze Zeitspanne (50 Millisekunden) zeigte. Die Versuchspersonen waren anschließend nicht in der Lage, alle Buchstaben zu reproduzieren. Wurde ihnen jedoch durch ein kurzes Tonsignal unmittelbar nach Präsentation der Reihen angezeigt, welche Reihe es anschließend zu reproduzieren galt, war dies den Versuchspersonen für jede Reihe fast immer möglich, allerdings nur dann, wenn das Tonsignal nicht länger als etwas 250-500 Millisekunden nach der Präsentation erfolgte.

Diese Experimente zeigen also, dass zwar das gesamte Bild vollständig verfügbar ist, aber nur für sehr kurze Zeit verfügbar gehalten wird und ‚auslesbar‘ ist. Nach Andersen entscheidet die Aufmerksamkeitszuwendung darüber, was vom Ultrakurzzeitgedächtnis in das *Kurzzeitgedächtnis* (KZG bzw. KZS) übertragen wird (Anderson, 1985 nach Bredenkamp, 1998, S.47). Ein

wichtiges Argument für die Postulierung eines eigenständigen sensorischen Ultrakurzzeitpeichers war zudem der scheinbare Nachweis, dass die Informationsverarbeitung im Ultrakurzzeitgedächtnis im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis präkategorial erfolgt; dies wurde durch neuere Forschungen revidiert, die eine kategoriale Informationsverarbeitung nachweisen und somit Zweifel an der bis dato vertretenen scharfen Abgrenzung zum Kurzzeitgedächtnis aufkommen lassen (Schermer, 2002, S.118ff).

Das *Kurzzeitgedächtnis* stellt die unmittelbare Gedächtnisspanne dar und hat Baddeley zu Folge die Funktion eines Arbeitsspeichers (s.u.), der an der Bewältigung verschiedenster kognitiver Aufgaben beteiligt ist: Was enthalten ist, ist dem Bewusstsein zugänglich und bewusst verarbeitbar und wird daher als psychologische Gegenwart empfunden. Das Kurzzeitgedächtnis hat eine sehr begrenzte Kapazität, die nach der einflussreichen Arbeit von Miller (Miller, 1956) häufig mit sieben (plus/minus zwei) Informationseinheiten angegeben wird. Diese sogenannten *chunks* (englisch für Klumpen) können unterschiedlich komplex sein, bspw. kann die Zahl 96417 in Form von fünf Ziffern repräsentiert sein (fünf chunks) oder aber als Postleitzahl der Universität Bamberg (ein chunk).

Wie sehr das chunking, also das Zusammenfassen mehrerer einzelner Informationseinheiten anhand ihrer Bedeutung zu einer einzigen Informationseinheit, die Gedächtnisspanne erweitern kann, haben die „einfallsreichen Experimente“ (Schermer, 2002, S.123) von Chase und Simon mit Schachspielern gezeigt (Chase & Simon, 1973): ‚Experten‘ konnten in Folge ihrer umfangreichen Erfahrung sinnvolle, d.h. tatsächliche vorkommende Schachkonstellationen, wesentlich besser erinnern als ‚Laien‘, während hingegen dieser Vorteil bei beliebigen Anordnungen verschwand.

Das Kurzzeitgedächtnis hat zwar nur eine geringe Haltezeit von 20-30 Sekunden (Straub, 1997, S.263), jedoch können Informationen durch Memorieren (stilles Wiederholen) beliebig lange im Kurzzeitgedächtnis gehalten werden (Bredenkamp, 1998, S.48). Außerdem werden durch das Memorieren Informationen in das *Langzeitgedächtnis* (LZG) übertragen. Genau die Verhinderung dieses Memorierens durch eine sogenannte Distraktionsaufgabe (wie bspw. Rückwärtszählen in der Zeitspanne zwischen der Präsentation und der Abfrage einer Drei-Konsonanten-Folge) und damit die Verhinderung des Haltens im Kurzzeitgedächtnis und der Übertragung ins Langzeitgedächtnis (s.u.), diente in den klassischen experimentellen Studien von Petersen & Petersen (Petersen & Petersen, 1959 nach Schermer, 2002, S.121) als Nachweis der Existenz des Kurzzeitgedächtnisses.

Das Halten von Informationen im Kurzzeitgedächtnis durch Memorieren, die Übertragung von Informationen vom Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis durch Memorieren und die begrenzte Kapazität des Kurzzeitgedächtnis erklären zusammengenommen den *serialen Positionseffekt*: Beim Lesen der Liste zum Zwecke des Auswendiglernens gelangen die

Elemente nacheinander in das Kurzzeitgedächtnis und werden dort durch Memorieren gehalten; dabei füllt sich das Kurzzeitgedächtnis zunächst mit den ersten Elementen der zu lernenden Liste bis zur Kapazitätsgrenze, und erst anschließend wird durch die Neuaufnahme eines Elements in das Kurzzeitgedächtnis ein bereits dort befindliches Element verdrängt; d.h., dass Elemente im Listenanfang häufiger memoriert werden können als in der Mitte der Liste, da zunächst nicht die volle Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses ausgeschöpft wird und damit die Anzahl der durch Memorieren zu wiederholenden Elemente kleiner ist als die Kapazität; dadurch können pro Zeiteinheit die Elemente öfter wiederholt werden und gelangen somit besser in das Langzeitgedächtnis: Die ersten Elemente einer Liste werden somit besser erinnert (*Primacy-Effekt*). Die letzten Elemente einer Liste sind noch im Kurzzeitgedächtnis, wenn abgefragt wird bzw. konnten nach Erreichen des Listenendes noch eine Weile memoriert werden und damit besser ins Langzeitgedächtnis übertragen werden, bevor sich das Kurzzeitgedächtnis mit anderen Dingen füllt: Dadurch werden die letzten Listenelemente besser erinnert (*Recency-Effekt*).

Das *Langzeitgedächtnis* ist die psychologische Vergangenheit und enthält das gesamte permanente Wissen eines Menschen über sich selbst und die Welt. Man geht davon aus, dass das, was dort einmal gespeichert wurde, dort für immer verbleibt oder vielleicht besser gesagt, dort seine Spuren hinterlässt; denn man geht davon aus, dass nichts vergessen wird, sondern dass die Erinnerung lediglich schwächer wird und mit anderen Erinnerungen interferiert (Schermer, 2002, S.167ff); vor allem muss Eingespeichertes erst einmal durch einen entsprechenden Abrufprozess gefunden werden, was nicht immer gelingt (Bredenkamp, 1998, S.50).

11.2.3.2. Differenzierung des Kurzeitgedächtnisses: Baddleys Theorie des Working Memory

Wie bereits erwähnt, war es Baddeley, der die Funktion des Kurzzeitgedächtnisses als Arbeitsspeicher postulierte (ausführliche Darstellung in Baddeley, 1997).

Er untersuchte dessen Leistung unter verschiedenen Anforderungsbedingungen und stellte fest, dass es Aufgabenkombinationen gibt, die gleichzeitig ohne (wesentliche) Einbußen in der Bearbeitungsqualität bearbeitet werden können, und dass es Aufgabenkombinationen gibt, für die dies nicht gilt. Dies widerspricht der Konzeption eines einheitlichen Kurzzeitgedächtnisses. Außerdem zeigte sich, dass die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses genau genommen nicht in der Anzahl der Wörter zu bemessen ist (sieben Stück), sondern in der Artikulationszeit der Wörter, nämlich zwei Sekunden. So findet sich z.B. bei zweisprachigen Menschen die gleiche Kapazität hinsichtlich der Artikulationszeit, aber je nach Sprache kann diese für die Artikulation einer unterschiedlichen Anzahl von Wörtern ausreichend sein.

Dies führte zu Baddeleys Konzeption des Kurzzeitgedächtnisses als ein Arbeitsgedächtnis (siehe Abb. 17):

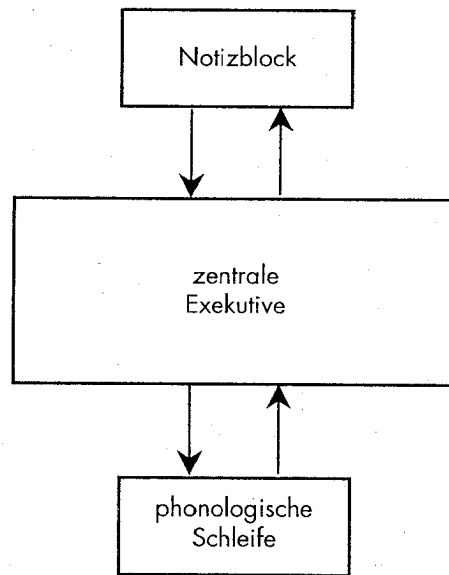


Abb. 17: Das Kurzzeitgedächtnis nach Baddeleys Theorie des Arbeitsgedächtnisses

Quelle: Bredenkamp, 1998, S.61

Es gibt eine zentrale Exekutive, die den Informationsaustausch mit dem Langzeitgedächtnis reguliert und gegebenenfalls Aufgaben an Sklavensysteme delegiert: Dabei handelt es sich um den Notizblock, der auf die Verarbeitung räumlicher und visueller Informationen spezialisiert ist, und die phonologische Schleife, die auf die Verarbeitung sprachlicher Informationen spezialisiert ist (Bredenkamp, 1998, S60-62).

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Annahme, dass die Gedächtnisspur der phonologischen Schleife nach zwei Sekunden zerfällt. Dadurch erklärt Baddeley den Befund, dass die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses genau genommen nicht in der Anzahl der Wörter zu bemessen ist (sieben Stück), sondern in der Artikulationszeit der Wörter, nämlich zwei Sekunden.

11.2.3.3. Differenzierung des Langzeitgedächtnisses: episodisch vs. semantisch, epistemisch vs. heuristisch, deklarativ vs. prozedural, imaginal vs. verbal

Tulving schlug 1972 (Tulving, 1972) die Unterscheidung in ein *episodisches* und ein *semantisches* Gedächtnis vor: Zum episodischen Gedächtnis gehören alle persönlichen Erfahrungen, die sich räumlich und zeitlich datieren lassen wie bspw. ‚gestern Abend war ich Tanzen‘ oder ‚letztes Jahr war ich im Sommerurlaub in den Alpen‘. Hingegen bilden Informationen, für die dies nicht (mehr) möglich ist und die somit ein allgemeines ‚generelles‘ Weltwissen darstellen, wie bspw. ‚Rom ist Hauptstadt von Italien‘, das semantische Gedächtnis.

Auf Dörner geht wiederum eine andere Unterscheidung zurück, nämlich die in *epistemisches* und *heuristisches* Wissen (Dörner, 1976): Epistemisches Wissen ist Faktenwissen (bspw. wo sich Lebensmittel befinden), während hingegen heuristisches Wissen Veränderungswissen ist (bspw. dass eine bestimmte Zubereitungsart ungenießbare in genießbare Lebensmitteln verwandelt).

Eine weitere übliche Unterscheidung macht sich an der Berichtbarkeit von Wissen fest, denn über die Inhalte des semantischen Gedächtnisses kann im Gegensatz zum sogenannten prozeduralen Gedächtnis problemlos berichtet werden: Während das *semantische* bzw. *deklarative* Gedächtnis ein Wissen ist, *was* der Fall ist, enthält das *prozedurale* bzw. *nicht-deklarative* Gedächtnis ein Gedächtnis für Fertigkeiten wie Fahrrad fahren oder einen grammatikalisch korrekten Satz bilden, also ein Wissen, *wie* man etwas macht. Während das deklarative Gedächtnis einer absichtlichen Erinnerung zugänglich ist, „sind prozedurale Gedächtnisinhalte weitestgehend ohne bewußte Erinnerungsleistung des Individuums verhaltenswirksam“ (Schermer, 2002, S.128). Daher wird teilweise auch die Bezeichnung *implizites Gedächtnis* synonym für das prozedurale oder nicht-deklarative Gedächtnis verwendet.

Paivio unterscheidet zwei voneinander unabhängige Formen der Verschlüsselung, der Speicherung und des Abrufs von Informationen (Paivio, 1971; Paivio, 1978; Paivio, 1986): Zum einen gebe es das imaginale (anschaulich-bildhafte) System, das mit einer präsentativen Symbolik arbeitet und das einen Sinneseindruck in seiner originalen Modalität als Vorstellungsbild (bzw. -ton, -geruch etc.) unter Umständen auch abstrahierend codiert; sind hier gleichzeitig mehrere Sinneskanäle involviert, spricht man auch von einer analogen Abbildung. Das verbale (symbolisch-sprachliche) System hingegen arbeitet mit sprachsymbolischen Mitteln und codiert gemäß der jeweils herrschenden Sprachkonversion die Bedeutung eines Sinneseindrucks unabhängig von seiner sensorischen Modalität (Schermer, 2002, S.129f; Straub, 1997, S.275).

11.2.3.4. Differenzierung der Reihenfolge des Durchlaufens

Es gibt weiterhin zwei Befunde, welche die Anordnung des Kurzzeitgedächtnisses vor dem Langzeitgedächtnis hinsichtlich des Informationsflusses in Frage stellen.

Zum einen wurde bereits referiert (Schachbeispiel, s.o.), dass das Vorwissen (welches im Langzeitgedächtnis angesiedelt ist) eine wesentliche Rolle beim Chunking von Informationen spielt, d.h. es zeigt sich, dass das Langzeitgedächtnis die Identifikation und Kategorisierung des Wahrgenommenen beeinflusst (Bredenkamp, 1998, S.53/4).

Zum anderen zeigte es sich, dass auch nicht beachtete Wahrnehmungen, also solche, denen keine Aufmerksamkeit zugewandt wurde und die dementsprechend nicht ins Kurzzeitgedächtnis gelangen, das Langzeit-

gedächtnis beeinflussen (Bredenkamp, 1998, S.53); mehr dazu bei den Ausführungen zum impliziten Gedächtnis (Kap. 11.2.5.).

11.2.3.5. Zusammenfassung: Aktuelles Mehrspeichermodell

All diese Differenzierungen und Befunde lassen sich zu folgendem Bild (Abb. 18) zusammenfassen:

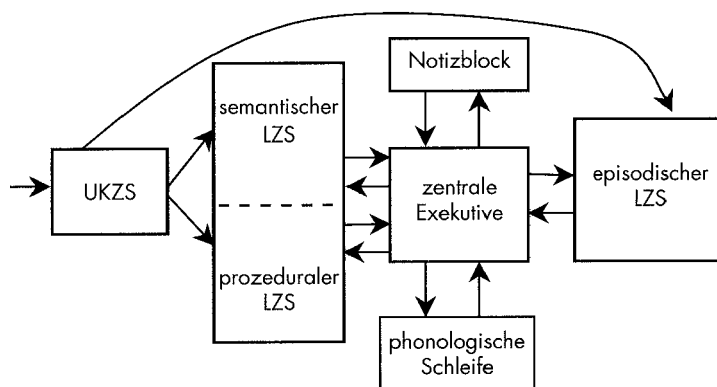


Abb. 18: Aktuelles Mehrspeichermodell

Quelle: Bredenkamp, 1998, S.63

Im Vergleich zum klassischen Drei-Speicher-Modell (vgl. Abb. 17) ist hier

- das Kurzzeitgedächtnis nach der Working-Memory-Theorie von Baddeley in zentrale Exekutive, Notizblock und phonologische Schleife differenziert,
- das Langzeitgedächtnis wird in episodisches, semantisches und prozedurales Gedächtnis differenziert,
- die Identifikation und Kategorisierung von Wahrgenommenem im Ultrakurzzeitgedächtnis und somit dessen Übernahme ins Kurzzeitgedächtnis wird durch Langzeitgedächtnis beeinflusst und
- Wahrgenommenes, dem keine Aufmerksamkeit gewidmet wurde und das somit nicht ins Kurzzeitgedächtnis gelangte, kann nichtsdestotrotz das Langzeitgedächtnis beeinflussen.

11.2.4. Differenzierung des Gedächtnisses II: Mehrebenenansätze

In der Anfangszeit als Konkurrenz, heute aber eher als Ergänzung zu den Mehrspeicheransätzen sind die Mehrebenenansätze zu sehen. Diese Ansätze heben darauf ab, inwiefern die Art und Weise der Informationsverarbeitung bei der Aufnahme und Speicherung einer Information (also in der Aneignungsphase) die Fähigkeit, diese Information zu erinnern (also Prozesse in der Reproduktionsphase), beeinflusst.

In diesem Zusammenhang ist zunächst vorzuschicken, dass die meisten Experimente, die auf die Untersuchung der Wirkung der Verarbeitungstiefe abzielen, sich des inzidentellen (beiläufigen) Lernens bedienen. Das heißt, die Versuchspersonen wissen nicht, dass es sich um ein Gedächtnisexperiment

handelt, sondern das Experiment wird ihnen im Regelfall als Wahrnehmungsexperiment dargestellt.

In einer ersten Phase werden dabei Informationen präsentiert, welche die Versuchspersonen in irgendeiner Art und Weise beurteilen müssen; dabei wird die Anforderung an das Ausmaß bzw. die Tiefe der Verarbeitung variiert. Bspw. müssen die Versuchspersonen analysieren, ob ein Wort kursiv oder nicht kursiv geschrieben ist (graphische Analyse, flache Verarbeitungstiefe), ob es den Buchstaben U enthält oder sich auf ein anderes Wort reimt (phonemische Analyse, mittlere Verarbeitungstiefe) oder ob das Wort in einen bestimmten Satz hineinpasst oder ob das mit dem Wort Bezeichnete fliegen kann (semantische Analyse, hohe Verarbeitungstiefe). In einer zweiten Phase werden die Versuchspersonen dann – für sie überraschend – gebeten, sich zu erinnern, ob das Wort in der vorherigen Phase bearbeitet wurde oder nicht.

Dabei zeigt sich, dass die Erinnerungsleistung umso besser ist, je ‚tiefer‘ vorher verarbeitet wurde. Dies ist die Kernannahme des 1972 von Craik und Lockhart vorgeschlagenen ‚levels of processing‘-Ansatzes (Craik & Lockhart, 1972).

„Ein ernstzunehmender Kritikpunkt am Mehrebenenansatz ist jedoch die zirkuläre Definition des Begriffes <<Verarbeitungstiefe>>. So wird die durch eine bestimmte Orientierungsaufgabe angeregte Tiefe der Verarbeitung aus der Behaltensleistung erschlossen und gleichzeitig diese Behaltensleistung durch die Verarbeitungstiefe erklärt“ (Schermer, 2002, S.136).

Außerdem zeigten weitere Befunde, dass bezogen auf das ursprüngliche Konzept „die Verarbeitungstiefe als ausschließliches Erklärungskonzept für die Gedächtnisleistung nicht als ausreichend angesehen werden kann“ (Schermer, 2002, S.136). So wurde z.B. in einer Revision des Ansatzes der Tiefe der Verarbeitung die Elaboration der Verarbeitung – im Sinne der Ausdehnung oder Reichhaltigkeit der Verarbeitung auf einer bestimmten Verarbeitungstiefe – gleichwertig gegenübergestellt (Craik & Simon, 1980 nach Schermer, 2002, S.137).

In diesem Zusammenhang ist ebenfalls auf das von Tulving und seinen Mitarbeitern konzipierte *Prinzip der Enkodierspezifität* einzugehen, das besagt, dass das Abrufen (Erinnern) von Informationen umso einfacher ist, je mehr die Bedingungen, unter denen es stattfindet, denen während der Aneignung (Einprägung) ähneln, oder anders ausgedrückt, je höher der Überlappingsgrad der in den beiden Phasen präsenten Informationen ist (Bredenkamp, 1998, S.75). (So wird bspw. ein Student in einer Prüfung besser abschneiden, wenn er sich schon beim Lernen die Prüfungssituation vorstellt.) „Gemäß dem Prinzip der Enkodierspezifität kann vermutet werden, daß die Verarbeitungstiefe nicht per se, sondern nur dann zu langfristigen Erinnerungen führt, wenn der Gedächtnistest auf solche Informationen abhebt, die während der Enkodierung präsent waren“ (Bredenkamp, 1998, S.77). So wird z.B. bei der Aneignung des Wortes „raDio“ entweder gefragt, ob das Wort ein großes D enthält oder ob es

mit Elektrizität zu tun hat, um somit einmal eine oberflächliche, graphische und einmal eine tiefe, semantische Verarbeitung anzuregen. Bei einer anschließenden Wiedererkennensprüfung wird dann ganz konform mit dem ‚levels of processing‘-Ansatz das Wort „raDio“ in einer Menge von Distraktoren wie „ceDar“, „caDdy“ oder „tiDbit“ bei der vorhergehenden Anregung der semantischen Verarbeitung leichterfallen als bei der Anregung der graphischen Verarbeitung. Nicht konform ist allerdings das Ergebnis, wenn bei einer anschließenden Wiedererkennensprüfung Distraktoren wie „radiO“, „rAdio“ oder „radIo“ präsentiert werden, denn dann ist die Leistung bei zuvor erfolgter graphischer Verarbeitung besser.

Daher ersetzen Bransford und Mitarbeiter (z.B. Bransford, 1979 nach Bredenkamp, 1998) den ‚levels of processing‘-Ansatz durch das *Prinzip des transferangemessenen Verarbeitens*, der eine große Ähnlichkeit zum Prinzip der Enkodierspezifität aufweist und „betont, daß verschiedene Komponenten der Verarbeitung auf die spätere Testsituation in unterschiedlichem Ausmaß übertragen werden können“ und dementsprechend hilfreich sind (Bredenkamp, 1998, S.77/8).

11.2.5. Implizites Gedächtnis, indirekte Verfahren, Priming

Abschließend bleibt der heterogene Begriff (Schermer, 2002, S.202) des impliziten Gedächtnisses zu erläutern, der im engen Zusammenhang mit dem für die Gedächtnispsychologie recht neuen Thema der indirekten Gedächtnisprüfung (Bredenkamp, 1998, S.70) steht:

Allen bislang beschriebenen Prüfverfahren ist gemeinsam, dass es sich um *direkte* Verfahren handelt, also Verfahren, bei denen die Prüfung *explizit* auf eine vorangegangene Lernepisode Bezug nimmt, d.h. die Versuchspersonen bemühen sich *intentional* (absichtlich), sich an Informationen zu erinnern, die während der Episode präsentiert wurden. Dies gilt auch bei der direkten, expliziten Überprüfung des inzidentellen Lernens, bei der die Versuchspersonen zwar während der entsprechenden Episode nicht wissen, dass sie später aufgefordert werden, die dort präsentierten Informationen zu erinnern, sich aber dann als Folge der später erfolgenden Aufforderung bewusst und absichtlich zu erinnern suchen.

Es gibt aber auch Prüfverfahren, die nur *indirekt* auf eine vergangene Episode Bezug nehmen: So werden bspw. Versuchspersonen während einer ersten Testphase wiederum gebeten, Wörter hinsichtlich bestimmter Eigenschaften zu beurteilen. Diese Versuchspersonen werden dabei in zwei Gruppen eingeteilt, die sich in der Auswahl der Wörter, die beurteilt werden, unterscheiden. In einer zweiten Phase werden die Versuchspersonen dann in einem anderen, als unabhängigen dargestellten, Test gebeten, Wortanfänge zu vollständigen Wörtern zu ergänzen. Vergleicht man nun die beiden Versuchspersonengruppen hinsichtlich der Häufigkeit der ergänzten Wörter, so findet sich, dass

Versuchspersonen Wortanfänge häufiger zu solchen Wörtern ergänzen, die in der ersten Phase beurteilt wurden, als zu solchen, die dort nicht vorkamen.

Dieser Effekt wird in der Psychologie mit *Priming* bezeichnet: „Hierunter versteht man >>die positiven Auswirkungen, die die Verarbeitung eines Reizes zu einem früheren Zeitpunkt auf die jetzige Verarbeitung hat<< (Bredenkamp & Erdfelder 1996, S.36). Es geht beim Priming also um die Verbesserung von Verarbeitung, Wahrnehmung oder Identifikation in der Prüfphase eines Gedächtnisexperimentes aufgrund einer meist kurz vorher erfolgten Auseinandersetzung mit dem Zielreiz“ (Schermer, 2002, S.188 mit Bezug auf Bredenkamp & Erdfelder, 1996).

Solche Leistungsunterschiede werden mit einem *impliziten Gedächtnis* erklärt, das von Schacter 1987 dementsprechend in einer ersten Überblicksarbeit wie folgt definiert wird: „Das implizite Gedächtnis wird dann sichtbar, wenn vorausgehende Erfahrungen die Leistung bei einer Aufgabe erleichtern, die nicht die bewußte oder absichtliche Erinnerung dieser Erfahrung verlangt“ (Schacter, 1987, S.501 nach Schermer, 2002, S.188).

Nach dieser Definition bezieht sich der Begriff implizit zum einen auf einen *indirekten Gedächtnistest* und zum anderen auf *unbewusste Gedächtnisprozesse*, wie sie bspw. beim Priming, aber auch beim Fertigkeitenerwerb (vgl. prozedurales Gedächtnis) oder der Konditionierung sichtbar werden (Schermer, 2002).

Außerdem begegnet uns auch bei dieser Begriffsbestimmung wiederum – ähnlich wie beim impliziten Lernen – die Dissoziation zweier Maße: Denn während direkt erfasste Gedächtnisleistungen mit dem Lebensalter und der Verarbeitungstiefe zusammenhängen, gilt diese für indirekt erfasste nicht (Bredenkamp, 1998, S.81). Insbesondere zeigen Patienten mit organisch bedingter Amnesie häufig keine Einschränkungen in indirekten Gedächtnistests, sehr wohl aber in direkten (Bredenkamp, 1998, S.81; Schermer, 2002, S.188).

Erklärt wird dieses Phänomen von Hussey (Hussey, 1998) im Rahmen der Denk- und Problemlösepsychologie (vgl. Kap. 12.1.) auf Basis von Aktivationsausbreitungsmodellen (vgl. Kap. 11.2.6.):

Es wurde bereits erläutert, dass man heute davon ausgeht, dass alle über das Ultrakurzzeitgedächtnis einlaufenden Informationen im Langzeitgedächtnis verarbeitet werden und von dort ins Kurzzeit- oder auch Arbeitsgedächtnis gelangen; die Verarbeitung im Langzeitgedächtnis besteht, vereinfacht gesagt, in der Identifikation von Objekten. Die Identifikation führt zu einer Aktivierung der entsprechenden Gedächtnisinhalte und diese Aktivierung führt wiederum dazu, dass diese Gedächtnisinhalte ins Kurzzeitgedächtnis transferiert werden und damit dort der bewussten, absichtlichen Verarbeitung unterliegen (Hussey, 1998, Kapitel 3.1).

Weiterhin geht Norman (Norman, 1968 nach Hussey, 1998, S.67) davon aus, dass es zudem einen sogenannten *Pertinenzmechanismus* gibt, durch den für eine Person wichtige Gedächtnisinhalte, insbesondere solche mit hohem Selbstbezug, einen vergleichsweise hohen Grad an permanenter Voraktivierung haben. Hiermit erklärt er das sogenannte Cocktail-Party-Phänomenes: Auf der einen Seite kann man sich auf einer Party im größten Stimmengewirr mit dem Gegenüber problemlos unterhalten und alle anderen Gespräche ausblenden (siehe bspw. Hussey, 1998, S.58); auf der anderen Seite wird man auf die Nennung des eigenen Namens in diesem Hintergrundstimmengewirr aufmerksam (siehe bspw. Hussey, 1998, S.60), auch wenn man das entsprechende Gespräch nicht verfolgt hat, geschweige denn Erinnerungen daran hat. D.h. auf der einen Seite werden tatsächlich alle einlaufenden Wahrnehmungen im Langzeitgedächtnis verarbeitet, führen aber je nach Aufmerksamkeitsausrichtung nicht zwangsläufig dazu, dass sie einem durch den Transfer ins Kurzzeitgedächtnis bewusst werden. Der eigene Name hat aber eine solch hohe Voraktivierung, dass hierbei eine zusätzliche Aktivierung durch die Verarbeitung der Wahrnehmung im Regelfall zu einer ausreichend hohen Gesamtaktivierung führt, wodurch einem die Nennung des eigenen Namens in Folge des resultierenden Transfers ins Kurzzeitgedächtnis trotz anderweitiger Ausrichtung der Aufmerksamkeit bewusst wird (Hussey, 1998, S.67).

Hussey geht nun davon aus, dass auch Erwartungen dazu führen, dass erwartete Gedächtnisinhalte voraktiviert sind, sodass entsprechende Objekte dann leichter im Sinne von schneller erkannt werden (Hussey, 1998, Kapitel 3.1).

Dementsprechend ist auch Priming die Folge einer solchen vorübergehenden leichten Voraktivierung von Gedächtnisinhalten durch eine vorhergehende (bewusste oder unbewusste) Verarbeitung, die anschließend das Erkennen oder Erinnern solcher Gedächtnisinhalte vereinfacht (Hussey, 1998, Kapitel 3.1).

11.2.6. Wissensrepräsentation im semantischen Gedächtnis

In diesem letzten Teilkapitel zum Gedächtnis soll es um eine relativ spezifische Fragestellung gehen, nämlich die Frage, wie Wissen im semantischen Gedächtnis repräsentiert ist. Dieser Fragestellung wird nachgegangen, indem von der Leistung bei bestimmten Aufgaben – genauer gesagt von den Leistungsunterschieden – auf die Codierung des benötigten Wissens geschlossen wird, d.h. mithilfe von Thesen zur Struktur und Organisation des semantischen Gedächtnisses werden unterschiedliche Bearbeitungszeiten von Aufgaben erklärt (Schermer, 2002, S.141/2). Typischerweise wird hierbei eine Verifikationsaufgabe gestellt, bspw. „Ist ein Rotkehlchen ein Vogel?“, und die gemessene Leistung ist die Zeit bis zur Antwort. So wird man z.B. die angeführte Frage, ob ein Rotkehlchen ein Vogel

ist, einfacher und damit schneller beantworten können als die Frage, ob ein Rotkehlchen atmet.

Wie schon die typische Verifikationsaufgabe zeigt und wie durch die Überschrift *Wissensrepräsentation im semantischen Gedächtnis* nahegelegt wird, geht es im Folgenden im Wesentlichen um Erkenntnisse zum Sprach- und Textverständnis. Dabei ist dieses Kapitel entsprechend der ‚Komplexität‘ des Wissens strukturiert, welches durch Sprache ausgedrückt werden kann, d.h.

- es beginnt mit der Frage der Repräsentation basaler *Begriffe* und
- geht über die Frage nach der Repräsentation von einfachen und komplexeren Beziehungen zwischen Begriffen durch *semantische und propositionale Netzwerke* bis hin
- zur Frage der Repräsentation von komplexen Sachverhalten und Wissensbereichen durch *Schemata und Skripte*.

Hierbei muss jedoch angemerkt werden, dass die Befunde hinsichtlich der einzelnen Ebenen im Regelfall unverbunden nebeneinander stehen und nicht aufeinander aufbauen (Schermer, 2002, S.166). Vorauszuschicken ist auch, dass sich im Regelfall bei unterschiedlichen Positionen hinsichtlich von Repräsentationsformen empirische Befunde zur Untermauerung beider Varianten finden, d.h. es scheinen in realitas durchaus unterschiedliche Repräsentationsformen nebeneinander vorzukommen und ihre Anwendung zu finden.

11.2.6.1. Repräsentation von Begriffen

„Die kleinsten Einheiten des semantischen Gedächtnisses sind *Begriffe*. In ihnen ist das Wissen über viele einzelne, in der einen oder anderen Hinsicht miteinander <<verwandte>>, Phänomene verdichtet“ (Straub, 1997, S. 269, Hervorhebungen im Original). „Als wesentliche Funktion der Begriffsbildung ist zum einen die Reduktion der im Wahrnehmungsprozeß aufgenommenen Informationen in zusammenfassende Einheiten zu nennen, sowie zum anderen die Möglichkeit, bislang noch unbekanntes Wissen zu integrieren“ (Schermer, 2002, S.142).

D.h. durch Begriffe bilden wir Kategorien, die es uns zum einen erlauben, die Welt drastisch zu vereinfachen, indem wir unterschiedliche Dinge gleichbehandeln (mit einem Hammer kann man auf eine bestimmte, in gewisser Hinsicht immer gleiche, Art und Weise Nägel einschlagen, auch wenn keine zwei Hämmer und Nägel identisch sind); zum anderen erlauben uns Begriffe, unbekannte Dinge hinsichtlich ihrer Bedeutung für uns einzuschätzen (auch wenn ich diesen spezifischen Hund noch nie gesehen habe, so darf ich doch hundespezifisches Verhalten von ihm erwarten; auch wenn ich dieses spezifische Brötchen noch nie gegessen habe, weiß ich doch recht genau, wie es schmecken wird und dass es mich satt machen wird).

Für die Repräsentation von Begriffen gibt es zum einen die Position der Mengenrepräsentation und zum anderen die beiden in mehrerlei Hinsicht identischen Positionen der Prototypen- und Merkmalsrepräsentation (Schermer, 2002, Kapitel 7.2):

Die *Mengenrepräsentation* geht davon aus, dass ein Begriff durch die Menge all seiner möglichen Verwirklichungsformen abgebildet wird. Für das Vorliegen dieser Art von Repräsentation finden sich zwar empirische Belege, jedoch auch viele widersprechende Befunde. Denn aufgrund des hohen Speicherbedarfs eignet sich diese Repräsentation nicht als grundlegende Repräsentationsform von Begriffen und man geht daher davon aus, dass diese Art der Repräsentation durchaus vorkommt, ihr aber gerade im Umgang mit natürlichen Begriffen nur eine sehr eingeschränkte Bedeutung zukommt.

Viel verbreiteter dürfte die *Prototypen- bzw. Merkmalsrepräsentation* sein, bei der ein typischer Vertreter (der Prototyp) bzw. eine Liste von typischen Merkmalen einen Begriff repräsentieren. Die Merkmale eines einzuordnenden Objektes werden dann mit den Merkmalen des Prototyps bzw. der Merkmalsliste verglichen, d.h. der von den beiden Positionen angenommene Vergleichsprozess ist im Grunde genommen identisch.

11.2.6.2. Repräsentation von Beziehungen: Semantische und propositionale Netzwerke

Nun stehen Begriffe nicht allein im Raum, sondern bilden lediglich die Basis unseres Wissens, denn durch die gegenseitigen Bezüge von Begriffen – ihre Relationen – wissen wir bspw., wozu ein Hammer, ein Nagel oder ein Brötchen gut sind.

Hinsichtlich der Repräsentation von Begriffsbeziehungen sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Repräsentationsformen zu unterscheiden, die nach Hoffmann (Hoffmann, 1983) als prozessuale bzw. faktische Repräsentation bezeichnet werden:

Die *prozessuale Repräsentation* geht von einer Operationsvorschrift aus, anhand derer gegebenenfalls ermittelt wird, ob zwischen zwei Begriffen eine Relation gegeben ist oder nicht. Smith, Shoben und Rips haben bspw. 1974 das sogenannte *Merkmalsvergleichsmodell* vorgeschlagen (Smith et al., 1974), welches von der zuvor beschriebenen Merkmalsrepräsentation von Begriffen ausgeht. Es schreibt zum einen den Begriffen definierende und charakterisierende Merkmale zu und schlägt zum anderen eine Operationsvorschrift vor, anhand derer die Behauptung einer bestehenden Relation verifiziert bzw. falsifiziert wird (Schermer, 2002, Kapitel 7.3.1).

Die *faktische Repräsentation* der Relation bedeutet, dass die Relation nicht aktuell ermittelt, sondern tatsächlich im Netzwerk gespeichert ist. Besondere Bedeutung haben hier *Netzwerkmodelle* erlangt (Straub, 1997), die davon

ausgehen, dass Wissen im semantischen Gedächtnis als Netzwerk abgebildet ist, dessen Knoten durch Begriffe und dessen Kanten durch die Relationen gebildet werden.

Das erste Modell eines *semantischen Netzwerks* zur Repräsentation einfacher Begriffsrelationen, der <<teachable language comprehender>> (TLC), wurde von Collins und Quillian entwickelt (Collins & Quillian, 1969). Es postuliert zwei Arten von Kanten, nämlich zum einen vertikal angelegte zwischenbegriffliche ist-Relationen, durch die eine Hierarchisierung der Begriffe erfolgt (ein Rotkehlchen ist ein Vogel, ein Vogel ist ein Tier) und zum anderen eine horizontal angelegte innerbegriffliche hat-Relation, welche Eigenschaften zuordnet (dem Rotkehlchen bspw. die rote Brust, dem Vogel die Flugfähigkeit). Es wurde das Ordnungs- bzw. Strukturprinzip der kognitiven Ökonomie behauptet, demzufolge jede Eigenschaft nur einmal, und zwar auf der höchst möglichen Ebene, abgespeichert ist. Die unterschiedliche Beantwortungszeit für Verifikationsaufgaben wird damit erklärt, dass mehr oder weniger Hierarchieebenen für die Ermittlung der Antwort durchlaufen werden müssen (Schermer, 2002, Kapitel 7.3.2).

Da dieses Modell nachfolgenden empirischen Überprüfungen nicht standhielt, schlugen Collins und Loftus wenige Jahre später das Aktivationsausbreitungsmodell vor (Collins & Loftus, 1975). Hier werden deutlich mehr Relationen eingeführt, insbesondere eine ist-kein-Relation und eine Prädikatsrelationen, welche zwei oder mehr Begriffe durch ein Verb verbinden. Das Ordnungs- bzw. Strukturprinzip der kognitiven Ökonomie wurde aufgegeben und stattdessen das semantische Ähnlichkeitskonzept (semantische Entfernung) eingeführt: Die unterschiedliche Beantwortungszeit für Verifikationsaufgaben wird damit erklärt, dass zunächst die mit der zu überprüfenden Aussage verbundenen Knoten und Kanten aktiviert und durch Aktivationsausbreitung im Netz durch einen Weg, eine sogenannte Intersektion, verbunden werden. Diese Ausbreitung soll zum einen durch zunehmenden Zeitverlauf und die zunehmende Distanz vom Startknoten gedämpft und durch häufige Nutzung betroffener Relationen vereinfacht werden, da Nutzung die Stärke der Relation erhöhe. In einem zweiten Schritt wird dann der gefundene Weg einer Bewertung unterzogen, durch die die Relationen des aktivierten Weges im Hinblick auf die Richtigkeit der fraglichen Aussage beurteilt werden. Je nachdem, wie viele Verknüpfungen involviert sind und wie stark diese sind, laufen diese Prozesse langsamer oder schneller ab und dementsprechend wird die fragliche Aussage schneller oder langsamer verifiziert oder falsifiziert (Schermer, 2002, Kapitel 7.3.2).

Die frühen semantischen Netzwerkmodelle wie das TLC- als auch das Aktivationsausbreitungsmodell haben einen engen Gültigkeitsbereich und kommen kaum über die Verifikation einfacher Sätze hinaus (Schermer, 2002, S.165). In der Folge wandte sich das Interesse der Analyse komplexerer semantischer Einheiten, wie längeren Sätzen oder Texten, zu. Dabei stellte sich

heraus, dass wir uns anscheinend nicht den Wortlaut eines Satzes oder Textes merken, sondern dass die von unwichtigen Einzelheiten und dem genauen Wortlaut abstrahierte Bedeutung des Textes in Form von abstrakten Beziehungen gespeichert wird. Die beschriebene Funktionalität wird den propositionalen Netzwerktheoretikern zufolge nun von sogenannten Propositionen bereitgestellt. Dieser aus der Logik und Linguistik stammende Begriff bezeichnet „die kleinstmögliche selbstständig als wahr oder falsch beurteilbare Wissensseinheit“ (Schermer, 2002, S. 158). Eine Proposition besteht aus genau einem Prädikat (der Relation) und mindestens einem oder mehreren Argumenten (den Begriffen, zwischen denen diese Relation besteht). Die Vertreter dieser Ansätze gehen nun davon aus, dass Texte oder sogar jegliche Bedeutungsstruktur (Straub, 1997) in *Propositionen* zerlegt werden. So würde bspw. der Satz ‚Die Katze frisst die Maus‘ umgewandelt werden in fressen (Katze, Maus) und gegebenenfalls als Wissen abgespeichert werden; auf dieser Basis würde eine zu beurteilende Aussage fressen (Maus, Katze) als nicht im Wissensspeicher vorhanden und damit als falsch zurückgewiesen werden. Komplexere Sätze und Sachverhalte werden in eine Menge von Propositionen zerlegt, zwischen deren Argumenten dann die verschiedenen Propositionen geknüpft sind; dadurch stellt sich der darzustellende Sachverhalt als ein *propositionales Netz* dar.

Auf die Grenzen, auf die der Einsatz propositionaler Netze (zur Wissensmodellierung) in Kombination mit einem entsprechenden Kalkül in der künstlichen Intelligenz stieß, wurde bereits hingewiesen (Kap. 5.3.2.).

11.2.6.3. Repräsentation Wissensstrukturen: Schemata und Skripte

Mithilfe von Propositionen wird ein Sachverhalt durch additiv aneinandergereihte Behauptungen dargestellt, die nicht zueinander in Beziehung gesetzt werden (sondern nur die Argumente der Propositionen) (Schermer, 2002, S.160; Straub, 1997, S.272). Dadurch gehen strukturelle Aspekte nicht ein und größere Informationsmengen lassen sich nur unzureichend darstellen (Schermer, 2002, S. 160). Diese Strukturierung soll durch das auf Bartlett zurückgehende Konzept des Schemas (vgl. Kap. 11.2.2.) ermöglicht werden.

„Schemata waren für Bartlett organisierte Wissensseinheiten, die uns die Identifizierung (auch komplexer Sachverhalte) ermöglichen und dadurch Orientierung stiften. Schemata ordnen und strukturieren jeweils bestimmte Wirklichkeitsbereiche, ohne daß wir uns dessen normalerweise bewußt sind“ (Straub, 1997, S.257).

In neueren Modellen wird diese Vorstellung präzisiert und operationalisiert. Unter Schema versteht man „größere thematisch zusammenhängende Wissensbereiche, die als ein abgrenzbarer Teil eines Netzwerks aufgefasst werden können, in welchem typische Zusammenhänge eines Wirklichkeitsbereichs aufgrund gemachter Erfahrungen repräsentiert sind. Schemata

können sich auf Objekte, Sachverhalte, Handlungs- und Ereignisfolgen beziehen und weisen dementsprechend einen unterschiedlichen Komplexitäts- und Abstraktionsgrad auf“ (Schermer, 2002, S. 161). Schemata sind hierarchisch geordnet, d.h. ein Teil eines Schemas kann wiederum ein Schema sein. Sie strukturieren einen Wirklichkeitsbereich durch zugesprochene Merkmale, sogenannte ‚slots‘ (Leerstellen), die mit bestimmten Variablen besetzt werden. So hätte die Repräsentation eines Autos – das Auto-Schema – bspw. einen Typ (wie LKW, Kleinwagen, Mittelklassewagen etc.), eine Motorart (wie Benzin, Diesel etc.) und eine Farbe (rot, blau etc.).

Besondere Bedeutung hat die Skript-Theorie von Schank und Abelson (Schank & Abelson, 1977) erlangt, für die ein Skript eine Struktur ist, die angemessene Abfolgen von Ereignissen in einem bestimmten Kontext beschreibt (Schank & Abelson, 1977, S.41 nach Schermer, 2002, S. 161). Für sie ist ein Skript eine Art Drehbuch, das Handlungen anleitet und deren Planung erlaubt (Schermer, 2002, S. 161+164). Das bekannteste Beispiel dürfte das Skript eines Restaurantbesuchs sein (vgl. Abb. 19), den Schank und Abelson in ihrer Arbeit analysierten.

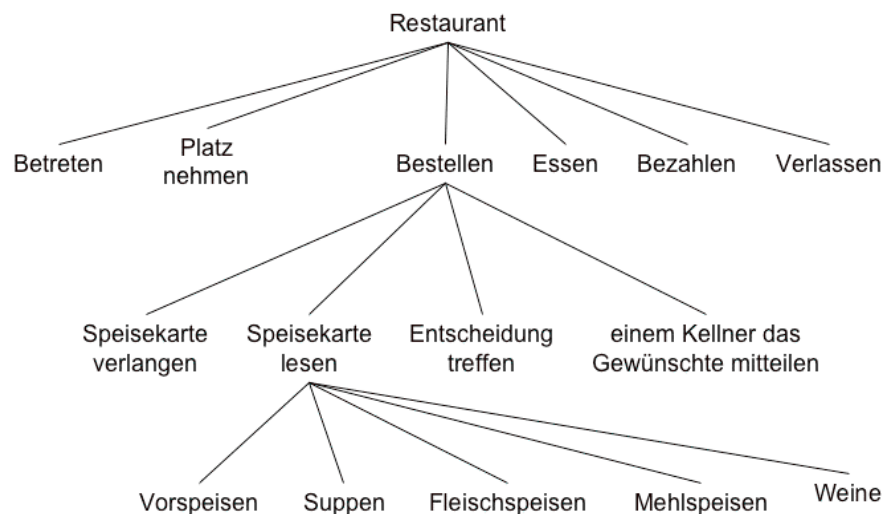


Abb. 19: Das Restaurant-Skript
Quelle: nach Herkner, 1986, S.131

12. Denken und Problemlösen

„Die Begriffe >>Denken<< und >>Problemlösen<< werden in der Literatur weitgehend synonym behandelt, da die wesentliche Funktion des Denkens im Verbund der menschlichen Aktivitäten darin besteht, mit Schwierigkeiten umzugehen, also Probleme zu lösen“ (Schaub, 1997, S.377). Denn ein Problem ist charakterisiert durch einen Ausgangszustand, einen Zielzustand und eine dazwischen befindliche Barriere, welche in dem Sinne ein Hindernis für die

Psyche darstellt, als dass eine Lösung zur Überführung des Ausgangs- in den Zielzustand nicht bekannt ist, d.h. nicht aus dem Gedächtnis abrufbar ist, sondern durch Denkprozesse, d.h. durch die zielgerichtete Neuverknüpfung von vorhandenem Wissen, ermittelt werden muss (Hussey, 1998, S.20). Daher kann man auch zusammenfassend unter Denken diejenigen Prozesse subsumieren, „die darauf gerichtet sind, unser Wissen über die Welt zu verändern und zu erweitern“ (Schaub, 1997, S.377).

Die philosophischen Ursprünge der Psychologie interpretieren Denken als die Ausbreitung von Assoziationen (Assoziationismus). In der Frühzeit der wissenschaftlichen Psychologie interpretierte die Gestaltpsychologie dann Problemlösen als Überführen einer schlechten in eine gute Gestalt. Demgegenüber hatte der Behaviorismus für einen Begriff wie Denken keinen Platz und reduzierte es auf die Anwendung des Versuchs- und Irrtumsprinzips auf vorhandene Reiz-Reaktions-Schemata (Schaub, 1997, S.374/5; Hussey, 1998, Kapitel 1.3). Die von verschiedensten Autoren immer wieder untersuchte Sapir-Whorf-Hypothese „behauptet praktisch eine Identität zwischen Sprache und Denken“ (Schaub, 1997 mit Bezug auf Whorf, 1986).

Im Zuge der kognitiven Wende und der dadurch eingeführten und heute immer noch betriebenen kognitiven Psychologie, die psychische Prozesse als Informationsverarbeitung interpretiert, wird Denken aktuell wie folgt charakterisiert (Hussey, 1998, S.16/7):

- a) Denk- und Problemlöseprozesse sind zielgerichtet.
- b) Denk- und Problemlöseprozesse sind nicht allein auf das Entdecken und Erkennen von Reizen beschränkt, d.h. es handelt sich nicht um reine Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsvorgänge, jedoch stellen diese wesentliche und interessante Teilaspekte dar.
- c) Denk- und Problemlöseprozesse sind nicht alleine auf das Speichern oder das Abrufen von Fakten im bzw. aus dem Gedächtnis beschränkt, d.h. es handelt sich nicht nur um Lern- und Gedächtnisprozesse, jedoch stellen diese eine wesentliche Voraussetzung dar.
- d) Denk- und Problemlöseprozesse machen – teilweise als Folge davon – das Verarbeiten von Fakten erforderlich, d.h. vorhandene Fakten müssen neu kombiniert werden.

Ordnet man dies in den Kanon der bislang behandelten psychischen Prozesse ein, so richten Motivationsprozesse das Handeln auf Ziele aus, finden bzw. konstruieren Gedächtnis- und Denkprozesse Überführungsmöglichkeiten eines Ausgangs- in den Zielzustand, bewerten und selektieren Entscheidungsprozesse eine dieser Möglichkeiten und überwachen Handlungsprozesse schließlich die Ausführung der ausgewählten Überführungsoption.

In den folgenden Teilkapiteln wird daher zunächst (Kap. 12.1.) auf die Informationsverfügbarkeit eingegangen, d.h. auf die intentional gesteuerten Aufmerksamkeits- und Erinnerungsvorgänge und die automatisch ablaufenden

Gedächtnisprozesse, die gemeinsam bestimmen, welche Informationen beim Denken verarbeitet werden.

Anschließend (Kap. 12.2.) wird auf die Repräsentation des durch Denken zu überwindenden Problems eingegangen, d.h. hier wird das Paradigma des Problemraums eingeführt, welches Problemlösen als Suche nach einem Lösungsweg in einem Zustandsraum interpretiert und welches die Typisierung von Problemen und Suchverfahren erlaubt.

Hieraus ergeben sich zwei Forschungsstrategien (Kap. 12.3.), denn zum einen kann man, der analytischen Strategie folgend, Denkprozesse möglichst isoliert untersuchen, indem man das Denken anhand von Denksportaufgaben untersucht, deren Problemräume ‚ideal‘ sind. Demgegenüber steht eine systemische Strategie, die davon ausgeht, dass realistische ‚komplexe‘ Probleme keine ‚idealen‘ Problemräume haben, sondern dass es beim Problemlösen auf die ‚operative‘ Intelligenz ankommt und damit auf die Einbettung und das Zusammenspiel aller psychischen Instanzen und Prozesse, unter anderem jener Fähigkeiten, die durch Intelligenztests gemessen und im Rahmen der analytischen Strategie untersucht werden.

12.1. Informationsverfügbarkeit

Im Rahmen der Charakterisierung von Denkprozessen wurde bereits erwähnt, dass es sich dabei nicht um reine Wahrnehmungs-, Aufmerksamkeits-, Lern- und Gedächtnisprozesse handelt, dass diese aber eine große Rolle spielen. Dementsprechend soll es in diesem Unterkapitel zunächst darum gehen, welche Informationen denn beim Denken verarbeitet werden.

Hussey unterscheidet hier zunächst zwei Arten von Prozessen der menschlichen Informationsverarbeitung: Auf der einen Seite gibt es intentionale, kontrollierte, bewusste, sequentiell und damit vergleichsweise langsam ablaufende Prozesse; auf der anderen Seite gibt es automatische, unbewusst, parallel und damit vergleichsweise schnell ablaufende Prozesse (Hussey, 1998, S.56). „Beim heutigen Kenntnisstand kann man mit einiger Sicherheit behaupten, daß alle bewußten (intentionalen, kontrollierten) kognitiven Prozessen durch vorausgehende und/oder parallel ablaufende automatisierte Prozesse beeinflusst werden“ (Hussey, 1998, S.131).

Dies ist uns bereits im Rahmen der Lern- und Gedächtnispsychologie (Kap. 11.1.6. und 11.2.5.) begegnet: Auf der einen Seite können Menschen ihre Aufmerksamkeit auf bestimmte Wahrnehmungen ausrichten und diese gezielt verarbeiten oder bewusst versuchen, sich an Dinge zu erinnern. Auf der anderen Seite gibt es unbewusst und automatisch ablaufende Aktivierungsvorgänge (implizites Gedächtnis, Priming), welche die Verfügbarkeit und damit die Erinnerbarkeit von Gedächtnisinhalten beeinflussen. All dies beeinflusst natürlich, welche Informationen verarbeitet werden, wenn im Rahmen eines

Problemlöseprozesses versucht wird, eine Möglichkeit zu konstruieren, den Ausgangs- in den Zielzustand zu überführen.

Besondere Aufmerksamkeit haben hier im Rahmen der Denk- und Problemlösepsychologie neben der Forschung zu Aufmerksamkeit und Priming (siehe Kap. 11.2.3. und 11.2.5.) sogenannte Fixations- und Kontexteffekte gefunden, welche die Problemlösung behindern können:

Hierzu sei zum einen an die Unterscheidung von epistemischem Faktenwissen und heuristischem Veränderungswissen (vgl. Kap. 11.2.3.) erinnert und zum anderen an die These, dass nichts wirklich vergessen wird, sondern nur nicht erinnert werden kann oder mit anderem Wissen interferiert (Kap. 11.2.3.).

Ist nun bestimmtes epistemisches Wissen zum Problemlösen nicht verfügbar, spricht man von einer sogenannten *Merkmalsfixierung*, die auch als *funktionale Gebundenheit* bekannt geworden ist (Hussey, 1998, S.96). Verallgemeinert gesprochen, zeigen entsprechende Experimente, dass, wenn ein Gegenstand in einer bestimmten Funktion präsentiert oder gar benutzt wurde, andere Eigenschaften (und somit mögliche Funktionen) dieses Gegenstands erschwert zur Verfügung stehen. Das klassische Beispiel hierfür ist Dunckers Kerzen- und Schachtelproblem (Duncker, 1935): Versuchspersonen bekommen eine Schachtel mit Heftzwecken, Streichhölzern und eine Kerze und sollen die brennende Kerze an der Wand befestigen. Eine mögliche Lösung ist die Befestigung der Schachtel mithilfe der Heftzwecke an der Wand, sodass die Schachtel dann als Träger für die Kerze dient. Auf diese Lösung kommen jedoch viele Versuchspersonen nicht sofort, da die Schachtel in ihrer Funktion als Behältnis präsentiert wird und dadurch das Erkennen der Trägerfunktion anscheinend erschwert wird. Dies wird von Hussey mit einer Voraktivierung dieser Merkmale (Eigenschaften, Funktionen) erklärt, durch die andere Merkmale oder Eigenschaften vergleichsweise unauffällig erscheinen und diese somit bei der Lösungssuche schwerer erinnerbar bzw. auffindbar sind und dadurch zunächst nicht beachtet werden (Hussey, 1998, S.97).

Ein ähnliches Phänomen zeigt sich hinsichtlich des heuristischen Wissens und wird in diesem Zusammenhang als *Verknüpfungsfixierung* bezeichnet (Hussey, 1998, S.97). Hier erfolgt jedoch eine Fixierung auf bestimmte Handlungen oder Handlungssequenzen, die zu einer Ausblendung anderer Handlungen oder Handlungssequenzen führen. Das klassische Beispiel hierzu sind die Umschüttversuche der Lutchins (Lutchins & Lutchins, 1950): Hier muss mit drei verschieden großen Wassergefäßen (A, B, C) eine vorgegebene Wassermenge abgemessen werden. So kann man bspw. 100 Liter abmessen, indem man ein 127 Liter Gefäß füllt (Gefäß B) und dann daraus wiederum Wasser einmal in ein 21-Liter-Gefäß (Gefäß A) und zweimal in ein 3-Liter-Gefäß (Gefäß B) füllt, d.h. in dem 127-Liter-Gefäß verbleiben dann $127 - 21 - 3 - 3 = 100$ Liter. Nun werden hintereinander Umschüttaufgaben gestellt, für die jeweils unterschiedlich große Gefäße vorgegeben werden, mit denen unterschiedliche Wassermengen abzumessen sind. Dabei werden zunächst Aufgaben so gestellt

(Typ 1), dass die Lösung immer wie im oben beschriebenen Beispiel im Füllen von B und einer anschließende Entnahme von einmal A und zweimal C besteht ($B - A - 2C$). Anschließend folgen Aufgaben (Typ 2), die sich zwar mit $B - A - 2C$ lösen lassen, die aber eigentlich anders leichter lösbar sind, z.B. durch $A - C$ oder $A + C$. Anschließend werden Aufgaben (Typ 3) gestellt, die nur durch eine Lösung der Form $A - C$ oder $A + C$ lösbar sind. Versuchspersonen, die nun zunächst mehrfach hintereinander Aufgaben vom Typ 1 gelöst haben, kommen nahezu nie auf die einfache Lösung der Typ-2-Aufgabe und können in ca. 90% der Fälle die Typ-3-Aufgabe nicht lösen (Hussey, 1998, S.99); mit beiden hat man aber keine Probleme, wenn man gleich mit solchen Aufgaben konfrontiert wird.

Diese Fixierung verschwindet aber passiv, d.h. durch das Verstreichen von Zeit, da die vorübergehende Aktivierung vergeht; daher spricht man in diesem Zusammenhang auch von *produktivem Vergessen* und es wird gerade bei kreativen (Problemlöse)prozessen die Bedeutung von Pausen betont (Hussey, 1998, S.125).

Abschließend sei aber festgehalten, dass diese Mechanismen nicht per se unvorteilhaft sind, sondern „sogar vorteilhaft, da bestimmte Situationen mit Handlungsprogrammen schnell und erfolgreich zu bewältigen sind“ (Hussey, 1998, S.125), denn diese Voraktivierungen führen dazu, dass das kognitive System darauf eingestellt wird, situativ Nahliegendes schneller und damit effizienter zu erkennen und/oder Bewährtes schneller durchzuführen. Dies führt zunächst sinnvollerweise zu einer gewissen Konservativität des Handelns, die aber bspw. durch Pausen überwunden werden kann.

12.2. Problemanalyse und -repräsentation

In der Denkpsychologie wird sehr stark mit dem Paradigma des *Problemraums* gearbeitet. Es bietet einerseits eine objektive Analyseperspektive zur Beschreibung und Klassifikation von Problemen (Kap. 12.2.1.). Andererseits geht man tatsächlich davon aus, dass Menschen ihr Wissen über die Umwelt in dieser Form repräsentieren (bspw. Dörner, 1999; Dörner, 2002) und interpretiert dementsprechend Problemlösen als Suche nach einem Lösungsweg in einem Problem- oder auch Zustandsraum. Diese Sichtweise ist uns bereits im Rahmen der Forschung zur künstlichen Intelligenz (Kap. 5.3.) begegnet und dient in der Denkpsychologie zur Untersuchung und Erklärung von Problemlösephasen und -strategien (Kap. 12.2.2.).

12.2.1. Der Problemraum als Analyseperspektive

In der Denkpsychologie werden Realitätsbereiche durch einen *Problem- oder auch Zustandsraum* formal beschrieben. Er stellt ein Netzwerk dar, dessen Knoten *Situationen* sind, die durch Kanten in Form von *Operatoren* verbunden

sind. Diese Betrachtungsweise lässt den Realitätsbereich wie ein Spielbrett wie bspw. das von ‚Mensch ärgere Dich nicht‘ (siehe Abb. 20) erscheinen:



Abb. 20: Das Spielbrett von Mensch ärgere Dich nicht
Quelle: adpic Bildagentur

Die Situationen, in denen sich ein Handelnder befinden kann, entsprechen den Spielfeldern, auf denen sich eine Spielfigur (-stein, -karte) befinden kann. Analog dem Wechsel von Spielfiguren zwischen Spielfeldern durch das Ausführen von Spielzügen ist im Problemraum der Wechsel des Handelnden von einer Situation in eine andere Situation durch sogenannte *Operationen*, d.h. die Anwendung von *Operatoren*, möglich. Allgemein lassen sich Operatoren durch die in der Situation liegenden *Anwendungsbedingungen* und durch die die Situation verändernden *Anwendungskonsequenzen* beschreiben. Dies entspricht beim Spiel dem Spielbrett in Verbindung mit den Spielregeln: Diese legen für eine auf einem Spielfeld befindliche Spielfigur fest, welche Spielzüge anwendbar und welche Spielfelder somit erreichbar sind. Konkret verbinden Operatoren aus der Sicht eines Beobachters genau diejenigen Situationen, die die Anwendung des Operators erlauben bzw. die als Konsequenz der Operatoranwendung eintreten; aus der Perspektive des Akteurs, der sich auf diesem Spielbrett bewegt, sind Operatoren nur in bestimmten Situationen anwendbar und verändern die Situation auf eine bestimmte Art und Weise.

Dörner (bspw. Dörner, 2002) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen manipulativen und lokomotiven Operatoren, die beide den Übergang zwischen zwei Situationen bilden, aber die Veränderung des Situationsaspekts ‚räumlicher Ort‘ durch eine Operatoranwendung wird gegenüber anderen Operatoren hervorgehoben: Ortsverändernde Operatoren werden als *lokomotive Operatoren* bezeichnet, solche, die das nicht tun, als *manipulative Operatoren*.

Das *Problem* bzw. das Spielziel wird formuliert als das Finden eines Weges zwischen einer Start- und einer Zielsituation bzw. einem Start- und einem Zielfeld.

Formale Charakteristika eines derartig beschriebenen Problemraums sind

- Anzahl der Situationen und Vernetztheit und damit gegebenenfalls Komplexität,

- Transparenz (Übersichtlichkeit, Durchschaubarkeit) des Netzwerks und
- Eigendynamik (können sich Situationen von alleine, also ohne Operatoranwendung, ändern).

Formale Charakteristika hinsichtlich der Operatoren und ihrer Wirkungen sind

- Unterscheidung von lokomotiven und manipulativen Operatoren (den Ort des Akteurs bzw. andere situative Aspekte verändernde Operatoren),
- Reversibilität (kann der Operator rückgängig gemacht werden, und wenn ja, mit welchem Aufwand),
- Wirkungsbreite (werden wenig oder viele Situationsaspekte geändert),
- Wirkungssicherheit (mit welcher Wahrscheinlichkeit treten die Wirkungen ein),
- Kosten (was muss für eine Operation aufgewendet werden) und
- Totzeiten (treten die Wirkungen sofort oder erst nach einer bestimmten Zeit auf).

Nach Dörner (Dörner, 1976) lassen sich Probleme in dialektische bzw. nicht dialektische und in interpolative bzw. synthetische unterscheiden:

Ist die anzustrebende Zielsituation nicht bekannt bzw. muss erst eine Zielsituation ermittelt werden, die das angestrebte Ziel erfüllt, handelt es sich um ein *dialektisches* Problem, ansonsten handelt es sich um ein *nicht dialektisches* Problem. So ist bspw. der Turm von Hanoi (siehe Abb. 21) ein nicht dialektisches Problem, denn die genau bekannte Zielsituation ist die Art und Weise der Scheibenplatzierung auf dem Zielstab. Ein Zimmer schöner zu machen, ist jedoch ein dialektisches Problem, denn wie ist ein Zimmer gestaltet, das ‚schöner‘ ist?

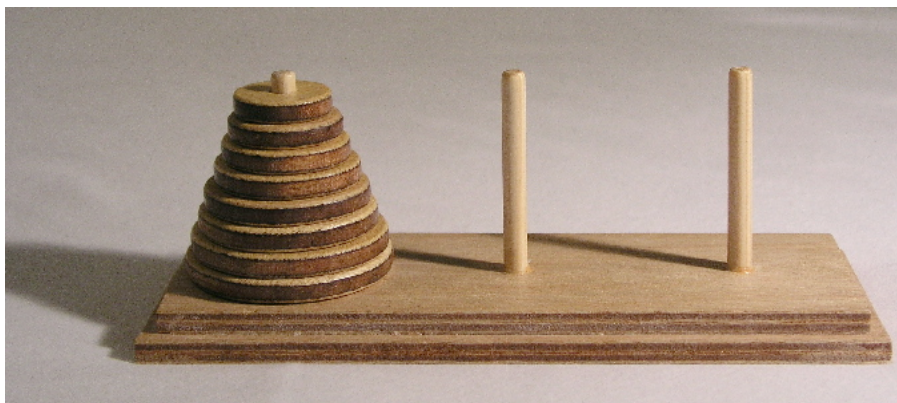


Abb. 21: Der Turm von Hanoi

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Turm_von_Hanoi [01.12.2008]

Ziel des Spieles ist, den Scheibenstapel auf dem linken Stab auf den rechten Stab zu transferieren. Hierfür darf der mittlere Stab zur Hilfe genommen werden und es gelten folgende Spielregeln: (1) Es darf immer nur eine Scheibe bewegt werden. (2) Es darf nie eine größere Scheibe auf eine kleinere Scheibe gelegt werden.

Sind die verfügbaren Operatoren bekannt, handelt es sich um ein *interpolatives* Problem, ansonsten handelt es sich um ein *synthetisches* Problem. So ist bspw.

der Turm von Hanoi ein interpolatives Problem, denn die erlaubten Manipulationen sind bekannt (siehe Erläuterung zu Abb. 21).

Sydow (Sydow & Petzold, 1981) unterscheidet dazu quer liegend Transformationsprobleme und Konstruktionsprobleme: Wird durch die Anwendung der Operatoren ein immer komplizierteres Gebilde konstruiert, das schließlich das Problem löst, charakterisiert er dies als Konstruktionsproblem. Erfolgt eine schrittweise Veränderung der Situation in Richtung der Zielsituation, werden also schrittweise Aspekte der Situation immer weiter der Zielsituation angenähert, spricht er von einem Transformationsproblem.

Ist der Lösungsweg, also die Folge der Operatoranwendungen, bekannt, spricht man auch von einer *Aufgabe*, d.h. es geht nur darum, eine bekannte Operatorfolge zu reproduzieren, und nicht darum, eine geeignete Folge von Operatoranwendungen zu finden.

12.2.2. Problemlösephasen und -strategien

Innerhalb des Problemraumparadigmas lassen sich aber auch Problemlösephasen und -strategien interpretieren. So untersuchen Klix und Rautenstrauch-Goede (Klix & Rautenstrauch-Goede, 1967 nach Hussey, 1998, Kap. 3.2.3.) Problemlösephasen und -strategien anhand einer Sechs-Scheiben-Variante des Turms von Hanoi. Sie interpretieren ihre Ergebnisse dahingehend, dass die Versuchspersonen zunächst in einer *Orientierungsphase* durch Versuchs-Irrtum-Verhalten den Problemraum erkunden und anschließend eine *lokale Strategie* verfolgen, durch die sie lernen, ein Teilproblem zu lösen (fehlerfreie Umsetzung eines Dreier-Tums). Auf dieser Basis entwickeln sie dann eine *globale Strategie*, die das Gesamtproblem durch Zwischenziele in kleine, überschaubare, bewältigbare, sequentiell abarbeitbare Teilaufgaben zerlegt.

12.3. Denksportaufgaben vs. komplexes Problemlösen

Wie bereits ausführlich erläutert (Kap. 4.3. und 5.4.), tut die Psychologie sich schwer, sich selbst als Systemwissenschaft zu verstehen, und verfolgt vielfach noch eine isolierende, reduktionistische Forschungsstrategie. Dies findet sich auch und gerade im Bereich der Denkpsychologie wieder, die eigentlich von den Inhalten her verschiedenste psychologische Disziplinen integrieren sollte. So unterscheidet Schaub (Schaub, 1997) eine analytische und eine systemische bzw. systemorientierte Strategie:

Die analytische Strategie bemüht sich, Denkprozesse möglichst isoliert zu untersuchen, und arbeitet dabei im Regelfall mit klassischen interpolativen Problemen wie dem Turm von Hanoi, Streichholzlegeproblemen etc., die man zusammenfassend als Denksportaufgaben bezeichnen könnte. Diese sind zwar nicht einfach zu lösen, sind aber nichtdestotrotz dadurch charakterisiert (Schaub, 1997, S.380/1),

- dass das Problem transparent ist, d.h.

- dass Ausgangs- und Zielzustand bekannt sind und
- dass Operatoren und ihre Anwendungsbedingungen bekannt sind,
- dass die Problemstellung zeitlich stabil ist (d.h. sich nur aufgrund von Eingriffen der Versuchspersonen verändert und nicht aufgrund einer Eigendynamik),
- dass die Problemräume, d.h. die Menge möglicher Zustände, endlich und zumindest halbwegs überschaubar ist, und dass
- soziale, emotionale und motivationale Einflussgrößen vernachlässigbar sind.

All diese Charakteristika weisen aber realistische komplexe Probleme, wie sie von Dörnern und Mitarbeitern untersucht werden, nicht auf; solche Probleme sind bspw. die Führung einer Stadt als Bürgermeister (Dörner et al., 1983), das Löschen von Waldbränden (Dörner & Pfeiffer, 1992), die Bewältigung einer kritischen Situation als Offizier eines Kreuzfahrtschiffs (Strohschneider & Gerdes, 2004) etc. Dies sind komplexe Probleme, die durch

- Intransparenz aufgrund einer großen Vielfalt und Vernetztheit von relevanten, für die Versuchspersonen nicht offensichtlichen Faktoren, die dynamisch interagieren und
- eine Unsicherheit hinsichtlich Ausgangszustand, Zielen, verfügbaren Operatoren und ihren Anwendungsbedingungen,

geprägt sind (Schaub, 1997).

Eine den Umgang mit solchen Systemen untersuchende, systemische bzw. systemorientierte Forschungsstrategie zielt auf das Verständnis der Stärken und Schwächen des gesamten kognitiven Systems ab und bemüht sich, insbesondere die Gründe und Bedingungen für menschliche Fehlleistungen in realen Katastrophenfällen zu erklären (Reason, 1994 nach Schaub, 1997).

In diesem Zusammenhang geht man davon aus, dass jene Fähigkeiten, die durch Intelligenztests gemessen und im Rahmen der analytischen Strategie untersucht werden, zwar notwendige, aber nicht hinreichende Bedingungen für ‚gute‘ Problemlöser sind, sondern dass hierfür die ‚operative‘ Intelligenz (Dörner, 1986 nach Schaub, 1997, S.386), d.h. die Einbettung und das Zusammenspiel aller psychischen Instanzen und Prozesse, entscheidend ist (vgl. auch Hussey, 1998, Kapitel 3.4).

13. Entscheidungspsychologie

„Entscheidungsforschung wird mit zwei einander ergänzenden Intentionen betrieben: Die *präskriptive* Entscheidungstheorie sagt, wie man sich verhalten bzw. welche Option man wählen sollte, wenn man bestimmte Grundpostulate *rationalen* Denkens für richtig hält ... Demgegenüber sieht die *deskriptive* Entscheidungsforschung ihre Aufgabe darin, das tatsächliche menschliche Entscheidungsverhalten zu beschreiben“ (Jungermann et al., 2005, S.6, Hervorhebungen im Original). Während also die präskriptive Entscheidungs-

theorie insbesondere auf Basis der mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorie vorgibt, was optimal ist, beschreibt die *deskriptive* Entscheidungsforschung, wie Menschen sich tatsächlich verhalten.

Gegenstand der Entscheidungsforschung sind „Situationen, in denen eine Person sich zwischen mindestens zwei Optionen „präferentiell“ entscheidet“ (Jungermann et al., 2005, S.3), d.h. sie *wählt* aus einer Menge von Optionen eine *aus*, weil sie diese *bevorzugt*.

Entscheidungen treffen wir permanent: Sei es ein Wurst-, Käse- oder Marmeladenbrot zu frühstücken, den Weg zur Arbeit zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit dem Auto zurückzulegen, das Gerät A, B oder zu C zu kaufen oder sich auf eine bestimmte Vorgehensweise festzulegen, um eine Aufgabe oder ein Problem zu lösen.

Bei den *Optionen* (zwischen denen man entscheidet) kann es sich um Objekte (z.B. Gerichte auf einer Speisekarte) oder Handlungen (z.B. lieber Schwimmen gehen oder Tennis spielen) handeln und die Präferenz für eine Option kann durch eine verbale Äußerung (indem man sagt, ich würde die Option x wählen) oder durch tatsächliches Verhalten (man nimmt das Objekt x bzw. führt die Handlung x aus) *zum Ausdruck* gebracht werden.

Optionen werden um ihrer *Konsequenzen* willen gewählt: Menschen haben Ziele (vgl. Kap. 9.), die ihre Handlungen motivieren, da die Zielerreichung direkt eine Bedürfnisbefriedigung erlaubt bzw., falls es sich um ein instrumentelles Ziel handelt, indirekt zur Bedürfnisbefriedigung beiträgt. Nun werden sich aufgrund des eigenen Wahlverhaltens Konsequenzen einstellen, die bezüglich eines oder mehrerer dieser Ziele relevant sind. Dementsprechend spricht man in der Entscheidungsforschung davon, dass eine Entscheidung *ein- oder mehrdimensionale (multiple) Konsequenzen* hat.

Weiterhin kann man damit den Konsequenzen einer Wahlentscheidung einen *Wert* bzw. *Nutzen* für den Entscheider zuordnen. Der Wert bzw. Nutzen wird durch eine entsprechende Funktion formalisiert, die verschiedenen Ausprägungen eines *Attributs* der Wahloptionen einen Wert bzw. Nutzen auf Basis der damit verbundenen Konsequenzen zuordnet (bspw. Zeit, Geld, Bequemlichkeit eines Verkehrsmittels). Üblicherweise geht man, dem Prinzip des *abnehmenden Grenznutzens* folgend, von einer konvex geformten logarithmischen Funktion aus, d.h. die erste Einheit eines Gutes (das man bekommt) hat einen höheren Nutzen als die zweite Einheit, diese wiederum mehr Nutzen als die dritte und so fort. (Stellen Sie sich vor, Sie haben Hunger. Der erste Bissen, den Sie essen, ist der köstlichste; je mehr Sie essen, desto weniger Hunger haben Sie und desto weniger Nutzen hat jedes weitere Bisschen Essen.)

Falls sich die Wahloptionen auf mehreren (relevanten) Attributen unterscheiden, ist eine ‚Verrechnung‘ der verschiedenen Nutzenwerte

erforderlich, in die im Regelfall die *Wichtigkeit* der jeweils verfolgten Ziele eingehen wird.

Auf die Konsequenzen einer Wahlentscheidung kann aber nicht nur die gewählte Option an sich Einfluss nehmen, sondern auch vom Entscheider nicht verursachte *Ereignisse* können Einfluss auf die Konsequenzen nehmen. Daher unterscheidet die Entscheidungsforschung zwischen *sicheren und unsicheren Konsequenzen* einer Wahlentscheidung, d.h. wenn ich im Restaurant etwas bestelle, so kann ich im Regelfall sicher sein, das Bestellte zu bekommen, während ich hingegen beim Roulette nur mit einer mathematischen Wahrscheinlichkeit von 50% *erwarten* kann, dass eine rote bzw. schwarze Zahl fällt. Prinzipiell muss man sogar ergänzen, dass jede Wahl unsicher ist, denn auch wenn das Eintreten der Konsequenzen als sicher angesehen werden kann, so kann man sich der Wirkung dieser Konsequenzen auf einen selbst *im voraus* nicht ganz sicher sein, denn man verändert sich mit jeder Minute und es ist durchaus möglich, dass die sich im nachhinein einstellende Wirkung anders als vermutet ist. (So hat man bspw. Erdbeereis bestellt (Wahlentscheidung), man bekommt auch Erdbeereis (sichere Konsequenz), aber beim Essen stellt sich heraus, dass der sich ansonsten einstellende Hochgenuss nur noch in abgeschwächter Form auftritt (evtl. weil man in diesem Sommer schon zu viel Erdbeereis gegessen hat oder der Geschmack aufgrund einer beginnenden Erkältung gestört ist).

Entscheidungen sind im alltäglichen Leben häufig *mehrstufig*, d.h. man trifft eine Entscheidung (z.B. Aktie noch nicht verkaufen), wartet ihre Konsequenzen ab (Kursentwicklung, Geschäftsbericht) und trifft auf dieser Basis weitere Entscheidungen (Aktie verkaufen oder weitere Aktien hinzukaufen). Die Entscheidungsforschung beschäftigt sich jedoch primär mit *einstufigen* oder einfachen zweistufigen Entscheidungen (Jungermann et al., 2005, S.30).

Weiterhin kann man Entscheidungen dahingehend unterscheiden, ob die Optionsmenge *gegeben* ist (Speisekarte) oder ob sie erst *generiert* werden muss (mögliche Problemlösungen). Mit ersteren beschäftigt sich die Entscheidungsforschung vorwiegend (Jungermann et al., 2005, S.27/8).

Entscheidungen kann man auch aus dem Blickwinkel des darin investierten *kognitiven Aufwands*, d.h. des Ausmaßes an Informationsverarbeitung, betrachten. In diesem Kontinuum unterscheidet Jungermann (Jungermann et al., 2005, Kap. 2.3) vier Ebenen (routinisierte, stereotype, reflektierte und konstruktive), von denen wiederum nur die reflektierten Entscheidungen im Zentrum der Entscheidungsforschung stehen. Diese vier Ebenen werden im Folgenden in der Reihenfolge steigenden kognitiven Aufwands und Bewusstheitsgrads charakterisiert:

- Bei routinisierten Entscheidungen löst die Situation die Entscheidung aus, d.h. es gibt eine habituelle Präferenz für eine Option. (Man spricht hier nur dann von einer Entscheidung, falls diese Entscheidung früher auf einer

höheren Ebene angesiedelt war; bspw. hat man irgendwann einmal eine reflektierte Entscheidung (s.u.) über das ‚beste‘ Verkehrsmittel für den Arbeitsweg getroffen und nimmt dieses nun jeden Morgen automatisch.) Der kognitive Aufwand besteht darin, die gegebene mit der gespeicherten Situation abzugleichen (Matching) (d.h. handelt es sich um einen Arbeitsweg oder um eine Einkaufsfahrt); dem Entscheider ist hierbei nicht mehr bewusst, dass er gerade eine Entscheidung trifft. Typisches Beispiel sind stark habitualisierte, routinisierte Entscheidungen, die als solche nicht mehr wahrgenommen werden, wie die Wahl des Weges zur Arbeit (man könnte ja auch links herum gehen, aber man geht immer rechts herum). Der Vorteil der Verwendung von Routinen liegt in ihrem Einsparungseffekt hinsichtlich der kognitiven Ressourcen; der Nachteil liegt darin, dass Routinen häufig in unangemessener Weise weiterlaufen, da sie automatisch ausgelöst und bei ihrer Ausführung wenig oder gar nicht überwacht werden. Dadurch werden deren Anwendungsbedingungen nicht kritisch hinterfragt.

- Stereotype Entscheidungen werden durch die Art der vorliegenden Optionen ausgelöst: Sie beziehen sich auf bekannte und vertraute Optionen, für die erlernte, holistische (Affekt-)Urteile vorliegen; die Optionen müssen nicht (neu) bewertet werden, d.h. die Entscheidung bedarf nur eines geringen kognitiven Aufwands. Der Entscheider hat ein Entscheidungsbewusstsein, d.h. er ist sich (z.B. aufgrund des Skripts, vgl. Kap. 11.2.6.) bewusst, dass er gerade eine Entscheidung trifft, ohne dass damit gesagt sein soll, dass er sich der Details der ablaufenden Prozesse bewusst ist. (Man spricht auch bewusst, ohne dass man sich dabei der ablaufenden Lautbildungs-, Erinnerungs- und grammatikalischen Konstruktionsprozesse bewusst ist). Typisches Beispiel wären alltägliche Entscheidungen wie die Wahl eines Restaurants, eines Gerichts von der Speisekarte oder andere alltägliche Kaufentscheidungen.
- Bei reflektierten Entscheidungen sind die Optionen vorgegeben, aber die Präferenzen müssen erst explizit gebildet werden, d.h. hier liegt ein deutlich höherer kognitiver Aufwand vor, da für die Präferenzbildung eine Informationssuche erfolgen muss und die Optionen gegeneinander abgewogen werden müssen. Hierbei handelt es sich um einen bewussten Prozess, bei dem nicht nur das Gesamturteil bewusst wird (Erdbeereis mag ich lieber als Himbeereis, stereotype Entscheidung), sondern bei dem einzelne Attribute der Optionen bewusst wahrgenommen werden (A ist besser, aber auch teurer als B). Typisches Beispiel wären nicht alltägliche Kaufentscheidungen, wie sie bspw. beim Kauf eines technischen Geräts stattfinden.
- Bei konstruktiven Entscheidungen müssen die Optionen erst gebildet werden, d.h. hier ist der höchste kognitive Aufwand erforderlich. Typisches Beispiel wären Entscheidungen in Problemlöseprozessen, z.B. wie kann ich mehr Geld verdienen?

Nun haben wir bereits festgestellt, dass Optionen durch eine oder mehrere Attribute beschrieben sein können, dass die Konsequenzen sicher oder unsicher sein können und dass in Entscheidungen ein unterschiedlich großer kognitiver Aufwand investiert wird. D.h. die Wahlentscheidungen von Personen können „mit der Annahme erklärt werden, daß jeweils unterschiedliche und vor allem unterschiedlich aufwendige Prozesse der Informationsverarbeitung und Informationsbewertung ablaufen. Diese Prozesse nennen wir *Entscheidungsregeln*“ (Jungermann et al., 2005, S.119).

Eine sehr wichtige Eigenschaft von Entscheidungsregeln ist, ob sie *kompensatorisch* oder *non-kompensatorisch* arbeiten, d.h. ob die (schlechte) Ausprägung eines Attributes durch die (gute) Ausprägung eines anderen Attributs kompensiert werden kann (kompensatorische Regel) oder zur Elimination dieser Option führen kann, egal wie (gut) andere Attribute ausgeprägt sein mögen (non-kompensatorische Regel). Weitere Eigenschaften sind erschöpfende vs. partielle Informationsverarbeitung, die Erstellung einer Gesamtbewertung für jede vs. nicht für jede Option und der Verarbeitungsgrad qualitativer und quantitativer Informationen (Jungermann et al., 2005, Kap. 7.3.2).

Zusammenfassend stellt Jungermann fest, dass das die vorherrschende Konzeption in der Entscheidungspsychologie ist, dass „Entscheidungen (1) mit Blick auf ihre möglichen Konsequenzen getroffen werden, (2) auf einer Kombination der Wünschbarkeit und der Erwartung dieser Konsequenzen beruhen, und (3) ihre Optimalitätsgrenzen in der beschränkten kognitiven Kapazität des Menschen haben“ (Jungermann et al., 2005, S.394). Dies soll im Folgenden näher erläutert werden:

Das erste Teilkonzept besagt, dass Menschen zielorientiert handeln; dies ist bereits im Rahmen der Motivationspsychologie (Kap. 9.) ausführlich erläutert worden. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass die Entscheidungspsychologie hinsichtlich der Ziele im Wesentlichen nur materielle Überlegungen (insbesondere Geld) berücksichtigt, während soziale und oder im eigenen Selbstwertgefühl liegende Motivationen (wie bspw. die Fairness oder die Rechtfertigbarkeit einer Entscheidung) als Gründe bezeichnet werden, die als zusätzliche, non-konsequentialistische Determinanten von Entscheidungen gelten (Jungermann et al., 2005, Kap. 2.1 + 8).

Das zweite Teilkonzept ist der Dominanz des Erwartungs*Wert-Prinzips in der Entscheidungspsychologie geschuldet, welches sich auf die Ursprünge der Entscheidungsforschung zurückführen lässt und welches im Laufe der Zeit zunehmend subjektiviert und um kognitive Überlegungen erweitert wurde:

Die philosophischen Wurzeln der Entscheidungspsychologie liegen im Utilitarismus, der auf Jeremy Bentham (1748-1832) zurückgeht und aus dem die Idee der Nutzenmaximierung (dort des Gemeinwohls) stammt. Die ökonomische Wurzel liegt in der Konzeption eines egoistisch handelnden und

gerade damit dem Gemeinwohl dienenden Wirtschaftssubjekts von Adam Smith (1723-1790). Die mathematische Wurzel liegt in der Wahrscheinlichkeitstheorie, wie sie von Jacob Bernoulli (1654-1705) und Pierre Simon de Laplace (1749-1827) im Zusammenhang mit Überlegungen zum Glücksspiel entwickelt wurde (Jungermann et al., 2005, Kap. 1.2). Etabliert wurde das Gebiet der Entscheidungspsychologie aber erst 1947 mit dem Buch „Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten“ von John von Neumann und Oskar Morgenstern, die zum ersten Mal eine umfassende Theorie präferentieller Entscheidungen vorlegten. Allen gemeinsam ist die Idee eines Maximierungsprinzips auf der Basis eines Wert*Erwartungs-Kalküls, das somit nicht nur von Motivationspsychologie (vgl. Kap. 9.) sondern auch von der Entscheidungsforschung in die Psychologie eingeführt wurde (Betsch, 1995, S.8/9).

Der erste, der sich hinsichtlich beider Faktoren von objektiven Werten abwandte und sowohl von einem subjektiven Wert als auch einer subjektiven Erwartung ausging, war Edwards mit seiner Theorie der Subjective Expected Utility (SEU) (Edwards, 1954 nach Jungermann et al., 2005, S.205). In den folgenden Jahrzehnten ist die Entwicklung der Entscheidungstheorie durch eine zunehmende Subjektivierung der Modelle gekennzeichnet (Betsch, 1995). Zu nennen ist hier als wichtigste Revision der SEU-Theorie die Prospect-Theorie von Kahneman und Tversky (Kahneman & Tversky, 1979), die mit dieser Theorie den Anspruch erheben, „vielen empirischen Befunden zum Entscheidungsverhalten Rechnung zu tragen und insofern eine deskriptiv bessere Version der SEU-Theorie vorgelegt zu haben“ (Jungermann et al., 2005, S.228).

Denn die Beobachtungen zeigten, dass das Entscheidungsverhalten von Menschen in manchen Situationen nicht ‚gut‘ ist: „Als ‚gut‘ gilt eine Entscheidung dann, wenn möglichst viel Information gesucht und berücksichtigt worden ist und wenn diese Information auf eine Weise integriert worden ist, wie es in den allgemein akzeptierten Theorien optimaler Entscheidung beschrieben wird. Dies sind im Falle von Entscheidungen und Unsicherheit die SEU-Theorie und im Falle von Entscheidungen zwischen multiattributen Optionen die MAU-Theorie. Wenn Vpn Entscheidungsregeln vorgelegt und erklärt werden und wenn sie dann gefragt werden, welche Regel sie als "beste" favorisieren würden, wurden diese Regeln auch von den meisten genannt.“ (Jungermann et al., 2005, S.293)

Dementsprechend könnte man davon ausgehen, dass Menschen sich ‚optimal‘ entscheiden; dies ist aber nicht der Fall. Denn wenn man die Nutzenfunktion und die Wichtigkeit bestimmter Attribute bzw. den Erwartungswert der Optionen einzeln erfasst und mit den Wahlentscheidungen vergleicht bzw. die Einhaltung bestimmter Axiome überprüft, die das SEU-Modell voraussetzt, so stellt man teilweise systematische Abweichungen bzw. Widersprüche fest.

„Diese empirischen Befunde führten zu einer Differenzierung von regelbestimmten und intuitiven Wahrscheinlichkeitsurteilen ... Damit ist gemeint,

daß Personen unter manchen Bedingungen Urteile nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitstheorie abgeben bzw. abgeben können ..., daß sie ihre Urteile aber im Normalfall *intuitiv* abgeben und daß diese Urteile dann oft Regeln der Wahrscheinlichkeitstheorie verletzen“ (Jungermann et al., 2005, S.170). Aus dieser Feststellung resultierte das Forschungsprogramm von Kahneman und Tversky hinsichtlich *heuristics* und *biases*, welches davon ausgeht, dass Menschen unter bestimmten Bedingungen mentale Heuristiken („kognitive Daumenregeln“) statt Algorithmen der Wahrscheinlichkeitstheorie nutzen, die im Allgemeinen aber eben nicht immer erfolgreich und effizient eingesetzt werden und die unter bestimmten Bedingungen zu systematischen Fehlern und Täuschungen (*biases*) führen (Jungermann et al., 2005, Kap. 5.4.3).

Aus diesen Arbeiten resultiert die die SEU-Theorie revisionierende Prospect-Theorie, die zwar immer noch am Erwartungs*Wert-Prinzip festhält, jedoch Zusatzannahmen macht und Modifikationen vornimmt: „Die Theorie zeichnet sich dadurch aus, daß a) zwischen einer Phase der Repräsentation des Problems und einer Phase der Bewertung der Optionen unterschieden wird und b) spezifische Annahmen zur Nutzenfunktion und zur Rolle der Sicherheit bzw. Unsicherheit getroffen werden“ (Jungermann et al., 2005, S.202).

In der ersten Phase findet das sogenannte *Framing* statt, d.h. dass die Wahrnehmung und Verarbeitung von Informationen aus der Umwelt und die Aktivierung von vorhandenem Wissen zu einer bestimmten mentalen Repräsentation des Entscheidungsproblems führt. Damit wird aber, wie vielfach in Untersuchungen nachgewiesen, das Entscheidungsverhalten durch die Art und Weise der Präsentation des Entscheidungsproblems beeinflusst und Menschen sind somit nicht invariant gegenüber der angewandten Befragungsmethode.

Hinsichtlich der Wertefunktion geht die Prospect-Theorie davon aus, dass Optionen stets relativ zu einem Referenzpunkt bewertet werden, d.h. dadurch ergibt sich, ob eine Option als Gewinn oder Verlust einbringend beurteilt wird. Weiterhin wird angenommen, dass die Nutzenfunktion für Gewinne konkav, für Verluste konvex verläuft und für Verluste steiler als für Gewinne verläuft. (Das bedeutet, dass bei drohenden Verlusten eher ein Risiko eingegangen würde als bei erhofften Gewinnen.) „Das Konzept der subjektiven Wahrscheinlichkeit wird aufgegeben zugunsten eines sogenannten Entscheidungsgewichts. Die (vorgegebenen) Wahrscheinlichkeiten werden so transformiert, dass die resultierenden Gewichte die Bedeutung des Eintretens der Ereignisse für die Entscheidung reflektieren“ (Jungermann et al., 2005, S.225).

Das dritte Teilkonzept knüpft an die Einsichten des Forschungsprogramms zur Heuristiken und Biases und an die verschiedenen Ebenen kognitiven Aufwands an, denn sowohl für die Entscheidung bei multiattributen, sicheren Optionen als auch für Entscheidungen unter Unsicherheit sind diverse Entscheidungsregeln (jenseits des Erwartungs*Wert-Prinzips, z.B. die angesprochenen

Heuristiken) vorgeschlagen worden (vgl. Jungermann et al., 2005, Kap. 4.4 bzw. Kap. 6).

Durch viele Befunde ist klar geworden, dass Menschen sich *kontingent*, d.h. situationsangepasst, entscheiden und dass es „nicht eine universelle Entscheidungsregel gibt, die für alle Probleme, Situationen und Personen gilt. Es gibt vielmehr ein Repertoire von Regeln, die durch Erfahrung oder Ausbildung erworben sein können. Aus diesem Repertoire wird flexibel und adaptiv eine "passende" Regel je nach Problem und Situation angewandt“ (Jungermann et al., 2005, S.279). Unter anderem wird hierfür das sogenannte *framing* verantwortlich gemacht, das von Kahneman und Tversky in der Prospect-Theorie (s.o.) postuliert wird (Jungermann et al., 2005, S.228/9):

Die verschiedenen Entscheidungsregeln gehen zum einen mit einem unterschiedlichen kognitiven Aufwand einher, der mithilfe des Modells der adaptiv-kontingenten Regelselektion von Payne, Bettman und Johnson (Payne et al., 1993 nach Jungermann et al., 2005, Kap. 7.3.4) quantifiziert werden kann. Zum anderen haben die Regeln eine unterschiedliche ‚Qualität‘, d.h. man kann das Ergebnis der Anwendung einer derartigen Entscheidungsregel mit der als optimal angesehenen Norm vergleichen, die von der präskriptiven Entscheidungstheorie gesetzt wird.

Da, um mit dem Schlagwort der Kognitionspsychologie zu sprechen, bewusstes Denken eine knappe Ressource ist, erscheint vor dem Hintergrund der begrenzten kognitiven Kapazität zur Informationsverarbeitung eine „den Bedingungen von Aufgabe und Situation angepasste flexible Nutzung von Entscheidungsregeln im allgemeinen funktional und intelligent“ (Jungermann et al., 2005, S.297), nach dem Motto: so viel nachdenken wie nötig, so wenig nachdenken wie möglich. „Simon (1990) hat diesen Begriff von Rationalität ausführlich beschrieben und diskutiert“ (Jungermann et al., 2005, S.297 mit Bezug auf Simon, 1990).

Auch Gigerenzer und Mitarbeiter (Gigerenzer et al., 1999) argumentieren in eine ähnliche Richtung, wenn sie von einer „adaptive tool box“ sprechen, welche aus „fast and frugal“ Heuristiken besteht, die mit deutlich weniger Aufwand nicht weniger erfolgreich als normative Regeln seien. „Die Effizienz der simplen Heuristiken wurde vor allem mit Computersimulationsstudien in verschiedenen Umgebungen (*environments*) und formalen Analysen, aber auch empirisch demonstriert. Ob und unter welchen Bedingungen allerdings diese Heuristiken tatsächlich von Menschen verwandt werden, ist umstritten ... Bisher wurde auch nicht überprüft, ob bzw. unter welchen Bedingungen oder bei welchen Personen auch die simplen Heuristiken systematisch zu Fehlern führen“ (Jungermann et al., 2005, S.303).

Es spricht also einiges dafür, dass es eine Art Meta-Entscheidungskalkül gibt, welches eine Entscheidungsstrategie, d.h. die Verwendung einer bestimmten Entscheidungsregel, festlegt. So gehen sowohl das Kontingenzmodell von

Beach und Mitchell (Beach & Mitchell, 1978) als auch das bereits angesprochene differenziertere Modell des adaptiv-kontingenten Entscheidens (Payne et al., 1993) davon aus, dass „Entscheidungen über die Auswahl von Entscheidungsregeln als Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse des kognitiven Systems verstanden werden können“ (Jungermann et al., 2005, S.296) und dass dies im Allgemeinen unbewusst und automatisiert erfolgt (Jungermann et al., 2005, S.297).

Die Frage ist jedoch, ob dies explizit in einem der eigentlichen Entscheidung vorgeschalteten Prozess geschieht oder ob sich die Regelverwendung implizit aus den durch die Entscheidungssituation angestoßenen Prozessen ergibt. So argumentiert Betsch überzeugend (Betsch, 1995, Kap. I.4) gegen ein vorgeschaltetes Kalkül, indem er die drei Einwände a) mangelnde Realitätsnähe, b) Immunisierung und c) infiniter Regress vorbringt: Mangelnde Realitätsnähe bedeute zum einen, dass es hinsichtlich überlebensnotwendiger Reaktionsschnelle unrealistisch erscheine, dass in einem solchen Falle noch ein Meta-Kalkül vorgeschaltet werde. Zum anderen sei ein Meta-Kalkül durch Introspektion nicht feststellbar und damit unplausibel und er kenne auch keine empirische Untersuchung, welche die Existenz eines Meta-Kalküls belege. Immunisierung bedeutet, dass einige Vertreter solcher Ansätze das Modell gegen Kritik immunisieren, indem sie argumentieren, dass das Modell gar nicht das beschreibe, was in den Köpfen geschehe. Damit wäre das Modell aber empirisch nicht überprüfbar und damit wäre das zentrale Kriterium der Prüfbarkeit von Theorien von Popper verletzt. Infiniter Regress bedeutet, dass, wenn ein Meta-Kalkül angenommen würde, welches eine Strategie für die eigentliche Handlungsselektion festlegt, dann auch folgerichtig ein Meta-Kalkül 2. Ordnung angenommen werden müsse, das die Strategie für das Meta-Kalkül 1. Ordnung festlege usw.

Anliegen Betschs Routinenmodells der Handlungsselektion (ROMSO) ist es, die Entscheidungs-Habit-Kontroverse zu lösen und innerhalb eines Modellrahmens sowohl gleichförmiges als auch abweichendes Verhalten zu erklären. ROMSO geht von verschiedenen Selektionsmodi aus, in die jedoch alle die signalisierte Kraft als Basisparameter eingeht, d.h. „integrale Strukturen, in denen Wert- und Wahrscheinlichkeitsinformation bereits untrennbar miteinander verwoben sind“ (Betsch, 1995, S.27/28). Hiermit erklärt sich auch die Bezeichnung des Selektionsmodells als „Routinen-Modell der Handlungsselektion“, drückt doch die Verwendung der signalisierten Kraft als Basisparameter aller Selektionsmodi die Überzeugung Betschs aus, dass „Routinen ... den Kern jeder Theorie der Handlungsselektion ausmachen“ (Betsch, 1995, S S.21/22) sollten. Eine feldtheoretische Konzeption (Betsch, 1995, Kap. III.5) geht davon aus, dass durch den Kontext ein Kontextualisierungsdruck und ein Routinisierungsdruck aufgebaut werden, die auf die Verarbeitung weiterer Informationen drängen bzw. diese inhibieren und

somit die Anwendung eines der idealtypisch beschriebenen Selektionsmodi determinieren.

Abschließend sei auf das Forschungsfeld des ‚naturalistic decision making‘ hingewiesen, welches Entscheider in ihrer natürlichen Umgebung beobachtet und dabei einige der anderen genannten Einschränkungen traditioneller Entscheidungsforschung aufhebt. Es wird zum einen durch die Art und Weise der Entscheidungssituationen („array of task and setting factors“, (Zsombok, 1997)) charakterisiert, mit denen es sich gegenüber der traditionellen Forschung abgrenzt, denn hier geht es um: „1. Ill-structured problems (not artificial, well-structured problems). 2. Uncertain, dynamic environments (not static, simulated situations). 3. Shifting, ill-defined, or competing goals (not clear and stable goals). 4. Action/feedback loops (not one-shot decisions). 5. Time stress (as opposed to ample time for tasks). 6. High stakes (not situations devoid of true consequences for the decision maker). 7. Multiple Players (as opposed to individual decision making). 8. Organizational goals and norms (as opposed to decision making in a vacuum).“ (Zsombok, 1997) Die drei anderen Charakteristika des Forschungsgeldes ‚naturalistic decision making‘ sind, dass die Untersuchungssubjekte erfahrene Entscheider sind, dass die Forschung mit einer deskriptiven und nicht mit einer normativen Intention betrieben wird und dass das Interesse auf der gesamten Entscheidungsepisode incl. der „situation awareness“ liegt (Zsombok, 1997).

14. Mobilitätspsychologie

In diesem Kapitel wird auf die Frage eingegangen, inwiefern die behandelten Teilbereiche der Psychologie spezifische Theorien, Modelle, Befunde etc. zum Anwendungsbereich Mobilitätsverhalten vorzuweisen haben. Dies sind die Motivations-, Handlungs- und Entscheidungspsychologie (Kap. 14.1.) und die Gedächtnis- und Lernpsychologie (Kap. 14.2.). Da das Mobilitätsverhalten ein ganz fundamentales alltägliches Verhalten ist, sind von der Denk- und Problemlösepsychologie weder mobilitätsspezifische Besonderheiten zu erwarten, noch scheint es Arbeiten zu geben, die zu solchen Ergebnissen kommen.

14.1. Beiträge der Motivations-, Handlungs- und Entscheidungspsychologie

Die folgenden Literaturstellen sollen exemplarisch zeigen, dass die Forderung, nach den Ursachen von Mobilität zu forschen – und somit eine mobilitätsspezifische Motivationspsychologie zu betreiben – , vielfach erhoben wird:

- So stellt sich Höger (Höger, 1999, S.4) die Frage „Was sind nun die Ursachen der ständig wachsenden Mobilität?“ und antwortet selber: „Da es Individuen sind, die sich mobil verhalten, ist aus psychologischer Sicht nach den Beweggründen zu suchen, die Personen veranlassen, entsprechende Verhaltensweisen an den Tag zu legen.“
- Schultz (Schultz, 1995) plädiert für eine Verkehrsursachenforschung und die Beachtung von psychologischen Konstrukten wie Bedürfnissen, Motivationen, Intentionen und Einstellungen.
- Auch Flade (Flade, 2000) erachtet es als notwendig, stärker die Hintergründe menschlichen Verkehrsverhaltens zu ergründen.
- Axhausen (Axhausen, 1998) erachtet es als wichtig, nach den Zielen zu fragen, die Menschen verfolgen.

Die diesen Aufforderungen folgende Mobilitätsursachenforschung kommt zu Erkenntnissen, die sich in zwei Kategorien unterscheiden lassen: Zum einen gibt es sehr prinzipielle Antworten auf die Frage, warum Menschen sich überhaupt bewegen (Kap. 14.1.1.). Zum anderen gibt es Antworten auf die Frage, warum sich Menschen wie bewegen, d.h. hier werden im Wesentlichen Werte bzw. Entscheidungskriterien bezüglich der Art und Weise der Fortbewegung (insbesondere der Verkehrsmittelwahl) herausgearbeitet (Kap. 14.1.2.). Auf Basis dieser Beiträge lassen sich bereits einige zusammenfassende motivationspsychologische Schlussfolgerungen ziehen (Kap. 14.1.3.).

Zwei motivations- und entscheidungspsychologisch bedeutsame handlungspsychologische Ergänzungen bilden eine Überleitung (Kap. 14.1.4.) zur Entscheidungspsychologie.

Das Thema der Entscheidungspsychologie ist die Erklärung von Wahlentscheidungen auf Basis der von der Motivationsforschung gefundenen Werte bzw. Entscheidungskriterien. Dabei könnten a) die Dominanz des Erwartungs*Wert-Prinzips in der Motivations- und Entscheidungspsychologie, b) der mathematische Ursprung der Entscheidungspsychologie in wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen zum Glücksspiel und c) der Haupteinsatzbereich der Ökonomie für einige wesentliche Einschränkungen in der Entscheidungsforschung verantwortlich sein, die sich auch und gerade beim Mobilitätsverhalten bemerkbar machen (Kap. 14.1.5.). Hieraus resultieren zusammenfassende entscheidungspsychologische Schlussfolgerungen (Kap. 14.1.6.).

Problematisch ist, dass die motivationspsychologische Mobilitätsforschung zwar zu sehr umfangreichen Wertelisten führt, aber wenig über Relevanz und Wichtigkeit dieser Werte aussagt; gerade dies ist jedoch für eine Auswahl und Operationalisierung von Entscheidungskriterien im Rahmen eines Entscheidungskalküls notwendig. Zudem werden für die Erzeugung einer stimmigen Agentenpopulation Erkenntnisse über die Verteilung oder die Kombination dieser Wertegewichte in der Bevölkerung benötigt. Einen Ausweg aus dieser Problematik versuchen die Lebens- bzw. Mobilitätsstilansätze

aufzuzeigen (Kap. 14.1.7.), die somit von perspektivischem Interesse für die Anwendung des in dieser Arbeit entwickelten Modells sind.

Abschließend sei noch ein offenes Problem der mobilitätsspezifischen Motivationspsychologie angerissen, nämlich das Problem der ‚Freizeitmotive‘ (Kap. 14.1.8.).

14.1.1. Prinzipielle Antworten auf die Warum-Frage

Die prinzipiellen Antworten auf die Frage, warum Menschen sich überhaupt bewegen, folgen im Wesentlichen der Argumentation, die auch eingangs (Kap. 1.1.) skizziert wurde: Für Menschen sind Ortsveränderungen notwendig, da sich nicht alles, was für die Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse notwendig ist, an einem Standort befindet. Dies gilt für jeden Menschen und galt zu allen Zeiten:

Schmitz nennt als ursprüngliche „ultimate“ Gründe eines jeden Lebewesens, sich zu bewegen, 1) den Nahrungserwerb, 2) die Gefahrenvermeidung und 3) den Zugang zu Reproduktionschancen (Schmitz, 1994, S.104). In der Übertragung auf den in der heutigen modernen Gesellschaft lebenden Menschen nennt sie 1) die biologisch begründeten Bedürfnisse des Organismus, 2) ein Interaktionsbedürfnis zur interpersonalen Kooperation und 3) sozial institutionalisierte Forderungen für das Wohlergehen und Überleben der Gemeinschaft. Außerdem verweist Schmitz (Schmitz, 1994) mit Bezug auf Altman (Altman, 1977) auf die Regulation von physischer und sozialer Privatheit durch die Wahl eines Fortbewegungsmittels und mit Bezug auf Zuckerman (Zuckerman, 1979) auf die Erweiterung des Aktionsraums durch ‚sensation seeking‘.

Zudem unterscheidet Schmitz in unserer modernen Gesellschaft hinsichtlich der Gründe, sich zu bewegen, zwei Motivkategorien: „Die erste Motivkategorie setzt voraus, dass eine Fortbewegung dem Zweck dient, ein Ziel zu erreichen oder einen alten Zustand zu verlassen. ... In diese Kategorie lässt sich auch ein Großteil des Mobilitätsverhaltens einordnen. Die zweite Motivkategorie geht davon aus, dass Mobilität nicht nur Mediator auf dem Wege zur Bedürfnisbefriedigung ist, sondern direkt der Bedürfnisbefriedigung dient. Hier ist das Ziel des Handelns das bestimmte Mobilitätsverhalten selbst“ (Schmitz, 1994, S.105).

Flade (Flade, 1994) nennt als Antwort auf die Frage, warum Menschen sich bewegen, vier Gruppen von Motiven, nämlich 1) Mobilität als Mittel zum Zwecke der Erreichung von ‚(Überlebens)zielen‘ in unserer heutigen Gesellschaft (Arbeiten, Wohnen, Einkaufen, Freizeit), 2) Mobilität als Mittel der Konstituierung eines Lebensraums, 3) Mobilität als Bewegung um ihrer selbst willen (sie verweist hier auf Bewegungslust) und 4) Mobilität als Symbolfunktion (sie verweist hier auf Selbstwertgefühl und soziale Anerkennung).

Altener & Risser (Altener & Risser, 1995, S.79f) unterscheiden in common und extra sense Motive: „Als sogenannte ‚common sense‘-Motive sind vor allem die direkt mit den Bedingungen des Transports in Verbindung zu bringenden Bedürfnisse zu sehen. Darunter fallen der Wunsch nach Reisezeit- und Reisekostenminimierung und das Bedürfnis nach Unabhängigkeit, Zuverlässigkeit und Bequemlichkeit“ (Altener & Risser, 1995, S.80). Dabei wird explizit eine subjektive Bewertung objektiver Gegebenheiten angenommen. „So genannte ‚extra motives‘, also Motive, die über den vorgeblichen Zweck eines zurückgelegten Weges – also die Überwindung von Entfernungen – hinausgehen, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Zum einen in Motive, die sich auf das Erleben einer sozialen Rolle beziehen bzw. der Aneignung eines bestimmten Images ... Zum anderen in Motive, die sich auf die sog. ‚Ich-Erlebnisse‘ beziehen“ (Altener & Risser, 1995, S.80).²⁴

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich bei all diesen Kategorisierungen im Grunde genommen immer wieder die prinzipielle Trennung von zweck- und tätigkeitzentrierten Handlungen findet (vgl. Kap. 9.4.). Die Zwecke der Handlungen werden mit jenen Bedürfnissen angegeben, die zuvor (siehe Kap. 9.3.) als existentielle (individuelle und arterhaltende) und soziale Bedürfnisse bezeichnet wurden; diese Zwecke manifestieren sich im städtischen Leben in den Standorten für Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Freizeit. In den tätigkeitzentrierten Handlungen finden sich jene Bedürfnisse wieder, die zuvor (vgl. Kap. 9.3.) als soziale und informationelle Bedürfnisse bezeichnet wurden.

Von der Argumentation her wird zumeist zwar auf die primären, angeborenen Bedürfnisse verwiesen, aber konkret werden dann sekundäre, instrumentelle Bedürfnisse genannt, die sich im Laufe der sozio-kulturellen Entwicklung unserer Gesellschaft etabliert haben und die daher von den meisten Menschen im Laufe der individuellen Entwicklung in Form eines Zielsystems (vgl. Kap. 9.5.) erworben werden.

14.1.2. Die Auflistung von Entscheidungskriterien

Gänzlich auf der Ebene der sekundären, instrumentellen Bedürfnisse bzw. der erlernten Zielsysteme befinden sich die Antworten auf die Frage, warum sich Menschen auf eine bestimmte Art und Weise bewegen. Hier finden sich im Wesentlichen Listen von Entscheidungskriterien für die Verkehrsmittelwahl,

²⁴In Zusammenhang mit dem Erleben der sozialen Rolle bzw. der Image-Aneignung werden zwischenmenschliche Beziehungen im Straßenverkehr, soziologische Bedeutung des Fahrzeuggebrauchs, Kommunikation, Macht, Status, Kampf, Sieg, Kränkung, Prestige, Emanzipation usw. genannt; in Zusammenhang mit dem Ich-Erleben werden persönliche Autonomie und Bewegungsfähigkeit, Beziehung zwischen Fahrzeug und Selbstwertgefühl, Triebkomponenten, Ebenen der Affekte, Aktivierung, Besitz, Geborgenheit, Erprobung, eigene Größe, Kraft, Freiheit, technische Faszination, Geschwindigkeitsrausch, Angstlust usw. genannt.

während hingegen die Kriterien für die Wahl der Aktivität und des Aktivitätsstandortes deutlich weniger Aufmerksamkeit erfahren. Außerdem finden sich noch Arbeiten hinsichtlich mittelfristiger Mobilitätsentscheidungen, insbesondere zur residentiellen Mobilität (Wohnstandortwahl) oder auch zur Entscheidung, ein Auto zu kaufen.

Als wohl ausführlichste und meist zitierte, jedoch ungeordnete Sammlung von Motiven, welche die Verkehrsmittelwahl entscheiden, kann die Arbeit von Held (Held, 1982) angesehen werden:

„So schlägt Held (1982) aufgrund motivationstheoretischer Überlegungen und in Auseinandersetzung mit verschiedenen Handlungstheorien ein erweitertes Schema zur Erklärung individueller Handlungsentscheidungen – also auch für die Verkehrsmittelwahl – vor, das er folgendermaßen erläutert: ‚Ausgangspunkt ist die grundsätzliche analytische Unterteilung der Verhaltensdeterminanten in Limitierungen des Handlungsspielraums und innerhalb des Handlungsspielraums wirkende Determinanten, wie sie allen Handlungs-, Motivations- und Entscheidungstheorien etc. [...] zugrunde liegen. Bei Rüttinger u.a. (1974: 99) werden diese beiden Determinantenkomplexe anschaulich als die Bereiche des ‚Könnens‘ und ‚Wollens‘ unterschieden. [...]‘ Die Erweiterung motivationstheoretischer Vorläufermodelle besteht in der Hinzunahme subjektiver ‚Akzeptanzlimitierungen‘, die Held (in explorativer Absicht) als generell verhaltenswirksam einstuft“ (Littig, 1995, S.27f mit Bezug auf Held, 1982 und Rüttinger et al., 1974).

„Das Hauptinteresse von Hells Arbeit galt der Erforschung der subjektiven Motive der Verkehrsmittelwahl. [Folgende] Tabelle [...] enthält eine ‚Liste potentiell verhaltensrelevanter Ziele der Verkehrsmittelwahl‘, die von Held auf der Grundlage von Literaturanalysen und eigenen explorativ qualitativen Untersuchungen zur Verkehrsmittelwahl zusammengestellt worden ist“ (Littig, 1995, S.29).

Nummer	Zielkategorie	Erläuterungen / Beispiele
1.	Kosten	Kostensparnis, Preisgünstigkeit, Fahrkosten
2.	Zeit	Schnelligkeit, Zeitersparnis, -nutzung, Wartezeit
3.	Zuverlässigkeit	Pünktlichkeit, Sichverlassenkönnen, plangemäß
4.	Körperliche Bequemlichkeit	Witterungseinflüsse, Gepäck, sitzen – stehen, körperliche Anstrengung
5.	Erkundung / Neugierde	Erkunden unbekannter Stadtteile, Erleben neuer Dinge, Menschen und

		Dinge beobachten
6.	Körperliche Funktionslust	Bewegung, körperlich Tätigsein, Gesundheit
7.	Technische Funktionslust	Etwas lenken / beherrschen, Bedienung und Beherrschung der Technik
8.	Freude am Risiko	Gefahren eingehen und bestehen, Abenteuer
9.	Körperliche Sicherheit der eigenen Person	Vermeiden von Gefahren, Unfällen, Verletzungen
10.	Abgase meiden	Gestank und Abgase meiden
11.	Lärm meiden / angenehme Geräusche	Straßenlärm, Türschlagen, Motoren; angenehme Töne, Musik, Vogelgezwitscher, Wasserrauschen
12.	Optische Reize	Meiden unangenehmer Reize: Schmutz, Unordnung; Freude an Natur, Parks, angenehmem Stadtbild und Straßenzügen
13.	Sozialer Kontakt	Gespräche, mit anderen zusammensein, Freunde und Bekannte treffen, andere kennenlernen
14.	Wahrung der Privatsphäre	Bedürfnis alleine zu sein, Vermeidung von Massen, Unwohlsein in überfüllten Verkehrsmitteln, persönliche Schutzzone
15.	Unabhängigkeit	Räuml., zeitl. und soziale Unabhängigkeit: Ziele, Wege, Fahrpläne, Stoßzeiten, andere Personen
16.	Macht	Andere Personen beeinflussen und bestimmen können
17.	Unterordnung	Sich Regeln / Personen unterordnen: Schaffner, Polizist, Taxifahrer, Verkehrsregeln
18.	Aggression	Spaß an Behinderung anderer Personen, Gefährdung anderer, Vergnügen am Ärger anderer

19.	Leistungsmotivation	Konkurrieren, schneller sein als andere, sich selbst etwas beweisen
20.	Geltung / Prestige	Status, hohes Ansehen, imagegerechtes Verhalten, Anerkennung durch andere
21.	Sicherheit für andere Personen	Vermeidung der Gefährdung anderer Personen, Rücksichtnahme
22.	Anderen Hilfe / Schutz gewähren	Kinder, Ältere, andere Personen transportieren
23.	Vermeiden der Belästigung anderer	Belästigung anderer Personen durch eigenes Verhalten wie Abgase und Lärm vermeiden
24.	Umwelt- / Gesellschaftsbezogene Überlegungen	Energie-, Parkflächenbedarf, Stadtbild, Belastung durch Abgase und Lärm, Steuern

Tabelle 1: Motive der Verkehrsmittelwahl

Quelle: Held, 1982, S. 182/183 nach Littig, 1995, S.29f

Doch „In der Liste [s.o.] wurden positive, negative oder neutrale Bewertungsaussagen der Befragten nicht unterschieden. Es wurde nur ausgewertet, ob die Ziele genannt wurden oder nicht. Bei der Auszählung der Häufigkeiten der Nennungen erwiesen sich die folgenden Zielkategorien relativ verkehrsmittelspezifisch als besonders wichtig: 1. Bequemlichkeit, 2. Zeit, 3. Unabhängigkeit, 4. Kosten, 5. Wahrung der Privatsphäre, 6. Eigene Sicherheit“ (Littig, 1995, S.30).

Zusammenfassend kann man sagen, dass hier eine umfassende Sammlung vorgelegt wird, in der zwar ein Ranking der ‚wichtigsten‘ Kriterien erfolgt, die aber nichtdestotrotz leider keine Erhebung der Wichtigkeit umfasst; dies ist aber für eine Operationalisierung, insbesondere durch ein Wert-Erwartungs-Modell, notwendig. Zudem finden sich keine Hinweise, was für wen wie wichtig ist, d.h., wie diese Faktoren in der Bevölkerung verteilt sind. Hierbei versuchen die weiter unten beschriebenen typisierenden Lebensstilansätze (Kap. 14.1.7.) zu helfen.

Abschließend sei zum Thema Entscheidungskriterien noch herausgestellt, dass sich wohl immer wieder zeigt, dass der Wert Umweltschutz anscheinend nur eine nachrangige Rolle spielt, wie die beiden nachfolgenden Zitate exemplarisch zeigen sollen:

- „De Haan und Kuckartz (1996, S.263f.) finden als Ergebnis einer Befragung, dass Handlungen je nach Handlungsbereich unterschiedlich begründet werden, z.B. wird der Kauf von Recycling-Papier häufig mit Umweltschutz

begründet, nicht-Kauf hingegen mit den Kosten; Ausflüge mit dem Fahrrad werden eher aus Gründen des Lebensstils unternommen etc. Der Verkehrsbereich wird am wenigsten gesteuert von Umweltschutzmotiven, hier überwiegen Lebensstil-Argumente bzw. Finanzen“ (Hofinger, 2001, S.69 mit Bezug auf Haan & Kuckartz, 1996; vgl. auch Littig, 1995, S.31ff).

- „Es stellt sich immer wieder heraus, dass das Handeln in diesen Bereichen keineswegs nur von umweltbezogenen Motiven geleitet wird (oder vom Fehlen derselben), sondern auch von Motiven, die nichts mit ‚Umwelt‘ zu tun haben. Die Verkehrsmittelwahl wird eben nicht nur durch den Wunsch bestimmt, die Luft nicht zu verpesten, sondern auch durch Wünsche nach bequemer Fahrt, selbstbestimmter Fahrzeit, u.a.“ (Hofinger, 2001, S.68).

14.1.3. Zusammenfassende motivationspsychologische Schlussfolgerungen

Es war bereits eingangs (im Überblick) vom „Mobilitätsgebot“ (Belschner, 1990 nach Flade, 1994, S.5) die Rede, welches für die moderne Stadt typisch ist, da hier eine weitgehend räumliche Trennung der Funktionen Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Freizeit vorzufinden ist. „D.h., um am urbanen Leben überhaupt teilhaben zu können, ist Mobilität erforderlich. Wer das nicht schafft, fällt aus dem erwarteten Rahmen, was nicht nur das alltägliche Leben erschwert, sondern auch das Selbstwertgefühl in negativer Weise beeinflusst.“ (Flade, 1994, S.5)

Da dementsprechend „das Mobilitätsverhalten direkt oder indirekt der Befriedigung wichtiger Bedürfnisse dient, kann man nicht die ersatzlose Streichung einiger Mobilitätsbereiche fordern, sondern muss sich gleichzeitig Gedanken über umweltverträglichere Ersatzhandlungen machen, die die Funktion des speziellen Mobilitätsverhaltens übernehmen können.“ (Schmitz, 1994)

Dieser Ersatz ist aber nicht so einfach, denn „Aus der bisherigen Darstellung wird deutlich, dass sich das Bedürfnis nach Mobilität in der Regel als instrumentelles Motiv zur Erfüllung einer Reihe übergeordneter Motive wie z.B. Sicherung des Lebensunterhalts oder Erlebnis- und Abenteuerlust entwickelt. Das Mobilitätsmotiv lässt sich damit als ein *generalisierter Anspruch* nach Mobilität definieren, das sich über die tagtägliche Verwirklichung unterschiedlichster Lebensziele verselbständigt“ (Höger, 1999, S.6, Hervorhebungen im Original).

D.h. ähnlich wie Geld, und zwar phylogenetisch schon viel früher und fundamentaler, war und ist das Bedürfnis nach ‚Mobilität‘ ein sehr generelles und universelles sekundäres Bedürfnis, und das ‚mobil sein‘ ist ähnlich wie Geld für die Bedürfnisbefriedigung aller basalen Bedürfnisse notwendig. Aus dieser Sichtweise lässt sich in Strukturen, in denen sich mit weniger ‚Mobilität‘ das Gleiche erreicht lässt, die Aufforderung, auf etwas ‚Mobilität‘ zu verzichten, mit der Aufforderung vergleichen, bei niedrigeren Preisen auf Arbeitslohn zu

verzichten. Da aber zum einen Mobilität und Geld Universaloperatoren bei der Bedürfnisbefriedigung sind und da zum anderen Geld und in gewissem Sinne auch die Mobilität (z.B. durch einen Autokauf) ‚speicherbar‘ sind, schaffen der Besitz von Geld und die Verfügbarkeit von Mobilitätsoptionen auch ein Sicherheitspolster für eine unwägbare Zukunft, in der die Dinge auch anders laufen könnten. Dementsprechend kann man fast nicht genug von einem derartigen Universaloperator wie Geld oder eben auch Mobilität haben, und dementsprechend treffen derartige Forderungen verständlicherweise auf Widerstand.

Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass man nicht nur umweltverträglichere Varianten von Mobilität schaffen muss, in denen sich mit weniger Umweltbelastung das Gleiche erreichen lässt, sondern dass dieses Weniger an Umweltbelastung nicht weniger Geld kosten darf, da sonst das zusätzliche Potential für noch mehr Umweltbelastung durch Mobilität ausgegeben wird. Dies wird auf eindrucksvolle Weise durch die gute gesicherte Erfahrungstatsache des konstanten Reisezeitbudgets und der konstanten Weganzahlen belegt (siehe Kap. 1.2.): An Anzahl und Art der erreichten Ziele, und somit an der Mobilität an sich, hat sich eigentlich über Jahrhunderte hinweg wenig geändert; was sich geändert hat, ist die räumliche Länge der Wege, und das ist es, was die steigende Umweltbelastung ausmacht.

Nun wurde gesagt, dass mit weniger Umweltbelastung das Gleiche erreicht werden sollte. Dies führt uns – nachdem in diesem Kapitel Entscheidungskriterien für Mobilitätsentscheidungen diskutiert und zumindest auf ein Ranking von deren Wichtigkeit verwiesen wurde – zu der Frage, wie man denn nun den Wert einer Handlungsoption auf Basis von Entscheidungskriterien bestimmen kann, denn nur so lässt sich letztendlich die Frage beantworten, wie unterschiedliche Handlungsoptionen beschaffen sind, die den gleichen Wert haben. Dies sind Fragen, die im Allgemeinen durch die Entscheidungspsychologie (vgl. Kap. 13.) beantwortet werden.

Bevor jedoch im Folgenden auf die mobilitätspsychologische Bedeutung der Entscheidungstheorie eingegangen wird (Kap. 14.1.5. und 14.1.6.), werden im Folgekapitel zunächst noch (Kap. 14.1.4.) zwei motivations- und entscheidungspsychologisch bedeutsame handlungspsychologische Ergänzungen eingeschoben.

14.1.4. Handlungspsychologische Ergänzungen

Die Handlungspsychologie beschäftigt sich mit den Strukturen und Prozessen, die das eigentliche Handeln auslösen, anleiten und vor allem regulieren. Da das Mobilitätsverhalten ein ganz fundamentales, alltägliches Verhalten ist, sind hier weder mobilitätsspezifische Besonderheiten zu erwarten, noch scheint es Arbeiten zu geben, die zu solchen Ergebnissen kommen.

Die Handlungspsychologie weist jedoch auf zwei Punkte hin, die im Hinblick auf Mobilitätsverhalten bedeutsam sind:

Zum einen macht die Handlungspsychologie, namentlich Oesterreich (vgl. Kap. 10.2.2.), darauf aufmerksam, dass Menschen aus gutem Grund effizient-divergente Situationen wertschätzen; anders ausgedrückt: Flexibilität ist ein Entscheidungskriterium, das für eine Handlungsoption spricht, und „Dieser Aspekt – die Flexibilität – spielt bei der Verkehrsmittelwahl eine nicht unwichtige Rolle“ (Flade, 1994, S.7 mit Bezug auf Held, 1982 und Flade & Guder, 1992). Flexibilität ist also ein nicht unmaßgebliches ‚kognitives‘ Entscheidungskriterium, auf das von Held und anderen hingewiesen wird und das in der wiedergegebenen Liste (vgl. Kap. 14.1.2.) als Unabhängigkeit aufgeführt ist.

Zum anderen wurde abschließend zu Heckhausens Rubikonmodell (vgl. Kap. 10.1.2.) ausgeführt, dass Heckhausen annimmt, dass „man mit fortschreitendem Alter für die meisten Situationen seines Lebens die motivationalen Beurteilungsprozesse soweit abgeschlossen hat, dass man dafür bereits fertige Intentionen parat hat. Bei passender Gelegenheit müssen sie dann nur noch abgerufen werden“ (Rheinberg, 2002, S.190 mit Bezug auf Heckhausen, 1987b). Im Entwicklungsverlauf spielen also Motivationsprozesse eine immer geringere Rolle und es treten fast nur noch Volitionsprozesse (im Sinne von die Handlungsausführung kontrollierenden Realisierungsprozessen) auf; d.h., dass für die im Alltag auftauchenden Entscheidungen gar keine Selektion einer Handlungsoption mehr stattfindet, sondern dass diese Selektion irgendwann einmal stattgefunden hat und seitdem nur die Realisierung einer vorgefassten Entscheidung, der fertigen Intention, stattfindet. Mit anderen Worten: Der Alltag, und dazu gehört Mobilität, wird von Routinehandlungen dominiert, denen keine aktuelle Entscheidung zugrunde liegt, sondern eine vergangene Entscheidung, die sich etabliert hat. Dies ist entscheidungspsychologisch interessant und wird wieder aufgegriffen und mobilitäts-spezifisch erörtert werden (Kap. 14.1.6.).

14.1.5. Einschränkungen der Entscheidungspsychologie

Die Dominanz des Erwartungs*Wert-Prinzips in der Motivations- und Entscheidungspsychologie, der mathematische Ursprung der Entscheidungspsychologie in wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen zum Glücksspiel und deren Haupteinsatzbereich der Ökonomie (vgl. Kap. 13.) könnten für einige wesentliche Einschränkungen in der Entscheidungsforschung verantwortlich sein, die sich auch und gerade beim Mobilitätsverhalten bemerkbar machen:

Zum Ersten konzentriert sich die Entscheidungsforschung auf Entscheidungen unter Unsicherheit, die sich, der *Gamble-Metapher* folgend, als das Ziehen eines Lotterieloses interpretieren lassen: Im Sinne der Gamble-Metapher ist „jede

Option mit unsicheren Konsequenzen eine Lotterie (engl.: *lottery*), und wir können jede Entscheidung unter Unsicherheit als eine Entscheidung darstellen, eine Lotterie, ein Spiel (engl.: *gamble*) oder auch eine Wette (engl.: *bet*) einzugehen“ (Jungermann et al., 2005, S 203).

Zum Zweiten konzentriert sich die Entscheidungsforschung auf sichere multiattribute Entscheidungen, die sich als Kaufentscheidungen interpretieren lassen. Letzteres dürfte die Entscheidungsart sein, die beim alltäglichen Mobilitätsverhalten auftritt.

Allerdings beschäftigt sich die Entscheidungsforschung bei diesen sicheren multiattributen Entscheidungen im Wesentlichen mit einstufigen, reflektierten Entscheidungen und ließ, wie die folgenden Zitate zeigen, zumindest bis Anfang der 90er Jahre die Habitualisierung bzw. Routinisierung von Entscheidungen (routinisierte und stereotype Entscheidungen nach Jungermann et al., 2005, Kap. 2.3.), die im alltäglichen Leben und somit auch beim Mobilitätsverhalten vorherrschen, weitestgehend außen vor:

- „Routinization is one of the main characteristics of everyday decision making (Athay & Darley, 1981; James, 1890). Most of our private and social activities are strongly regulated by interaction routines (Forgas, 1982). Therefore, it is remarkable that decision routines have played such a minor role in decision research and theorizing for a long time (c.f. Abelson & Levi, 1985). During the past decade, however, decision researchers became increasingly interested in the effects of routines on decision making (Beach & Potter, 1992), as evident from a growing number of empirical and theoretical contributions to the literature.“ (Betsch et al., 2001, S.24 mit Bezug auf James, 1890, Athay & Darley, 1981, Forgas, 1982, Abelson & Levi, 1985 und Beach & Potter, 1992)
- „Ein großer Teil der individuellen Fortbewegung ist in alltägliche, immer wiederkehrende Handlungsabläufe eingebunden, die im Unterschied zu den gelegentlichen Fortbewegungen nicht mehr kognitiv vorbereitet und geplant werden müssen.“ (Flade, 1994, S.6 mit Bezug auf Kaminski, 1991)
- Auch empirisch ist erwiesen, dass es sich (nicht nur) bei der Verkehrsmittelwahl im konkreten Fall so recht gar nicht um einen Entscheidungs- oder Planungsprozess im engeren Sinne handelt. Es wird viel mehr gewohnheitsmäßig ein bestimmtes Verkehrsmittel genommen bzw. bevorzugt (Klein, 1999, S.31; Littig, 1995; Preisendörfer, 1996). Konkret stellen bspw. Moczek & Rambow fest (Moczek & Rambow, 1999, S.675): „Gerade in kleinen Gemeinden stellt das Auto die habituell gewählte Fortbewegungsalternative dar.“

Zum Dritten muss gesagt werden, dass die Entscheidungspsychologie zunächst hinsichtlich der Kriterien im Wesentlichen nur materielle (ökonomische) Werte (insbesondere Geld und Zeit) berücksichtigt, während soziale und oder im eigenen Selbstwertgefühl liegende Motivationen (wie bspw. die Fairness oder

die Rechtfertigbarkeit einer Entscheidung) als Gründe bezeichnet werden, die als zusätzliche, non-konsequentialistische Determinanten von Entscheidungen gelten (Jungermann et al., 2005, Kap. 2.1 + 8).

Aber es gibt auch Ansätze, den ‚homo sociologicus‘, „der sich gemäß der Rollentheorie (Dahrendorf 1958; Wiswede 1977) an den perzipierten Rollenerwartungen oder Normen seiner Umwelt orientiert und den Sanktionen seiner sozialen Umwelt entsprechend handelt“ (Lüdemann, 1997, S.43 mit Bezug auf Dahrendorf, 1958 und Wiswede, 1977), zu integrieren: So handelt es sich bei der ‚Theory of Planned Behavior‘ TPB (Ajzen, 1985; Ajzen, 1991) um den Versuch einer Synthese zwischen ‚homo sociologicus‘ und ‚homo oeconomicus‘. (Lüdemann, 1997, S.43)

Die Erschließung der sozialpsychologischen Erweiterungen klassischer entscheidungstheoretischer Ansätze für den Verkehrsbereich ist vor allem Bamberg in vielen Arbeiten zu verdanken (Bamberg & Schmidt, 1994; Bamberg et al., 1995; Bamberg, 1999; Bamberg et al., 2000). So zeigt sich die Beachtung sozial-psychologisch motivierter Entscheidungskriterien in der Mobilitätsforschung bspw. in den Antworten auf die Frage, warum Menschen sich überhaupt bewegen (vgl. Kap. 14.1.1.), in der Motivliste von Held (vgl. Kap. 14.1.2.) oder auch in der folgenden Feststellung von Klein: „Die Verkehrsmittelwahl wie auch die Höhe der Verkehrsteilnahme hängen von Kosten, Zeit und Komfortkomponenten (Routine, Bequemlichkeit, Fahrkomfort) sowie sozialem Status und Image der Verkehrsmittel ab.“ (Klein, 1999, S.31 mit exemplarischem Bezug auf Gorr, 1997)

D.h. man hat erkannt, dass soziale Kriterien eine Rolle spielen; das heißt aber nicht, dass man genug über sie weiß, um sie innerhalb eines Entscheidungskalküls operationalisieren zu können und sie somit für eine Verkehrssimulation nutzbar zu machen: So wurde bereits zuvor hinsichtlich Helds Liste angemerkt, dass hier zwar teilweise ein Ranking, aber keine Wichtigkeitseinschätzung vorliegt. Dementsprechend verwundert es auch nicht, dass sich gängige und insbesondere kommerzielle Verkehrssimulationsprogramme anscheinend im Wesentlichen auf die Kriterien Kosten und Zeit beschränken, über die naheliegender Weise am meisten bekannt ist.

Zum Vierten ist es mit der Integration des ‚homo cognitivus‘, wie ich ihn nennen möchte, eher noch schlechter bestellt als mit der Integration des ‚homo sociologicus‘: So widerfährt kognitiven bzw. informationellen Motiven im Speziellen und der Art und Weise der menschlichen Informationsverarbeitung im Allgemeinen ein ähnliches Schicksal wie den sozialen Motiven: Einerseits werden kognitive bzw. informationelle Motive genannt (bspw. Neugier, Selbstverwirklichung, Flexibilität), die beschränkte kognitive Kapazität des Menschen anerkannt (bspw. durch das Konzept der Bounded Rationality) oder die ebenfalls in diesem Zusammenhang zu nennende Routinisierung von alltäglichen Verhaltensweisen betont, andererseits sind konkrete Vorschläge zur

Operationalisierung dieser Kriterien und Konzepte selten und lassen einen praktischen simulationstechnischen Einsatz vermissen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit dem ‚homo oeconomicus‘ gearbeitet wird, dass die Notwendigkeit der darüber hinausgehenden Interpretation des Menschen als ‚homo sociologicus‘ anerkannt ist und dass mit der Integration dieser Interpretation begonnen ist, dass aber der Mensch durchaus auch als ‚homo cognitivus‘ interpretiert wird, aber diese Interpretation irgendwie unverbunden daneben steht.

14.1.6. Zusammenfassende entscheidungspsychologische Schlussfolgerungen

Während das bislang Ausgeführte für alle alltäglichen Entscheidungen gilt, so unterscheidet sich das Mobilitätsverhalten jedoch von anderen alltäglichen Handlungsfeldern dahingehend, dass es hier offensichtlich nicht erfolgreich gelungen ist, umweltschonende Handlungsoptionen einzuführen und zu etablieren; und das sogar, obwohl Menschen durchaus weniger Verkehr anstrebenswert finden (vgl. Problemaufwurf in Kap. 1.2.): „Es gibt also offenbar mittlerweile so etwas wie eine ‚Entemotionalisierung‘ der ökologischen Themen in der Bevölkerung (mit der auffallenden Ausnahme des Bereichs Mobilität) und eine ‚Routinisierung‘ des umweltorientierten Handelns im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten und Präferenzen im Alltag“ (Preisendörfer, 1999, S.13).

Was unterscheidet also das Handlungsfeld Mobilität entscheidungspsychologisch von anderen alltäglichen Handlungsfeldern?

Zum Ersten muss man sich darüber klar sein, dass die individuellen Mobilitätsnotwendigkeiten und -möglichkeiten aus mittel- und langfristigen Entscheidungen resultieren. Insbesondere die Wahl eines Wohnstandortes und die Zugriffsmöglichkeiten auf ein Auto spielen eine wesentliche Rolle, wobei Eigentumsverhältnisse im Vergleich zu Miet- oder Leihverhältnissen noch mal deutlich bindender sind. So weiß man zum einen, dass die Verfügbarkeit eines Autos das Mobilitätsverhalten stark dominiert (Flade, 1990). Zum anderen weiß man aus der Entscheidungspsychologie (Ausgabeneffekt, vgl. z.B. Jungermann et al., 2005, Kapitel 3.3.4), dass getätigte Investitionen aus einem Gefühl der Rechtfertigungsnotwendigkeit heraus zukünftige Entscheidungen stark in Richtung irrationaler Entscheidungen zu Gunsten der Nutzung der Investition beeinflussen; d.h. beispielsweise, dass das vorhandene Auto genutzt wird, um dessen Kauf im Nachhinein zu rechtfertigen, auch wenn der Bus eigentlich kostengünstiger wäre. Nun ist aber die Anschaffung eines Autos (und ein Umzug, für den ähnliches gilt) eine Entscheidung, die man allenfalls nur alle paar Jahre trifft, d.h. umweltschonende Alternativen müssen über mehrere Jahre hinweg angeboten werden, bevor man überhaupt ein Umsteigen erwarten darf.

Zum Zweiten muss man sich die Bedeutung von Routinen vor Augen führen, die sich aus den im vorigen Punkt dargestellten Gründen über Jahre oder gar Jahrzehnte hinweg etabliert haben: Es nützt nichts, ein umweltschonendes Angebot zu machen, wenn Leute gar nicht wirklich Entscheidungen treffen und somit kein Vergleich der routinisierten Handlungsoption mit der neu angebotenen Alternative stattfindet. So deuten „Verschiedene Forschungsergebnisse ... darauf hin, dass einseitige Maßnahmen zur Verbesserung des ÖPNV-Angebotes zumindest auf den motorisierten Individualverkehr keinen nennenswerten Einfluß haben“ (Albers, 1996, S.5). Das hieße aber zum einen, dass man nicht nur Alternativen über Jahre hinweg zuverlässig anbieten muss, sondern dass man zudem die Existenz dieser Alternativen auch über Jahre hinweg präsent halten muss, damit die Alternativen als genauso sicher und zuverlässig bekannt sind wie die genutzten Möglichkeiten. Außerdem hieße es, dass man spätestens bei einer anstehenden Entscheidung die betroffenen Menschen in irgendeiner Form dazu bringen muss, tatsächlich noch einmal eine Entscheidung zu treffen, statt Altbewährtes, inzwischen unter Umständen Unoptimales, unreflektiert fortzusetzen.

Zum Dritten stellt sich die berechtigte Frage, ob denn die angebotenen, umweltschonenderen Alternativen tatsächlich den etablierten Optionen gleichwertig sind oder zumindest so annähernd gleichwertig, dass der nachrangige Wert Umweltschutz das entscheidende sprichwörtliche Zünglein an der Waage sein kann. Anscheinend sind die angebotenen Alternativen im Bereich Mobilität aus Sicht der betroffenen Menschen nicht gleichwertig, denn sonst würde man hier im Gegensatz zu anderen Bereichen nicht so deutliche Unterschiede von Einstellung und Verhalten (z.B. Preisendörfer, 1996) finden. Möglicherweise liegt die Nicht-Gleichwertigkeit der angebotenen Alternativen daran, dass sich die Planung zu sehr an ökonomischen Kriterien orientiert. Denn wenn man sich das von Held gefundene Wichtigkeitsranking anschaut (1. Bequemlichkeit, 2. Zeit, 3. Unabhängigkeit, 4. Kosten, 5. Wahrung der Privatsphäre, 6. Eigene Sicherheit“ (Held, 1982 nach Littig, 1995, S.30; vgl. Kap. 14.1.2.), dann rangieren zwar auf Platz Zwei und Vier die beiden klassischen ökonomischen Kriterien Zeit und Geld, aber bereits auf Platz Drei findet sich ein kognitives Kriterium, nämlich die Unabhängigkeit oder Flexibilität, und auf Platz Fünf und Sechs finden wir soziopsychologisch motivierte Kriterien, zu denen man aufgrund der kulturellen Prägung durchaus auch die auf Platz Eins rangierende körperliche Bequemlichkeit zählen kann. Das hieße, dass man den sozial-gesellschaftlichen und kognitiv-informationellen Motiven deutlich mehr Beachtung schenken müsste und dass gegebenenfalls auch ein Wertwandel stattfinden müsste, der die Bedeutung des Autos als Statussymbol schwächt und/oder den Wert von Umweltschutz steigert.

Zudem argumentiert Gorr (Gorr, 1997, S.175/6), dass ein Alternativangebot hinsichtlich eines relevanten Entscheidungskriteriums einen relativen Vorteil gegenüber anderen Alternativen haben muss, um überhaupt in die Wahl

einbezogen zu werden. Das hieße im Umkehrschluss, dass Alternativangebote nicht versuchen müssen, auf Dimensionen zu konkurrieren, bei denen die umweltbelastendere Alternative system-bedingte Vorteile hat (bspw. Zeit beim Auto), sondern dass man zusätzliche und eigenständige Vorteile herausstellen sollte (bspw. die entfallende Parkproblematik bei Nutzung eines Taxis), hinsichtlich derer sie umweltbelastenderen Alternativen überlegen sind.

14.1.7. Typologisierende Verfahren: Lebens- bzw. Mobilitätsstile

Wie bereits angedeutet, ist ein Problem der motivationspsychologischen Mobilitätsforschung, dass diese zwar zu sehr umfangreichen Wertelisten führt, aber wenig über Relevanz und Wichtigkeit dieser Werte aussagt, was jedoch für eine Auswahl und Operationalisierung von Entscheidungskriterien im Rahmen eines Entscheidungskalküls notwendig wäre. Zudem werden für die Erzeugung einer stimmigen Agentenpopulation Erkenntnisse über die Verteilung oder die Kombination dieser Wertegewichte in der Bevölkerung benötigt.

Einen Ausweg aus dieser Problematik versuchen die Lebens- bzw. Mobilitätsstilansätze aufzuzeigen, die somit von perspektivischem Interesse für die Anwendung des in dieser Arbeit entwickelten Modells interessant sind.

Die Lebensstile bzw. -phasenansätze sind zu diesen typologisierenden Verfahren zu zählen. Es geht hierbei um eine Erhöhung der Verhaltenshomogenität einer Personengruppe (verhaltenshomogene Gruppe), zum einen im Hinblick auf deren aggregierte Abbildung in Simulationsmodellen und zum anderen im Hinblick auf deren Sensibilität gegenüber Maßnahmen bzw. Marketingstrategien.

„Die mangelnde Sensitivität für relevante Subgruppen wird durch eine Forschungsstrategie vermieden, die sich typologisierender Analyseverfahren bedient. Hierbei werden diskrete Personenklassen auf der Basis theoretisch oder empirisch ermittelter Merkmale identifiziert. Diese Personenklassen können entweder qualitativ auf der Grundlage von idealtypischen Vertretern (Prototypen) charakterisiert werden; oder die Beschreibung stützt sich auf quantitative Datenauswertungsverfahren (Cluster- oder Diskreminanzanalyse), die statistisch auffällige Merkmalskonfigurationen ermitteln.“ (Hunecke, 2000)

Zusammenfassend kann man sagen, dass diese Ansätze Individuen über mehrere verhaltensrelevante Dimensionen durch Cluster- oder Diskreminanzanalyse klassifizieren, wobei häufig die Verkehrsmittelwahl eine zentrale Rolle spielt; damit fördern sie sogenannte ‚Lebensstile‘ und/oder ‚Mobilitätsstile‘ zu Tage.

Die systemanalytischen Untersuchungen zeigen jedoch (vgl. Kap. 6.3.), dass Mobilitätsoptionen nicht nur durch das Verkehrsmittel, sondern auch durch die Zeit und Dauer der Aktivitätsdurchführung, die Standort- und die Routenwahl charakterisiert werden, d.h. die übliche Typologisierung greift unter Umständen zu kurz. Zudem handelt es sich bei dieser Typologisierung um ein

rein deskriptives Verfahren, d.h. durch eine Datenanalyse erfolgt eine symptomatische Differenzierung des Verkehrsverhaltens, welche die ursächlichen Zusammenhänge außen vor lässt.

Nichtdestotrotz sind von diesen Ansätzen nützliche Hinweise zu erwarten, wenn es um die Erzeugung einer Agentenpopulation geht, denn hier wird man gegebenenfalls auf Typisierungen zurückgreifen müssen; insbesondere aber liefern diese Ansätze Aussagen über plausible Kombinationen von zugewiesenen Eigenschaften und Verhaltensmustern und geben Anstöße für Hypothesen über deren kausale Zusammenhänge. Dies wäre ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu nicht nur statistisch, sondern auch psychologisch stimmigen und plausiblen Agentenparametrisierungen.

14.1.8. Das Problem Freizeitmotive

Neuere Forschungsergebnisse und Entwicklungsprognosen machen es dringend notwendig, sich mit dem Bereich der ‚Freizeitmobilität‘ gesondert auseinanderzusetzen. Dies hat zwei Gründe: Zum einen nimmt das Verkehrsaufkommen, das der Freizeitmobilität ‚geschuldet‘ ist, inzwischen den größten Block am gesamten Privatverkehr ein und der Freizeitverkehr lässt zudem noch die höchsten Anstiegsraten erwarten. Zum anderen reichen die bisher beschriebenen motivationstheoretischen Grundlagen nicht aus, um zwischen verschiedenen Freizeitaktivitäten zu differenzieren. Verkehrsmodelle, die zwar viele verschiedene Fahrtenzwecke für die alltäglichen Verrichtungen annehmen, aber für den Großteil der zurückgelegten Fahrtstrecken im privaten Bereich nur eine ‚Freizeitaktivität‘ kennen, können zu keinen adäquaten Prognosen kommen:

Bspw. konstatieren Kaiser, Schreiber & Fuhrer (Kaiser et al., 1994, S.113) bereits Anfang der 90er Jahre für die Schweiz (und Gleiches gilt für Deutschland und Österreich), dass „gut die Hälfte“ der räumlichen Mobilität, die mit dem Auto unternommen wird, Freizeitmobilität ist, wobei hier unter „Freizeitmobilität“ alle Autofahrten verstanden werden, die weder dem Erreichen der Arbeit, noch dem Einkaufen oder dem Urlaub dienen.

Auch der Workshop „Freizeitverkehr“ im Dezember 1998 in Bonn erkennt die Problemlage: „Der Freizeit- und Urlaubsverkehr weist in den letzten Jahrzehnten die stärksten Zuwachsraten aller Verkehrszwecke auf. Eine Umkehr dieses Trends ist auch in näherer Zukunft kaum zu erwarten. Nach der derzeit verfügbaren deutschen Verkehrsstatistik finden etwa 40% aller Wege und 50% aller Personenkilometer im Freizeitverkehr (mit einer Dauer bis zu vier Tagen) und Urlaubsverkehr (ab fünf Tage) statt, wobei wegen noch offener Abgrenzungsprobleme in der Verkehrsstatistik systematische Fehlschätzungen wahrscheinlich sind. Der PKW ist heute mit rd. 80%-Anteil an den Personenkilometern das dominierende Verkehrsmittel im Bereich der Freizeitmobilität in Deutschland“ (Axhausen et al., 1998, S.110).

Doch dem gegenüber steht die Erkenntnis, dass es eine „allgemeine akzeptierte Theorie über grundlegende menschliche Motive, die ‚Freizeitmobilität auslösend‘ sind, nicht existiert. „Nach der Durchsicht der Literatur zu allgemeinen Motivtheorien, Listen von Bedürfnissen in der Freizeit und von allgemein mobilitätsbestimmenden Gründen haben wir vier freizeitmobilitätsrelevante Motivbündel definiert: Soziale Motive, Abwechslung, Autonomie und Naturbedürfnisse. Die ersten drei Motive entstammen der Theorie der sozialen Motivation von Bischof (1985); das Bedürfnis nach Erholung in der Natur haben wir themenspezifisch ergänzt“ (Gstalter & Fastenmeier, 2002, S.84 mit Bezug auf Bischof, 1985).

Zusammenfassend kann man also sagen, dass hinsichtlich des größten und am stärksten wachsenden Verkehrsbereichs die größte empirische und theoretische Lücke besteht.

14.2. Beiträge aus der Gedächtnis- und Lernpsychologie

Menschen treffen Entscheidungen auf Basis ihres wie auch immer erworbenen Wissens über die Umwelt, welches eine Bewertung der Entscheidungskonsequenzen hinsichtlich ihrer Bedürfnisse erlaubt. D.h. psychologisch betrachtet, ist die subjektive Gedächtnisrepräsentation der Stadt für die Aktivitätsdurchführung und die Verkehrsteilnahme von grundlegender Bedeutung (Gärling, 1995). Dies wird auch durch die systemanalytischen Untersuchungen bestätigt (vgl. Kap. 6.3.), die jedem Einwohner seine eigene, subjektive Stadtsicht zusprechen, die durch Erfahrung, d.h. durch Lernen, verändert wird.

Hinsichtlich des Forschungsstandes gängiger Verkehrsmodelle wurde bereits resümiert (vgl. Kap. 5.7.4.), dass man mithilfe der verwendeten Verfahren zwar evtl. die Ergebnisse von psychischen Lernprozessen durch ingenieurwissenschaftliche Datenanalyseverfahren reproduzieren kann. Diese Verfahren bilden jedoch Lernprozesse nicht auf kognitionspsychologische Weise erklärend nach, da sie Lernen nicht im psychologischen Sinne als Erwerb und Anwendung von Erfahrung und in engem Zusammenhang mit einem Gedächtnismodell implementieren. Die Ausführungen zur Lern- und Gedächtnispsychologie (Kap. 11.) sollten dies noch einmal bestätigt haben.

Mobilitätspsychologisch interessant ist jedoch die gedächtnispsychologische Forschung zu kognitiven Karten (Kap. 14.2.1.), die räumliches Wissen (bspw. über die Lage von Standorten und Verbindungswege) repräsentieren. Hieraus lässt sich eine gedächtnispsychologische Anmerkung ableiten (Kap. 14.2.2.).

Es liegen jedoch anscheinend keine Forschungserkenntnisse zum Einfluss der täglichen Verkehrserfahrung auf die Mental Map als individuelle, subjektive Entscheidungsgrundlage (Kröpel, 1999) vor oder zum Ausmaß der Veränderbarkeit der Mental Map durch Informationsbereitstellung, Mobilitätsberatung, Werbemaßnahmen oder den Auswirkungen eines neu eingeführten

Verkehrsmittels auf die Wahrnehmungen der Verkehrsteilnehmer (Parkhurst, 1997). D.h. über den Zustand der Gedächtnisrepräsentation kognitiver Karten ist zwar einiges bekannt, jedoch nichts über ihren Erwerb und ihre Veränderung durch Lernen.

Ebenso wenig liegen anscheinend Erkenntnisse zur zeitspezifischen Bewertung der Qualität von Funktionsstandorten und Verkehrsangeboten vor (Kröpel, 1999). D.h. das Wissen über die Gedächtnisrepräsentation mobilitätsrelevanter Inhalte bezieht sich im Wesentlichen auf räumliche, aber nicht auf qualitative oder zeitliche Inhalte.

14.2.1. Forschung zu kognitiven Karten

Wie bereits berichtet, identifizierte Tolman (Tolman, 1948) im Tierexperiment eine Gedächtnisart, in der Elemente der räumlichen Umwelt gespeichert sind. Dieses Gedächtnis wird als *kognitive Karte* bezeichnet (vgl. Downs & Stea, 1982; Gärling, 2001; Gärling, 1995). Die kognitive Karte befähigt den Menschen dazu, den Raum und dessen Elemente zu erinnern, was als Voraussetzung für das räumliche Planen gilt, d.h. es ist auch die Voraussetzung dafür, Entscheidungen über die Fahrtroute zu fällen, durch die Stadt zu navigieren, Standorte aufzusuchen und Aktivitäten durchführen zu können. Um diese Leistung erbringen zu können, müssen die wichtigsten Elemente der Stadt im Gehirn gespeichert sein.

Die kognitive Karte steht für die innere, subjektive Repräsentation der äußeren räumlichen Welt. Untersuchungen von Downs und Stea (Downs & Stea, 1982) zeigen, dass der Mensch in der kognitiven Karte fünf Kategorien von Elementen erinnert: Kanten, Distrikte, Pfade, Knoten und Landmarken:

- Auf den Pfaden bewegen sich die Menschen fort. Hierunter sind beispielsweise Haupt- oder Nebenstraßen, U-Bahn-Linien, Fahrradwege oder Bürgersteige, aber auch Flüsse zu verstehen.
- Kanten grenzen Teile der Stadt ein und fungieren somit als Trennlinien. Einerseits stellen Hecken, Mauern, Zäune und Küstenlinien eindeutig Kanten dar. Andererseits können besonders stark befahrene Hauptverkehrsstraßen oder Bahnlinien ohne Querungsmöglichkeit eine stark trennende Wirkung haben und im menschlichen Gedächtnis als Kanten gespeichert werden.
- Distrikte sind mittlere bis große Bereiche, in denen man sich aufhalten kann und die eine bestimmte Identität haben. Darunter werden beispielsweise innerstädtische Bereiche wie die Fußgängerzone, das Rotlichtviertel oder Chinatown verstanden.
- Knoten (bspw. Kreuzungen von Hauptverkehrsstraßen) stellen strategische Punkte dar, an denen verkehrlich und räumlich relevante Entscheidungen getroffen werden. An den Knoten kann die Richtung geändert werden. Ebenso kann an großen Verkehrsknotenpunkten das Verkehrsmittel gewechselt werden.

- Landmarken sind markante Elemente (Türme, Kirchen, Schornsteine), die aus der Stadtstruktur besonders hervorstechen. Sie stellen die städtischen Elemente dar, die fast allen bekannt sind, die man einfach nicht verfehlen kann und die aus der Ferne gesehen werden können oder aber eine architektonische Einzigartigkeit verkörpern.

In wahrnehmungsgeographischen, aktionsräumlichen und soziologischen Studien wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen den Inhalten der Mental Map und den demographischen und sozioökonomischen Merkmalen der Individuen herauszuarbeiten. Bezogen auf das gesamte Stadtgebiet wurde die Mental Map der erwachsenen, erwerbstätigen Männer des gehobenen Status als vollständiger und korrekter als die aller anderen sozialen Gruppen befunden. Ein solches Untersuchungsergebnis kommt durch die demographisch und sozioökonomisch unterschiedliche Aktivitätsausübung und Verkehrsteilnahme der sozialen Gruppen zustande. Im Grunde gibt es mehrere Größen, die die Unterschiede zwischen den Mental Maps erklären, dazu zählen die Fähigkeit des räumlichen Lernens (kognitives Kartieren), die benutzten Verkehrsmittel, die Größe des Aktionsraumes, die Häufigkeit aushäusiger Aktivitäten und die individuelle Motivation, Neues kennenlernen zu wollen oder zu müssen (Kröpel, 1999).

Die Datenerhebung erfolgte zumeist, indem die Probanden Mental Maps zeichneten. Bei spezifischen Fragestellungen kamen Feldbeobachtungen, Befragungen, think-aloud-protocols und lebensgroße Labyrinth zum Einsatz. Lange Zeit war die Datenerhebung über das Zeichnen von Mental Maps diskreditiert, weil das Befragungsergebnis auch zu einem Teil von den graphischen Darstellungsmöglichkeiten der Probanden abhängt. Zum Teil wird dieser Kritik begegnet, indem die Methoden integriert eingesetzt wurden wie bei der Kombination von gezeichneten Mental Maps und einer gezielten Nachbefragung (Kröpel, 1999).

Drei Arten typischer Fehler sind zu differenzieren:

- Verzerrung:
Die Verzerrungen kommen aufgrund der auf eine bestimmte Art und Weise gestalteten Umwelt und der eingeschränkten Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen zustande. Fehlende oder wenig hervorstechende Ankerpunkte in einem tristen Großstadtmilieu verhindern genaues kognitives Kartieren. Markante physische Stadtelemente hingegen haben einen hohen Erkennungs- und Erinnerungswert, sie ermöglichen Stichwörter für den Weg zu assoziieren und so den kognitiven Raum besser zu organisieren. Darüber hinaus verringern markante Landmarken schwerwiegende Verzerrungen bei der Distanzschätzung, indem sie korrektes Erinnern erleichtern (vgl. Veitch & Arkkelin, 1995).
- Unvollständigkeit:
In der kognitiven Karte werden kleine und große Details ausgelassen. Das

hängt teilweise mit der eingeschränkten Kapazität des Menschen zur Informationsverarbeitung zusammen. Andererseits liegt es an der persönlichen Bedeutung und Wichtigkeit, die eine Umgebung oder bestimmte Funktionsstandorte für einen Menschen haben. In der kognitiven Karte werden solche Elemente stark betont, die individuell präferiert werden. Aus der Sicht des Individuums unwichtige Funktionsstandorte werden unvollständiger erinnert (vgl. Veitch & Arkkelin, 1995).

- **Hinzufügung:**
Hinzufügungen wurden erstmalig bei Angestellten einer Bahngesellschaft in Französisch Guayana nachgewiesen. Die Angestellten wurden aufgefordert, eine kognitive Karte des Bahnnetzes von Guayana zu zeichnen. Auf der Zeichnung skizzierten sie Bahnlinien, die in Wirklichkeit nicht vorhanden waren, aber vorhanden wären, wenn der Verlauf der Gleise dem in Frankreich entsprechen würde. Die *Schemata* in den Köpfen der Angestellten verleitete sie dazu, von der Existenz einer Bahnlinie auszugehen, die sie niemals wahrgenommen haben. Die Bahnlinie in diesem Fall ist ein Beispiel für den Einfluss, den Schemata auf die innere Repräsentation von räumlichem Wissen haben können (vgl. McAndrew, 1993).

Tendenziell nehmen diese drei Fehlerarten mit zunehmendem Informationsstand ab. Als mögliche Informationsquellen stehen direkte Erfahrungen in der äußeren Welt, soziale Kontakte und Überblickskarten (Stadtpläne) zur Verfügung. Die Fehlerhaftigkeit (Genauigkeit), die Größe und die Detailliertheit, mit der die Elemente in der kognitiven Karte gespeichert werden, hängen im Wesentlichen von zwei Faktoren ab: von der Fähigkeit des kognitiven Kartierens und von der Dimension des individuellen Aktionsraums und der Teilnahme am Verkehr. Diese Faktoren bestimmen hauptsächlich die Inhalte der kognitiven Karte. Geschlechtliche, alters- und einkommensspezifische Unterschiede in den kognitiven Karten können daher vor allem durch unterschiedlich groß dimensionierte Aktionsräume begründet werden (vgl. Downs & Stea, 1982).

Nach der *Ankerpunkttheorie* (anchor point theory) weist die kognitive Karte eine hierarchische Struktur des räumlichen Wissens auf (vgl. Veitch & Arkkelin, 1995). An oberster Stelle stehen die Referenzpunkte des räumlichen Wissens, *Ankerpunkte* genannt. Die Ankerpunkte stellen das tragende Gerüst der hierarchisch geordneten kognitiven Karte dar. Im Laufe des räumlichen Lernprozesses werden an einen naheliegenden Ankerpunkt neue Informationen angelegt. Dadurch wird es möglich, die Stadtstruktur mental zu ordnen, die relative Lage von Funktionsstandorten zu identifizieren und sich zu orientieren.

Ankerpunkte sind individuell unterschiedlich. In der kognitiven Karte dienen besonders hervorstechende Elemente, vor allem die Landmarken, als Ankerpunkte, an denen räumliches Wissen über Funktionsstandorte festgemacht wird (vgl. Veitch & Arkkelin, 1995). Solche Anker könnten ein

Fernsehturm sein, ein Dom, ein Wolkenkratzer, eine Brücke, eine Wettkampfarena oder ein Bahnhofsgebäude, die sofort auf den ersten Blick im Gedächtnis haften bleiben. An die Anker können Informationen angehängt werden, z.B. dass in der Nähe des Fernsehturms auch ein Park liegt, und anschließend weiter differenziert werden, z.B. dass in dem Park in der Nähe des Fernsehturms ein gutes Restaurant liegt.

Die Struktur des räumlichen Wissens in der kognitiven Karte entsprechend der Ankerpunkttheorie wurde von Golledge weiter erläutert (vgl. Golledge, 1978): Seiner Ansicht nach wird in kognitiven Karten die Bedeutung von primären Plätzen und primären Pfaden hervorgehoben. Primäre Plätze sind die lebensnotwendigen Funktionsstandorte, an denen die *primären Bedürfnisse* nach Schutz, Nahrung und Erwerbsarbeit befriedigt werden können. Aufgrund der existenzsichernden Bedeutung werden die primären Plätze in der kognitiven Karte deutlich verankert. Primäre Pfade stellen die Verbindung zwischen den primären Plätzen her. Zusammen stellen die primären Pfade und Plätze die Ankerpunkte für das sich entwickelnde Verständnis der Stadtstruktur dar. Dazu erworbenes sekundäres Wissen wird an die Ankerpunkte angelagert, indem ein hierarchischer Baum aufgebaut wird, an dessen Wurzel die primären Plätze liegen, dessen Knoten die „erlernten“ Orte darstellen, die durch „Verbindungen“ in der Bedeutung von „in der Nähe von“ hierarchisch organisiert sind. (Bsp.: Der Laden xyz liegt an der Straße abc, die auf den Eiffelturm zuführt.). Der Erwerb von sekundärem Wissen erfolgt durch ein experimentelles ‚trial and error‘ – oder durch problemlösendes Verhalten. Zu den Gegenden, die sekundär dazugelernt werden, gehören die weitere Wohnumgebung, die Gegend um den Arbeitsplatz und die sich an die primären Pfade anschließende Gegend. Sind die Ankerpunkte genau verortet, dann ist der Stadtraum gut strukturiert und Verzerrungen sind gering. Existieren grobe Verzerrungen bereits zwischen den Ankerpunkten, hat das einen verzerrenden Einfluss auf die Wahrnehmung des gesamten Stadtraumes (vgl. Parkhurst, 1997).

Basierend auf der subjektiv verzerrten Stadtsicht trifft ein Individuum verkehrserzeugende Entscheidungen. Dabei sind die Wechselbeziehungen zwischen der Veränderung der subjektiven Stadtsicht eines Individuums (Lernen) und mobilitätsrelevanten Entscheidungen weitgehend unerforscht: So liegen keine Forschungserkenntnisse zu den genauen quantitativen Inhalten der Mental Maps auf der Ebene einer Stadt, zu dem Ausmaß der Veränderbarkeit der Mental Map durch Informationsbereitstellung, Mobilitätsberatung, Werbemaßnahmen etc. oder zu den Auswirkungen eines neu eingeführten Verkehrsmittels auf die Wahrnehmungen der Verkehrsteilnehmer vor (Parkhurst, 1997). Ebenso wenig liegen Erkenntnisse zur zeitabhängigen Bewertung der Qualität von Funktionsstandorten und Verkehrsangeboten, der Motive, die zur aktiven Informationssuche anleiten, und des Einflusses der

täglichen Verkehrserfahrung auf die Mental Map als individuelle, subjektive Entscheidungsgrundlage vor.

14.2.2. Eine gedächtnispsychologische Anmerkung

Kognitives Kartieren und hierbei insbesondere die Ausführungen zur Ankerpunkttheorie legen insgesamt den Schluss nahe, dass menschliches Orientieren und Routensuche prinzipiell anders arbeiten als der in der Verkehrsflusssimulation überwiegend angewandte Dijkstra-Algorithmus:

Der Dijkstra-Algorithmus (z.B. Sedgewick, 1992, S.528ff) ist ein mathematisches Verfahren zum Finden eines kürzesten Weges von einem Knoten A zu einem Knoten B, die sich in einem Netzwerk, bestehend aus Knoten und sie verbindenden Kanten, befinden. Dieser Algorithmus schreibt jeder Kante ein Gewicht zu, die ein Maß für die Distanz zwischen den dadurch verbundenen Knoten ist. Der Dijkstra-Algorithmus wird in der Verkehrsflusssimulation benutzt, um die in einem Verkehrsnetz gewählten Routen zwischen zwei Verkehrsknoten zu ermitteln, und als Distanzmaß wird die Reisezeit eingesetzt. Im Regelfall entspricht das Verkehrsnetz dem Straßen- und Schienennetz, d.h. Knoten sind Kreuzungen und Haltestellen, und Kanten sind Straßen und Schienenweg (Bahnen) bzw. Fahrtrouten (Bus).

Zu hinterfragen ist, ob Suchprozesse im menschlichen Gedächtnis so ablaufen bzw. zum gleichen Ergebnis führen wie mathematische Optimierungsverfahren wie der Dijkstra-Algorithmus, insbesondere dann, wenn die Repräsentation kognitiver Karten durch hierarchische Strukturen erfolgt und nicht auf einem einfachen Netzwerk beruht, auf welchem der Dijkstra-Algorithmus arbeitet.

15. Die PSI-Theorie von Dörner und Mitarbeitern

Den Anstoß zur Entwicklung der PSI-Theorie gab die Beschäftigung mit dem Handeln von Menschen in komplexen Situationen (Dörner et al., 1983) und den Fehlern, die sie dabei machen (Dörner, 1989). Dies führe zur Erarbeitung einer ganzheitlichen Theorie der menschlichen Handlungsregulation, welche die Interaktion von Kognition, Motivation, Emotion, Wahrnehmung, Lernen und Gedächtnis beschreibt (Dörner, 2002, S.32). Diese Theorie entwickelt sich seit dem Beginn der 80er Jahre beständig fort (Dörner et al., 1983; Dörner, 1999; Dörner, 2002) und hat seitdem viele Differenzierungen erfahren. Die Beschreibung der Theorie erfolgt dabei auf zwei Ebenen, nämlich einer sprachlichen Formulierung der abstrakten Konzepte in verschiedensten Veröffentlichungen und diversen konkret-formalen Implementierungen dieser Konzepte als Computersimulationsmodelle; letztere arbeiten bestimmte Aspekte der Theorie heraus (bspw. die emotionale Regulation oder das Sozialverhalten) und/oder überprüfen die Theorie in unterschiedlichen Umwelten und Anwendungsbereichen (bspw. Dörner et al., 1996; Gerdes &

Strohschneider, 1991; Gerdes & Detje, 2001; Gerdes & Hämmer, 2003; Künzel, 2004; Dörner et al., 2006; Bach, 2003).

Wie bereits mehrfach angemerkt, folgt die Entwicklung einer funktional-(re)konstruktiven Modellbildung, d.h. sie geht von der Frage aus, wie ein System konstruiert sein könnte, welches das beobachtete Verhalten erzeugt und die festgestellten Fähigkeiten (Funktionen) aufweist. Die Antwort besteht in einem Nachbau des untersuchten Systems, d.h. man bemüht sich, das untersuchte System durch Konstruktion eines Modells zu verstehen und zu erklären. Im Verlauf der Theorieentwicklung arbeitet man sich dabei sinnvollerweise vom Einfachen zum Komplizierten vor, d.h. von basalen Mechanismen zu immer komplexeren Phänomenen.

Es wurde bereits ausgeführt, dass diese Art der Theorieentwicklung, -beschreibung und -überprüfung sich zum einen hinsichtlich des Gültigkeitsbereichs und zum anderen hinsichtlich der Forschungsmethode sehr stark von der üblichen psychologischen Forschung abhebt:

Denn wie bereits ausführlich dargestellt (Kap. 4.), stellt die menschliche Psyche zunächst einmal eine Black Box dar, in die man nicht hineinschauen kann, sondern hinsichtlich derer sich nur einströmende Sinneseindrücke (Inputs) und gezeigte Verhaltensweisen (Outputs) beobachten lassen. Jedoch macht die intransparente, plastische, von vergangenen Erfahrungen geprägte Binnenstruktur der Black Box ‚menschliche Psyche‘ zwangsläufig die Überprüfung einer Theorie schwierig, welche das Innere dieser Black Box beschreibt. Denn man kann weder das Innere der Black Box zerstörungsfrei vermessen, noch kann man, wie beim klassischen Experimentaldesign, alle im Inneren angenommenen Parameter kontrollieren, um so alle Variablen bis auf die zu variierende unabhängige Variable konstant zu halten. Letzteres wäre aber für die Interpretation der Variation der abhängigen Variable notwendig.

Die PSI-Theorie bemüht sich nun, das Innere der Black Box aufzuklären, indem sie diese Black Box als Verhalten erzeugendes System begreift, dessen Binnenstruktur und Wechselwirkungen in ihrer Gesamtheit zu untersuchen und durch den modellmäßigen Nachbau zu verstehen und zu erklären sind. D.h. die PSI-Theorie hat selbst die Form eines Systems, welches aus einer Menge miteinander verknüpfter Hypothesen besteht.

Natürlich kann eine derartig komplexe Theorie weder verifiziert noch in ihrer Gesamtheit falsifiziert werden. Als wichtiger als die Beweisbarkeit werden jedoch, dem Theoriepluralismus Poppers (vgl. Kap. 4.) folgend, die Bewährung und die Nützlichkeit einer Theorie im Wissenschaftsbetrieb angesehen. Wie bereits ausgeführt (Kap. 4.), gibt Vollmer hierfür notwendige und erwünschte Eigenschaften an (Vollmer, 1989): Notwendig seien Zirkelfreiheit, innere und äußere Widerspruchsfreiheit, Erklärungswert, Prüfbarkeit und Testerfolg; wünschenswert seien Vollständigkeit, Allgemeinheit, Tiefe, Präzision,

Einfachheit, Anschaulichkeit, Prognosepotential und Wiederholbarkeit der Effekte.

Die Vertreter der PSI-Theorie folgen diesen Ideen, indem sie zum Ersten das durch die PSI-Theorie beschriebene kognitive Modell der menschlichen Psyche in seiner konkret-formalen Formulierung als Computersimulationsmodell vorlegen. Dadurch wird zum einen die Komplexität einer solchen Theorie handhabbar und zum anderen werden auf diesem Wege bereits einige der von Vollmer genannten Anforderungen an eine Theorie gefördert bzw. sogar erzwungen (bspw. Zirkelfreiheit, innere Widerspruchsfreiheit, Vollständigkeit, Präzision). Zum Zweiten tritt die PSI-Theorie dann zur Bewährung an, indem das Verhalten des Computersimulationsmodells, von dem häufig einfach nur als von ‚dem Ψ ‘ gesprochen wird, mit dem Verhalten realer Personen verglichen wird: Ψ (das kognitive Modell) oder Versuchspersonen regulieren das Verhalten eines virtuellen Körpers in einer virtuellen Umwelt und dieses Verhalten wird anschließend vergleichend ausgewertet.

Die umfassende Natur der PSI-Theorie und ihre Entwicklung an einer wissenschaftlichen Hochschule bedingen zum einen, dass es eine Basistheorie gibt, auf der in bewusster und gewünschter Vielfalt viele Forschungsarbeiten aufgebaut sind; diese überprüfen und arbeiten einzelne Bereiche im Hinblick auf spezifische Fragestellungen aus. Einige dieser Arbeiten finden Eingang in die Theoriebasis, andere werden verworfen und wieder dritte bleiben isoliert in spezifischen Implementierungsvarianten bestehen.

Zum anderen liegt es in der Natur des PSI-theoretischen Forschungsansatzes, dass die natürlichsprachig-abstrakte Konzeption der Theorie immer weiter fortgeschritten, aber auch immer weniger differenziert ausgearbeitet ist als die implementierten, konkret-formalen Computersimulationsmodelle:

Insbesondere konzentrieren sich die implementierten Ausarbeitungen auf ein solitäres Ψ , das als unmittelbarer Konsument in einfach strukturierten Umwelten im Hier und Jetzt lebt: Ψ s Handeln ist unmittelbar auf das Finden und Konsumieren von Nahrung und Wasser in labyrinthhaften Umwelten ausgerichtet; dort lebt Ψ allein und es gibt zwar giftige Objekte und an manchen Stellen auch schädigende Umwelteinflüsse, aber es existieren keine anderen Lebewesen und erst recht keine (Fress)feinde. Dieses Ψ benutzt keine Werkzeuge, es verarbeitet die gefundenen Nahrungsmittel nicht, es verfügt über kein Zeitgefühl, es betreibt keine Vorratshaltung und es lebt nicht in einer arbeitsteiligen Gesellschaft.

Dieses solitäre, in der Gegenwart als Direktkonsument lebende Ψ ist dann das Fundament für weiterführende natürlichsprachig-abstrakte Konzeptionen eines sozialen und über ein Zeitgefühl verfügenden Ψ s.

Diese Zweiteilung in implementiertes Theoriefundament und weiterführende Konzeptionen findet sich auch in der Gliederung dieser Arbeit wieder: Da das Thema dieses Teils der Arbeit (Teil III.) die Darstellung psychologischer

Theorienguts ist mit dem Ziel, eine Auswahl zu treffen und zu begründen (Kap. 16.), wird in diesem Kapitel (Kap. 15.) zunächst das Theoriefundament dargestellt. Dafür wird zunächst auf grundlegende Annahmen der PSI-Theorie eingegangen (Kap. 15.1.), die sich insbesondere auf ihr Gedächtnismodell auswirken; anschließend wird das Zusammenspiel aller angenommenen Prozesse auf Basis des Gedächtnismodells dargestellt (Kap. 15.2.), um anschließend ausführlicher auf noch nicht näher beschriebene Prozesse einzugehen (Kap. 15.3. - 15.5.).

Für die praktische Anwendung der PSI-Theorie zur Modellierung und Simulation menschlichen Verhaltens in der modernen Gesellschaft, wie bspw. zur Beschreibung des alltäglichen Mobilitätsverhaltens, sind jedoch eine Ausarbeitung und weiterführende Konzeption eines sozialen, über ein Zeitgefühl verfügenden, Vorratshaltung betreibenden, Werkzeuge benutzenden und in einer arbeitsteiligen Gesellschaft lebenden Ψ s notwendig. Diese Synthese und weiterführende Ausarbeitung sind bereits ein psychologisches Ergebnis dieser Arbeit und werden im nach der Zusammenfassung (Kap. 16.) folgenden ‚Theorieergebnisteil‘ (Kap. 17.) dargestellt.

15.1. Grundlegende Annahmen

15.1.1. In- und Outputs

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass das kognitive System einen (lebendigen oder robotischen) Körper hat, der 1) mit einem *physiologischen Regulationssystem*, 2) mit der Wahrnehmung dienenden *Sensoren* (Inputs) und 3) mit der Bewegung und der Umweltmanipulation dienenden *Effektoren* (Outputs) ausgestattet ist (siehe Abb. 22). Diese stellen in ihrer Gesamtheit Ψ s Körper dar und ermöglichen somit die Interaktion mit und das autonome Agieren in einer Umwelt:

Das *physiologische Regulationssystem* reguliert, wie der Name bereits sagt, Ψ s Physis, d.h. es kümmert sich autonom um die Einhaltung bestimmter Sollzustände, die das einwandfreie Funktionieren des lebendigen bzw. robotischen Körpers gewährleisten (bspw. Körpertemperatur, Blutzuckerspiegel etc. im Falle eines Lebewesens bzw. Energieproduktion im Falle eines Roboters). Dafür werden die vom Körper benötigten ‚Betriebsstoffe‘ ‚verwaltet‘ (bspw. Nährstoffe im Falle eines Lebewesens bzw. Benzin im Falle eines Roboters). Diese Regulation funktioniert in der Regel autonom und ohne Zustandsmeldungen an das kognitive System; erst wenn diese Regulation die Einhaltung der Sollzustände nicht mehr leisten kann, wird dem *kognitiven System* eine Handlungsnotwendigkeit in Form eines sogenannten (physiologisch bedingten) *Bedürfnisses* wie bspw. Hunger, Durst oder Kälte gemeldet. Dieses zielt auf das Auffüllen bestimmter ‚Puffer‘ und/oder den

Schutz vor nicht mehr ausgleichbaren Umweltbedingungen (Details siehe Kap. 15.1.9.).

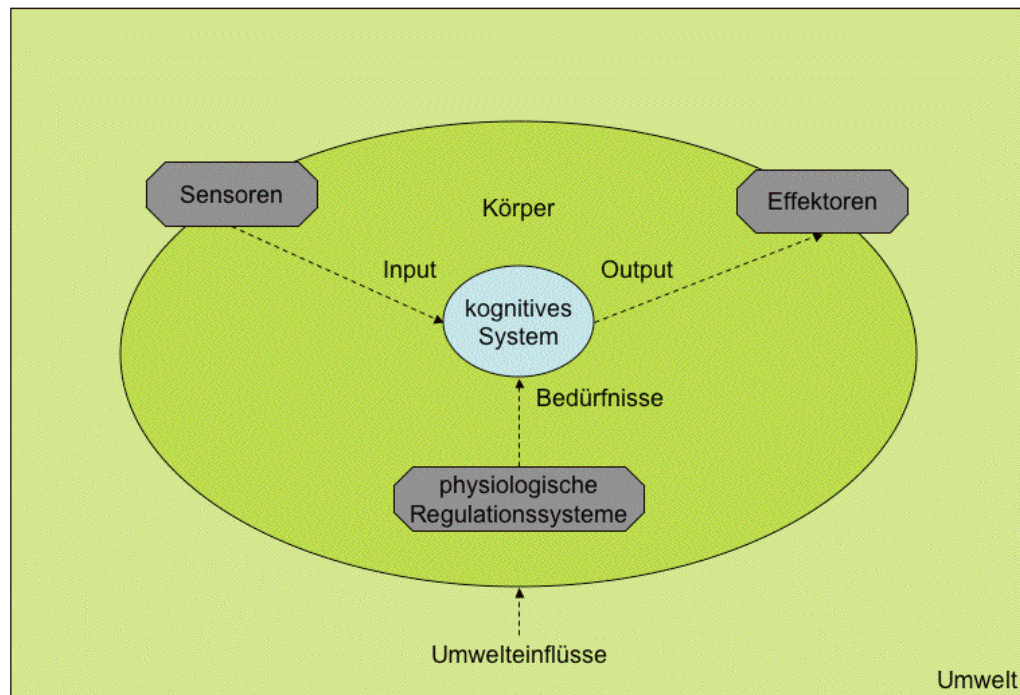


Abb. 22: Ψ und seine Schnittstellen zur Umwelt

Quelle: eigene Darstellung

Die *Sensoren* und *Effektoren* bilden Ψ s Schnittstelle zur Umwelt. Durch die *externen Sensoren* (bspw. Augen, Ohren etc. im Falle eines Lebewesens oder technische Sensoren im Falle eines Roboters) bekommt Ψ Informationen über seine Umwelt und durch die *internen Sensoren* (bspw. das Gleichgewichtsorgan im Falle eines Lebewesens bzw. Lagesensoren im Falle eines Roboters) bekommt Ψ Informationen über seinen Körper, d.h. die Sensoren liefern den Input für das kognitive System. Die Outputs des kognitiven Systems sind Signale an die Effektoren (bspw. Muskeln im Falle eines Lebewesens oder Motoren im Falle eines Roboters), die diese Effektoren aktivieren. Dadurch verändert sich der von Ψ wahrgenommene Umweltausschnitt (Input der externen Sensoren), da die Effektoren entweder Ψ s Position in der Umwelt verändern oder einen Teil der Umwelt manipulieren. Gegebenenfalls ändern sich im Zuge dessen die internen Sensorsignale und die Bedürfnismeldungen aus dem physiologischen Regulationssystem.

Systemtheoretisch bzw. regelungstechnisch gesprochen, sind die Soll-Zustände des physiologischen und kognitiven Systems die Regelgröße, die Effektoren sind die Stellgröße und die Umwelt und der Körper die Regelstrecke.

15.1.2. Untersuchungsdesign

Ψ s virtueller Körper ist im Regelfall ein kleiner Roboter, aus dessen ‚Betriebsbedingungen‘ existentielle Bedürfnisse resultieren, die unmittelbar auf ihre

Befriedigung drängen (bspw. Brennmaterial und Wasser für den Unterhalt einer Dampfmaschine). Die Befriedigung dieser Bedürfnisse erfolgt durch das Einverleiben von Objekten (Konsumgüter), die in der Umwelt aufzufinden sind; dadurch wird die Funktionsfähigkeit des Roboters im Sinne eines ‚Überlebens‘ aufrechterhalten. Steuern Versuchspersonen den Roboter, fungiert dieser wie eine Erweiterung oder ein Exoskelett des eigenen Körpers, mithilfe dessen die Versuchspersonen in der virtuellen Umwelt agieren können. Die ‚Bedürfnisse‘ des Roboters wirken dabei nur mittelbar auf die Versuchspersonen, und zwar indem diesen die Aufgabe übertragen wird, den Roboter funktionsfähig zu erhalten und gegebenenfalls darüber hinaus eine Aufgabe in der virtuellen Welt zu erledigen.

15.1.3. Die Struktur der Umwelt bzw. deren mentale Repräsentation

Es wird angenommen, dass Ψ ein zeitlich-räumliches Mit- und Nacheinander kausal interpretiert, d.h. wenn Ψ etwas tut und sich im Anschluss daran die Umwelt ändert, so nimmt Ψ an, dass sich die Umwelt in dieser Art und Weise verändert hat, *weil* es sich so verhalten hat (Dörner, 1999, S.259/60).

Das führt zu der Annahme, dass Ψ seine Umwelt als eine Folge von ‚Wahrnehmung der gegebenen Situation‘ – ‚eigene Verhaltensweise‘ – ‚Wahrnehmung der gegebenen Situation‘ – ‚eigene Verhaltensweise‘ – ‚Wahrnehmung der gegebenen Situation‘ usw. wahrnimmt und mental repräsentiert.

Damit wird die Realität als ein *Zustandsraum* interpretiert, durch den sich Ψ durch eigenes Verhalten bewegt, d.h. die Realität wird durch eine Menge von Zuständen beschrieben, welche die Knoten eines Netzwerkes bilden (siehe bspw. Abb. 23). Die Kanten dieses Netzwerkes, d.h. die Verbindungen zwischen den Knoten, repräsentieren eigene Aktivitäten: Denn Ψ nimmt, wie oben beschrieben, an, dass eine Situationsveränderung, d.h. ein Zustandswechsel, durch eigene Verhaltensweisen verursacht wird. (Und sei es, dass das eigene Verhalten darin besteht, sich auszuruhen und/oder entwickelnde Geschehnisse zu beobachten, ohne störend einzugreifen.) Mit dieser Sichtweise wird der Verhaltensstrom in Einheiten gegliedert, die auf der konzeptuellen Ebene üblicherweise als *Handlungen* und auf der formalen Ebene üblicherweise als *Operatoren* bezeichnet werden.

Die Zustände werden in den PSI-Umwelten als *Situationen* bezeichnet. Sie werden als geographische (Stand)Orte interpretiert, die durch das Vorhandensein und die Anordnung von bestimmten *Objekten* charakterisiert sind. Diese (Stand)Orte sind durch Wege verbunden. Die PSI-Literatur spricht daher häufig auch von *labyrinthhaften Umwelten*, deren Situationen – die (Stand)Orte – den Labyrinth-Kreuzungen und deren Wege den Labyrinth-Gängen entsprechen.

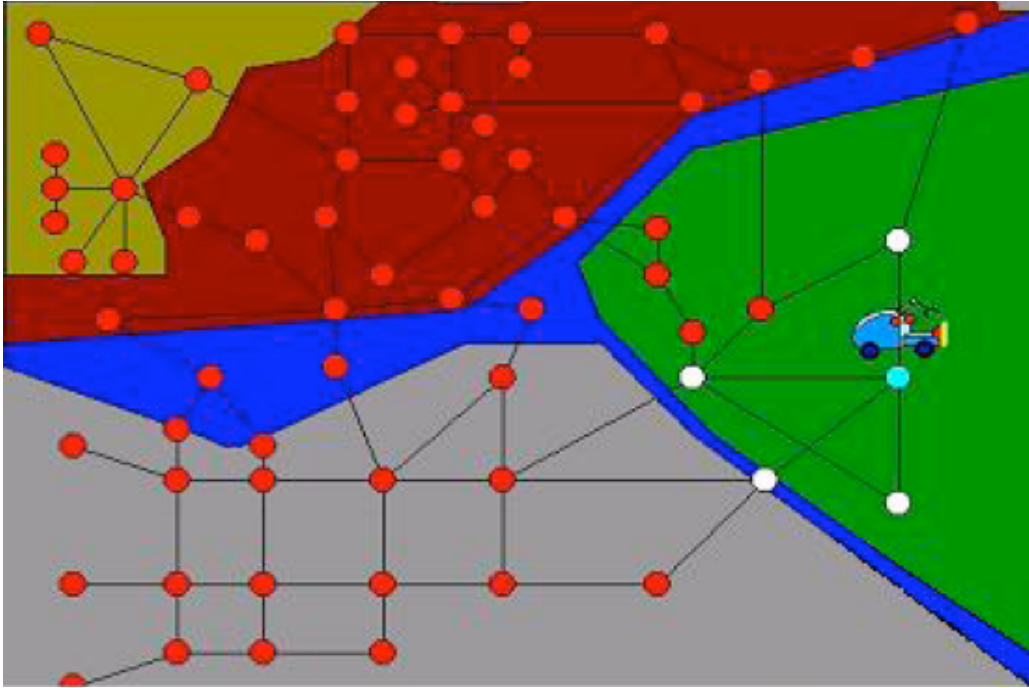


Abb. 23: Beispiel für eine Umwelt von Ψ

Quelle: Künzel, 2004, S.15

Die Verhaltensweisen, die Ψ in dieser Umwelt zeigen kann, werden in Manipulationen und Lokomotionen unterschieden: *Manipulationen* verändern ein Objekt in einer Situation: Bspw. führt die manipulative Handlung ‚Schütteln‘, angewandt in der Situation ‚Obstbaumwiese‘, auf das Objekt ‚voller Apfelbaum ohne Äpfel darunter‘ zu einer Veränderung bzw. Umwandlung des Objekts, nämlich zu einem ‚leeren Apfelbaum mit Äpfeln darunter‘ (vgl. Abb. 24). Zudem kann eine manipulative Handlung, wie bspw. ‚Apfel essen‘, dazu führen, dass sich nicht nur die Umwelt verändert (bspw. ist der Apfel weg), sondern insbesondere kann eine manipulative Handlung Auswirkungen auf den Körper haben (bspw. den Hunger stillen). *Lokomotionen* hingegen verändern den Standort und führen damit zu einer umfassenden Veränderung der Situation. Die lokomotive Handlung ‚nach Norden gehen‘ könnte z.B. dazu führen, dass die Situation, in der man sich befindet, nicht mehr die ‚Apfelbaumwiese‘, sondern der ‚Quellengrund‘ ist.

Ein Ψ , das in einer solch *labyrinthhaften* Umwelt ausgesetzt wird, weiß zunächst nichts über diese Umwelt. Es lernt das Umwelt-Labyrinth im Laufe seines ‚Lebens‘ kennen, und zwar zunächst durch Versuchs-Irrtums-Verhalten und später auch durch gezielte Verhaltensweisen: Es lernt, welche Bedürfnisse befriedigt oder erweckt werden, wenn in bestimmten Situationen bestimmte (manipulativen) Verhaltensweisen auf bestimmte Objekte angewandt werden; außerdem lernt es, durch welche (lokomotiven) Verhaltensweisen die Situationen verbunden sind, sodass diese gezielt aufgesucht werden können.

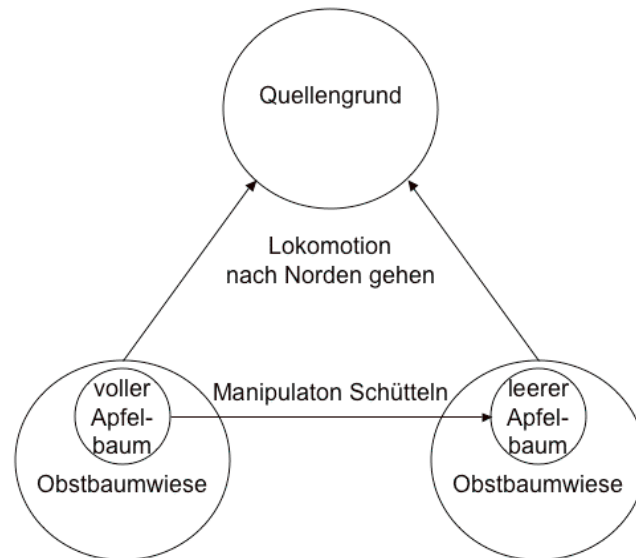


Abb. 24: Manipulative und lokomotorische Operationen

Quelle: eigene Darstellung

15.1.4. Neuronale Basis, basale Repräsentation

Die PSI-Theorie liefert Erklärungsmöglichkeiten bis hinab auf die neuronale Ebene, indem sie anhand

- eines synthetischen Neurons,
- dessen basaler Verschaltung zum Basisnetzbaustein des sogenannten Quads und
- deren Verschaltung zu Quad-Netzwerken

prinzipiell aufzeigt, wie mit wenigen basalen Mechanismen komplexe sensorische Strukturen (für die Wahrnehmung der gegebenen Situation) und komplexe Verhaltenweisen (für die Veränderung der Situation) neuronal repräsentiert werden können:

Das synthetische Neuron abstrahiert die Funktionsweise eines natürlichen Neurons, das aus mehreren, von anderen Neuronen kommenden, unterschiedlich stark aktivierten Eingängen eine eigene Aktivierung bildet und diese auf einen einzigen Ausgang legt; dieser Ausgang kann sich gegebenenfalls verzweigen und die Aktivierung an andere Neuronen weitergeben, für die dieser Ausgang dann wieder einen Eingang unter mehreren darstellt (Details siehe Fußnote²⁵).

²⁵Das synthetische Neuron hat entsprechend den Dendriten beim natürlichen Neuron mehrere Eingänge, die jeweils mit Übergangsgewichten versehen sind und die entweder aktivierend oder inhibierend wirken können. Die ‚Aktivierung‘ dieses synthetischen Neurons ergibt sich in einem ersten Schritt aus der Summe der jeweils mit den Übergangsgewichten multiplizierten Eingänge (wobei aktivierende Eingänge positiv und inhibierende Eingänge negativ gezählt werden). Die derartig berechnete Aktivierung wird in einem zweiten Schritt verstärkt und gegebenenfalls noch durch zwei Werte begrenzt: Liegt sie unter dem sogenannten ‚Schwellenwert‘, wird sie auf Null herabgesetzt; liegt sie über dem Schwellenwert, wird die Differenz zum Schwellenwert mit dem Verstärkungsfaktor

Auf diese Weise werden Neuronen-Netzwerke gebildet. Die PSI-Theorie schlägt nun einen basalen Netzbaustein, ein sogenanntes *Quadrupel*, kurz *Quad* genannt, vor, welches aus mehreren dieser synthetischen Neuronen gebildet wird; dieses Quad hat eine Aktivierung und realisiert insbesondere vier unterschiedliche Verbindungsvarianten eines Zentralneurons zu anderen Quads; diese Verbindungsvarianten werden als SUB-, SUR-, POR- und RET-Relation bezeichnet. Diese Quads bilden dann (Quad-)Netzwerke, in denen diese vier Relationen bestimmte Funktionen erfüllen: Die SUR- bzw. SUB-Verbindungen sind jeweils asymmetrisch²⁶ und erlauben die Bildung hierarchischer Strukturen, indem sie ‚Aufwärts-‘ bzw. ‚Abwärts-Verbindungen‘ im Sinne von ‚ist-Teil-von‘ bzw. ‚hat-als-Teil‘-Relationen realisieren. Die POR- und RET-Verbindungen sind ebenfalls asymmetrisch und dienen zur Bildung von Zusammengehörigkeitsangaben im Sinne eines zeitlich-räumlichen Mit- und Nacheinanders, indem sie Vorgänger- bzw. Nachfolger-Relationen realisieren (Dörner, 2002, S.45). „Es ist wichtig anzumerken, dass diese <<Bedeutung>> der vier Verknüpfungsarten eines Quads nicht irgendwie <<semantisch>> vorhanden sind; die Bedeutungen kommen dadurch zustande, dass die entsprechenden Verknüpfungen unter verschiedenen Umständen gebildet werden und auch bei verschiedenen Gelegenheiten gebraucht werden.“ (Dörner, 2002, S.45/6)

Wie beschrieben, erlauben Quads also den Aufbau von gerichteten hierarchischen Netzwerken, da sich mit ihrer Hilfe sowohl Vorgänger-Nachfolger- als auch Teil-Ganzes-Relationen realisieren lassen. Auf diese Weise werden sogenannte sensumotorische Schemata gebildet, deren nacheinander angeordnete Elemente auf untergeordnete sensorische oder motorische Subschemata bzw. Basiselemente (die bereits eingeführten Sensoren und Effektoren, Kap. 15.1.1.) verweisen. Diese sensumotorischen Schemata fungieren entweder als sensorische Schemata (zur Erkennung von Objekten und Situationen) oder als motorische Schemata (für die Ausführung eigener Verhaltensweisen). Dies sei an zwei Beispielen aufgezeigt:

Der Einfachheit halber sei angenommen, dass Ψ ein sensorisches Organ hat, das mit jeweils einem basalen Sensor für einen Punkt, einem basalen Sensor für einen senkrechten Strich und einem basalen Sensor für einen waagerechten Strich ausgestattet ist: Befindet sich bspw. ein Punkt vor dem sensorischen Organ, dann wird ein entsprechendes basales sensorisches Neuron aktiviert.

multipliziert und gegebenenfalls auf den sogenannten Maximumwert reduziert. Die derartig begrenzte Aktivierung bildet den einzigen Ausgang des synthetischen Neurons, analog dem Axon einer natürlichen Nervenzelle. (Dörner, 1999, S.61ff, Dörner, 2002, S.38 ff)

Weiterhin werden assoziierende und dissoziierende Eingänge angenommen: Ist ein assoziierender Eingang aktiv, werden die Übergangsgewichte aller aktiven Eingänge erhöht; ist ein dissoziierender Eingang aktiv, werden die Übergangsgewichte erniedrigt (Dörner, 1999, S.61ff, Dörner, 2002 S.38ff). Durch die Veränderung der Übergangsgewichte lernt ein neuronales Netzwerk, das aus diesen synthetischen Neuronen besteht.

²⁶D.h., dass, wenn das Quadrupel x SUR auf das Quadrupel y verweist, y SUB auf x verweist.

Dieses sensorische Organ sei nun durch Effektoren (Muskeln oder Motoren) nach oben, nach unten, nach rechts und nach links bewegbar; die Effektoren wiederum werden durch die Aktivierung eines basalen Aktor-Neurons aktiviert. Dieses Sensororgan wird nun über ein ‚Punkt, Punkt, Komma, Strich, fertig ist das Mondgesicht‘ bewegt (siehe Abb. 25):

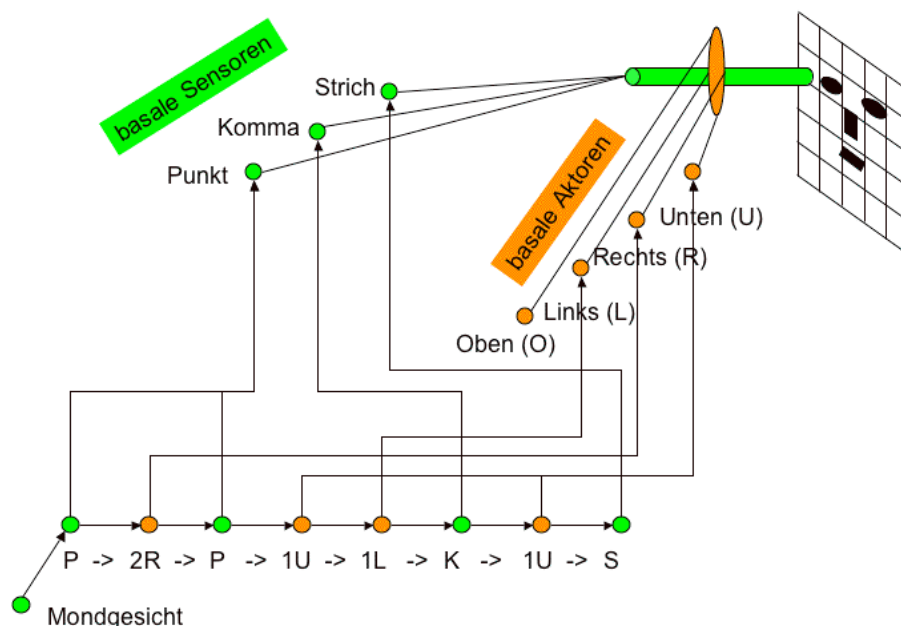


Abb. 25: Das sensorische Schema für das Erkennen eines Mondgesichts

Quelle: eigene Darstellung

Das sensorische Schema ‚Mondgesicht‘ würde wie folgt aus verschalteten Quads aufgebaut: Zunächst gibt es einen sogenannten *Kopfknoten*, der das Schema als Ganzes repräsentiert und der SUB auf eine durch POR- und RET-Verbindungen verknüpfte Kette von sogenannten Interneuronen (genauer gesagt Inter-Quads) verweist, die das zeitlich-räumliche Nacheinander des Erkennens der einzelnen Bestandteile repräsentieren. Ist das Sensororgan zu Beginn auf den linken Punkt des Mondgesichts gerichtet, so würde das erste Interneuron SUB auf das entsprechende basale sensorische Neuron verweisen, das durch einen Punkt vor dem Sinnesorgan aktiviert wird (P). Das folgende Interneuron in der Kette würden SUB auf den basalen Aktor für ‚das Sinnesorgan nach rechts bewegen‘ verweisen, wobei diese Verbindung zudem die zeitliche Information trägt²⁷, dass dieses Aktor-Neuron doppelt so lange aktiviert werden muss (2R). Das nächste Interneuron in der Kette würde dann wieder SUB auf das basale Sensorneuron für den Punkt verweisen (P). Anschließend kämen zwei Interneuronen mit SUB-Verweisen auf die basalen Aktoren für die Bewegung nach unten und nach links (1U, 1L). Anschließend

²⁷Die PSI-Theorie besagt, dass dies z.B. durch die Verknüpfungsstärke codiert sein könnte. Die PSI-Theorie besagt jedoch auch, dass die Verknüpfungsstärke die Erinnerungsstärke codiert (s.u.). In der Implementierung wird diese Doppeldeutigkeit durch Trennung in zwei Parameter aufgelöst.

erfolgen ein SUB-Verweis auf das sensorische Neuron für den senkrechten Strich (K), dann ein SUB-Verweis für die Bewegung des Sinnesorgans nach unten (1U) und abschließend ein SUB-Verweis auf das sensorische Neuron für die Erkennung des abschließenden waagerechten Strichs (S).

Aus derartigen Schemata werden komplexe Hierarchien für komplexere Objekte und auch für deren Anordnung in Situationen aufgebaut, indem ein SUB-Verweis nicht direkt auf ein basales Sensorneuron (Basiselement) verweisen muss, sondern auf den Kopfknoten eines weiteren sensorischen Schemas verweisen kann (sensorische Substruktur), welches ein weniger komplexes Gebilde repräsentiert. Genauso muss ein SUB-Verweis nicht unmittelbar auf ein basales Aktor-Neuron (Basiselement) verweisen, sondern kann auch auf den Kopfknoten eines motorischen Schemas (s.u.) verweisen, das eine weniger komplexe Verhaltensweise beschreibt (motorisches Subschema).

Der Prozess, der das zuvor beschriebene Abtasten des sensorischen Schemas leistet, wird, zurückgehend auf Neisser, HYPERCEPT genannt (Neisser, 1974 nach Dörner, 1999, S.144ff) für hypothesengestützte Perzeption. Denn die Wahrnehmung des Mondgesichts beginnt mit der Hypothese, dass der von dem Sinnesorgan wahrgenommene Punkt zu einem Mondgesicht gehört. Daraus folgt, dass zwei Einheiten nach rechts versetzt ebenfalls ein Punkt kommen müsste, dann eine Einheit darunter und eine Einheit nach rechts ein senkrechter Strich usw. D.h. aus der Bestätigung einer Hypothese (zwei Einheiten weiter rechts ist ein Punkt) wird die nächste zu überprüfende Hypothese abgeleitet. Erweisen sich alle durch das Schema vorgegebenen Hypothesen als zutreffend, wird die eingangs aufgestellte Hypothese ‚ich habe ein Mondgesicht vor mir‘ bestätigt; andernfalls wird die Hypothese zurückgewiesen und bspw. die Hypothese überprüft, dass man das Objekt ‚Semikolon‘ vor sich hat, dessen sensorisches Schema ebenfalls einen Punkt enthalten würde. Dieser Prozess arbeitet rekursiv, d.h. trifft ein SUB-Verweis auf einen Kopfknoten statt auf ein basales Sensorneuron, wird HYPERCEPT auf diese untergeordnete Schema angewandt, und der übergeordnete HYPERCEPT-Prozess erhält die Rückmeldung, ob das Schema erfolgreich durchlaufen wurde (Hypothese bestätigt) oder nicht (Hypothese widerlegt).

Ein motorisches Schema, bspw. für die Verhaltensweise ‚Kaffeetasse greifen‘, ist genauso wie ein sensorisches Schema aufgebaut., d.h. es besteht aus einem Kopfknoten, der die gesamte Handlung repräsentiert und der SUB auf eine Kette von Interknoten verweist (siehe Abb. 26), welche wiederum SUB auf basale Sensorneuronen bzw. auf die Kopfknoten sensorischer Schemata (im Beispiel die durch die Skizzen auf der linken Seite angedeuteten Situationen) und auf basale Aktoren bzw. auf die Kopfknoten motorischer Schemata (im Beispiel Arm heben, Arm verschieben und Arm senken) verweisen.

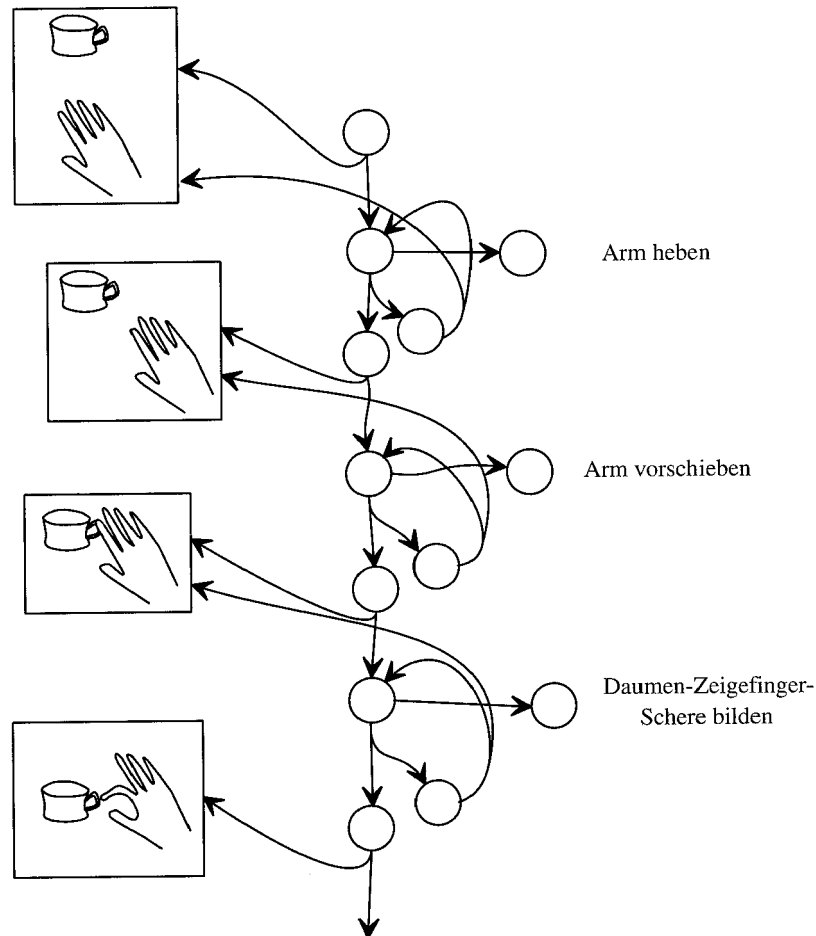


Abb. 26: Das motorische Schema für die Verhaltensweise ‚Kaffeetasse greifen‘
 Quelle: Dörner, 1999, S.96

Allerdings arbeitet ein anderer Prozess namens ‚AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM‘ auf diesen Schemata und interpretiert diese Schemata auch etwas anders: Auf der basalen Ebene aktiviert AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM solange ein Aktor-Neuron, bis das nachfolgende sensorische Schema erkannt wird, weil sich die Situation entsprechend verändert hat: Wenn der Arm auf Höhe der Kaffeetasse angekommen ist, darf der Arm nicht weiter gehoben werden, sondern muss vorwärts bewegt werden; wenn Daumen und Zeigefinger neben dem Henkel sind, muss die Vorwärtsbewegung gestoppt und das Zugreifen begonnen werden; usw. Auch in diesem Fall wird die Zeit, die dies dauern sollte, in der Verknüpfung codiert und ‚AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM‘ bricht mit der Meldung ‚da stimmt was nicht‘ ab, wenn der vorgegebenen Zeitrahmen verlassen wird. Wie auch HYPERCEPT arbeitet ‚AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM‘ rekursiv, d.h. erfolgt ein SUB-Verweis nicht auf ein basales Aktor-Neuron, sondern auf den Kopfknoten eines untergeordneten motorischen Schemas, wird ‚AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM‘ auf dieses untergeordnete Schema angewandt und der übergeordnet arbeitende ‚AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM‘-Prozess erhält die Rückmeldung, dass das Schema erfolgreich bzw. nicht erfolgreich durchlaufen wurde.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass durch Schemata auch *Abstraktionen* dargestellt werden können, indem sowohl die Vorgänger-Nachfolger- als auch die Teil-Ganzes-Verknüpfungen verzweigen können. So würde z.B. eine Verzweigung der Vorgänger-Nachfolger-Verknüpfung darstellen, dass auch ein ‚Stern‘ (anstelle des Punkts) als Auge des Mondgesichts akzeptiert würde (Elementarabstraktheit) oder dass sich das zweite Auge auch etwas weiter rechts befinden könnte (Strukturabstraktheit). Selbst ‚Hohlstellen‘ sind vorstellbar (kein Verweis auf untergeordnete Basiselemente oder Substrukturen); diese würden ein ‚egal, was da ist‘ oder ein ‚egal, was man tut‘ repräsentieren.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass Verbindungen unterschiedlich stark geknüpft sein können, wobei die Verknüpfungsstärke als Erinnerungsstärke interpretiert wird: Die Verknüpfungsstärke

- sinkt durch das Vergehen von Zeit (Vergessen),
- wird durch Lernprozesse erhöht (siehe Kap. 15.1.6.) und
- steigt durch Gebrauch, d.h. mit der Häufigkeit der Verwendung des Schemas, an.

(Das sensumotorische Schema wird durch HYPERCEPT bzw. AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM abgetastet, sprich: das Objekt oder die Situation werden erkannt bzw. das Verhaltensprogramm wird durchgeführt, s.o.)

15.1.5. Gedächtnisaufbau und Protokollgedächtnis, Konsolidierungsprozesse

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits die grundlegende Annahme dargestellt, dass Ψ seine Umwelt als einen Zyklus von ‚Wahrnehmung der gegebenen Situation‘ und ‚eigener Verhaltensweise‘ wahrnimmt und repräsentiert.

Dies schlägt sich dahingehend in der PSI-Theorie nieder, dass diese annimmt, dass Ψ sein eigenes Verhalten protokolliert: Es wird ein ‚Protokollfaden‘ aus Wahrnehmung der gegebenen Situation – eigene Verhaltensweise – Wahrnehmung der gegebenen Situation – eigene Verhaltensweise – Wahrnehmung der gegebenen Situation usw. ‚gesponnen‘. Dieser Protokollfaden ist ebenfalls ein sensumotorisches Schema, dessen Vorgänger-Nachfolger-Relationen die Chronologie abbilden und dessen Teil-Ganzes-Relationen abwechselnd auf untergeordnete sensorische Schemata (Wahrnehmung der gegebenen Situation) und motorische Schemata (eigene Verhaltensweisen) verweisen.

So wie alle Verknüpfungen zerfallen auch die Vorgänger-Nachfolger-Relationen des Protokollgedächtnisses, das dadurch immer mehr zu Stückwerk wird (es wird vergessen). Es bleiben aber auch ‚Gedächtnisinseln‘ übrig, die durch Lernen (siehe Kap. 15.1.6.) und durch Gebrauch verfestigt und so vor dem Vergessen bewahrt werden.

Außerdem hierarchisieren und abstrahieren Konsolidierungsprozesse die Gedächtnisinhalte: Im Rahmen der Protokollierung wird ein sensorisches

Schema genau dann neu angelegt, wenn ein Objekt oder eine Situation das erste Mal wahrgenommen werden, und bei der nächsten Wahrnehmung wird es/sie auf Basis des angelegte Schemas wiedererkannt (im Sinne von: das habe ich schon mal gesehen), d.h. HYPERCEPT stellt die Übereinstimmung mit dem vorhandenen Schema fest. So wird bspw. ein Kind zunächst verschiedene Hundarten als gänzlich unterschiedliche Lebewesen betrachten und entsprechend mehrere Schemata anlegen. Im Rahmen von Konsolidierungsprozessen kommt es dann zu einer Generalisierung und die sensorischen Schemata verschiedener Hunderassen werden zu einem abstrakten Schema Hund zusammengefasst. Dabei kommt es im Regelfall zunächst zu einer Übergeneralisierung: Erst einmal ist vielleicht dann alles mit vier Beinen ein Hund. Im weiteren Verlauf erfolgt dann immer wieder eine Spezialisierung (Neuanlage) und Generalisierung (Zusammenfassung) der sensorischen Schemata, bis das Gedächtnis soweit konsolidiert ist, dass es eine gute Kategorisierungsleistung erbringt. Gute Kategorisierungsleistung heißt, dass die in der (üblichen) Lebenswelt auftauchenden Objekte und Situationen weitestgehend erkannt, d.h. identifiziert, werden. Diese Konsolidierungsprozesse werden zwar von der PSI-Theorie angenommen, jedoch nicht differenziert beschrieben.

Ein Teilstück des Protokollfadens wird genau dann zum ersten Mal als motorisches Schema verwendet, wenn er erinnert wird und die Anwendung von AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM die Verhaltensweise wiederholt. Auch hier kommt es zu Konsolidierungsprozessen: Wenn eine Folge von Handlungen das erste Mal wiederholt wird, so wird man dies Schritt für Schritt tun und es wird sich dementsprechend ein Verweis auf jeden dieser Teilschritte im Protokollgedächtnis wiederfinden. Im Laufe der Zeit werden dann mehrere Teilhandlungen (Arm heben, Arm vorschieben, Finger schließen) zu einer Handlung zusammengefasst (Kaffeetasse greifen), die, wie bereits eingeführt, durch einen Kopfknoten repräsentiert wird, sodass sich dann nur noch ein Verweis auf diesen Kopfknoten im Protokollgedächtnis wiederfindet. Entsprechend hierarchisierte und durch den Einbau von Verzweigungen abstrahierte Schemata können dann komplexe flexible Verhaltensprogramme repräsentieren wie bspw. ein Essen auf den Tisch bringen, Walzer tanzen oder mit dem Auto zur Arbeit fahren. Je stärker eine solche Handlungskette verknüpft ist, desto weniger bewusster Aufmerksamkeit bedarf es bei der Abarbeitung durch AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM und desto schneller und übergangloser kann die Gesamthandlung durchgeführt werden. Hochgeübte Verhaltensweisen werden dadurch zu nahezu reflexhaften *Automatismen*, deren Ausführung in der entsprechenden Situation nur durch eine sehr bewusste Kontrolle unterdrückbar ist und deren Teilhandlungen gegebenenfalls nicht mehr voneinander isoliert werden können. Bspw. kann man dann nicht mehr erklären, vorführen oder ‚innerlich nachvollziehen‘, aus welchen Teilschritten das Tanzen einer Walzerfolge oder das Anlassen eines Auto besteht, obwohl man die Gesamtfolge durchführen kann; hier kann sogar die bewusste

Aufmerksamkeitszuwendung kontraproduktiv sein. Auch diese Konsolidierungsprozesse, die Makrooperatoren im Sinne Oesterreichs (Oesterreich, 1987) bilden, werden zwar von der PSI-Theorie angenommen, jedoch nicht differenziert beschrieben.

Die Konsolidierungsprozesse führen dazu, dass aus dem episodischen Gedächtnis (das und das ist mir dann und dann passiert) zunehmend ein semantisches und prozedurales Weltwissen wird (das und das ist der Fall und so wird es gemacht), das im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

15.1.6. Die Gedächtnisbasis (Tripelhierarchie), Lernen

Wie bereits beschrieben, geht die PSI-Theorie davon aus, dass Ψ s Gedächtnis auf drei basalen Elementen aufbaut, nämlich auf basalen Sensorneuronen, basalen Aktor-Neuronen und basalen Bedürfnisindikatoren (siehe Abb. 27). Diese sind, wie zuvor (Kap. 15.1.4.) dargestellt, durch ein Hierarchien bildendes Geflecht von Beziehungen (Relationen) verknüpft, welches Ψ s Wissen über die Welt und die Bewertung dieser Welt repräsentieren:

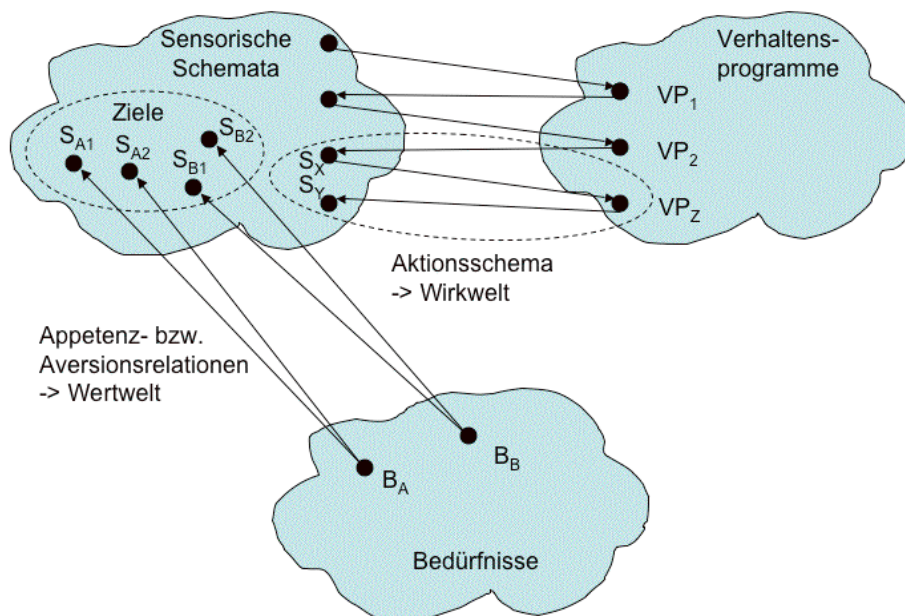


Abb. 27: Die sogenannte Tripelhierarchie des Gedächtnisses

Quelle: eigene Darstellung

Es gibt eine Menge von sensorischen Schemata (S_{A1} , S_{A2} , S_{B1} , S_{B2}), die Objekte und Situationen mental repräsentieren, und eine Menge von motorischen Schemata (VP_1 , VP_2 , VP_z), die durchgeführte und/oder durchführbare Verhaltensweisen mental repräsentieren. Motorische Schema werden im Regelfall als *Verhaltensprogramme* bezeichnet.

In der Sprache des Zustandsraums gesprochen, stellen die Situationen die Knoten und die sogenannten *Aktionsschemata* – die aus einer Situation (S_x), einer Verhaltensweise und einer durch die Verhaltensweise (VPz) erzeugten Situation (S_y) bestehen – die Kanten des Zustandsraums dar. Das Geflecht der Verknüpfungen zwischen sensorischen Schemata und Verhaltensprogrammen repräsentiert Ψ_s ‚Wirkwelt‘, d.h. was Ψ seines Wissens tun kann, um die Umwelt in seinem Sinne zu beeinflussen: Durch das hervorgehobene Aktionschema ‚weiß‘ Ψ , dass, wenn es sich in der Situation S_x befindet und die Verhaltensweise VPz anwendet, sich die Situation S_y einstellen wird. (Zumindest war dies in der Vergangenheit mehr oder weniger häufig der Fall, und daher erwartet Ψ mehr oder weniger stark, dass es bei erneuter Durchführung wieder so sein wird.)

Aber was heißt dieses ‚in Ψ s Sinne beeinflussen‘? Dies wird durch Ψ_s ‚Wertwelt‘ beantwortet, d.h. durch das Geflecht aus Appetenz- und Aversionsrelationen, die zwischen Ψ s Bedürfnisindikatoren (B_A , B_B), und den sensorischen Schemata durch *Lernen* gebildet werden: Wenn ein Bedürfnis befriedigt wird oder entsteht, so wird ein Lust- bzw. Unlustsignal erzeugt (siehe auch Kap. 15.1.9.), das zum einen rückwirkend das Protokoll und die unmittelbar vorher erkannten Situationen und ausgeführten Verhaltensprogramme verstärkt; zum anderen führen diese Signale zum Aufbau einer appetitiven bzw. aversiven Verknüpfung zwischen dem Bedürfnisindikator (B_A) und derjenigen Situation (bspw. S_{A1} oder S_{A2}), in der das entsprechende Bedürfnis gerade eben gesenkt bzw. erzeugt worden ist (im Folgenden als ‚Ausgangssituation‘ bezeichnet). Durch die rückwärtige Verknüpfung (im Protokollgedächtnis) ‚weiß‘ Ψ , in welcher Situation es zuvor war (im Folgenden als ‚Eingangssituation‘ bezeichnet) und welche Handlung es in dieser Situation ausgeführt hat; Ψ ‚weiß‘ also, ob eine Situation etwas Gutes oder etwas Schlechtes bedeutet und was gegebenenfalls in einer Situation zu tun bzw. zu unterlassen ist.

Aufgrund des in Wirk- und Wertwelt gespeicherten Wissens kann Ψ eine *Handlungssequenz*, d.h. eine Folge von Aktionsschema, durch Suchen oder Konstruieren ermitteln, deren Durchführung eine gegebene Ist-Situation, in der ein Bedürfnis besteht, zielgerichtet in eine Soll-Situation überführt, in der das Bedürfnis befriedigt werden kann. Solche Handlungssequenzen sollten dann nicht Situationen enthalten, die aversiv verknüpft sind.

Eingangssituationen, die auf die beschriebene Art und Weise mit einem Wert versehen wurden, werden als (Appetenz- bzw. Aversions-)Ziele bezeichnet, da dies die Situationen sind, die angestrebt bzw. vermieden werden, um ein Bedürfnis zu befriedigen bzw. gar nicht erst entstehen zu lassen. Im Falle eines appetitiven Ziels spricht man davon, dass diese Ziel-Situation die *Eingangspforte* zu einer *konsummatorischen Endhandlung* ist. (Die konsummatorische Endhandlung wie bspw. Essen oder Trinken ist das Verhaltensprogramm, das in der Eingangssituation ausgeführt wurde und das somit letztendlich die Bedürfnisbefriedigung bewirkt hat.) Aversiv verknüpfte Situationen hingegen

werden auch als *Vermeidungsziele* bezeichnet. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Darstellung dieser Appetenz- und Aversions-Relationen, wie auch in der Abbildung, häufig dahingehend vereinfacht wird, als ob das Ziel direkt mit dem Bedürfnisindikator verbunden sei, obwohl dies genau genommen über den Zwischenschritt eines entsprechenden Aktionsschemas der Fall ist²⁸.

Durch die beschriebenen Verknüpfungen werden auch die Repräsentation der Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Handlungskonsequenzen und insbesondere die Repräsentation der Erfolgswahrscheinlichkeit von konsummatorischen Endhandlungen verständlich: Die PSI-Theorie nimmt an, dass sich die Verknüpfung von einem Verhaltensprogramm zu der nachfolgenden Situation verzweigen kann, wenn als Folge derselben Handlung in derselben Situation mal die eine und mal die andere Situation eintritt. Die Stärke des gewünschten Zweiges (als Maß für die Häufigkeit dieser Erfahrung) im Vergleich zur Summe der Stärke aller Zweige ist dann das Maß für die Eintrittswahrscheinlichkeit der jeweiligen Folgesituation und damit für eine Erfolgswahrscheinlichkeit, wenn diese Handlungskonsequenz angestrebt wird.

15.1.7. Geschehnis- bzw. Ereignisschemata

Abschließend sei ergänzt, dass auf der konzeptionellen Ebene eine dritte Art von Schema eingeführt wird, nämlich sogenannte *Geschehnis- bzw. Ereignisschemata*, die identifizierte Ereignisketten repräsentieren. Diese werden durch ‚Besinnung‘, d.h. durch einen abstrahierenden Rückblick auf die insbesondere im Protokollgedächtnis abgelegten eigenen Erfahrungen und Beobachtungen gebildet. Sie stellen auf der einen Seite ein Weltwissen dar (so und so läuft es) und ermöglichen auf der anderen Seiten einen Blick in die Zukunft: Genauso, wie man ‚weiß‘, dass am Ende eines motorischen Schemas eine bestimmte Veränderung des eigenen körperlichen Zustandes bzw. der extern gegebenen Situation zu erwarten ist, so ‚weiß‘ man, dass am Ende eines Ereignisschemas das Eintreten eines bestimmten externen Zustands zu erwarten ist. (D.h. ein mitten in der Luft befindlicher Stein wird gleich auf dem Boden liegen, in x Stunden wird es dunkel werden, in y Tagen wird der Winter hereinbrechen, in z Minuten wird der Bus kommen etc.).

15.1.8. Bottom-Up- und Top-Down-Wahrnehmung

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass Wahrnehmung sowohl reaktiv, bottom-up als auch aktiv, top-down geschieht. Dies geht auf folgende Frage zurück:

²⁸Man könnte auch auf die Idee kommen, dass die Appetenz- bzw. Aversionsrelationen auf das Aktionsschema als Ganzes verweisen, welches zur Bedürfnisbefriedigung bzw. -entstehung geführt hat. Dies wirft aber das Problem auf, wie man sich auf der neuronalen Ebene die Realisierung dieser ternären Relation vorstellt.

Nehmen wird an, es gibt ein sensorisches Schema, welches ein ‚längliches, gewundenes Etwas‘ repräsentiert, und dieses Schema hat drei untergeordnete Schemata: ‚Schlange‘, ‚Ast‘ und ‚Seil‘, d.h. die Art und Weise der Verknüpfung repräsentiert eine Symbolabstraktheit im Sinne eines: ein ‚längliches, gewundenes Etwas‘ ist entweder eine ‚Schlange‘, ein ‚Ast‘ oder ein ‚Seil‘. Nehmen wird nun weiter an, dass am Boden ein ‚längliches, gewundenes Etwas‘ durch HYPERCEPT erkannt wurde. Welche der drei resultierenden, spezifischeren Hypothesen ‚das ist eine Schlange‘, ‚das ist ein Ast‘ oder ‚das ist ein Seil‘ soll nun zuerst überprüft werden?

Bottom-Up hieße nun, dass dies ausschließlich von der Verknüpfungsstärke (zwischen dem übergeordneten Schema und den untergeordneten Schemata) abhinge, sprich, es würde das untergeordnete Schema zuerst überprüft, dessen Unterordnungs-Verknüpfung relativ stark ist und das sehr prägnant und/oder bedeutsam ist, d.h. dass das entsprechende Objekt gut im Sinne von einfach und schnell erinnerbar ist, weil das entsprechende Schema über starke Verknüpfungen innerhalb des Schemas und zu den Bedürfnisindikatoren verfügt. (Dies würde wohl für die Überprüfung der Hypothese ‚Schlange‘ sprechen.) Hinzu kommt, dass es bspw. auffällige Warnfarben, -muster, -töne etc. gibt, die sich aufgrund ihrer ‚Signalqualität‘ regelrecht aufdrängen und/oder die leichter wahrzunehmen sind; sie drängen sich daher von Seiten des Wahrnehmungssystems aufgrund einer starken Aktivierung auf.

Top-Down heißt nun, dass es durch den Kontext und die daraus resultierende Aufmerksamkeitsausrichtung eine Art ‚Vorbahnung‘ gibt, durch die bestimmte Schemata voraktiviert werden, d.h. durch die ihre Erinnerbarkeit (genauer gesagt die Einfachheit und Schnelligkeit ihrer Erinnerbarkeit) erhöht wird, weil im gegebenen Kontext die entsprechenden Objekte erwartet werden und/oder weil gezielt nach ihnen Ausschau gehalten wird. Wenn man bspw. im Wald spazieren geht, wird man eher eine Schlange oder einen Ast erwarten und die Hypothese Schlange wird zuerst geprüft werden, weil sie bedeutsamer ist, insbesondere wenn das Objekt am Boden liegt. Wenn man in einer (deutschen) Kletterhalle spazieren geht, wird man eher das Seil erwarten und erst in zweiter Linie einen Ast oder gar eine Schlange vermuten.

Anschaulich könnte man sich dies wie folgt vorstellen: Wie bereits beschrieben (Kap. 15.1.4.), sind sensumotorische Schemata Netzwerke, die aus Knoten und Kanten bestehen und die man sich als Punkte und sie verbindende Striche auf einer zweidimensionalen Karte vorstellen kann. Diese Karte hat aber nun eine dritte Dimension: Je stärker und bedeutsamer die Erinnerung ist, desto höher erstrecken sich diese Punkte und Striche, sodass eine dreidimensionale Landschaft entsteht. Durch den Kontext und die Aufmerksamkeitsausrichtung werden nun bestimmte Teile dieser Landschaft vorübergehend erhöht oder erniedrigt. Zudem ist diese Landschaft mit Wasser gefüllt, sodass manche Teile oberhalb und manche Teile unterhalb des Wasserspiegels liegen. Für HYPERCEPT sind nun zum einen nur jene Teile abtastbar (und somit

identifizierbar), die oberhalb des Wasserspiegels liegen, und zum anderen erfolgt die Reihenfolge der Abarbeitung von Alternativhypothesen nach dem Prinzip "Höhe vor Tiefe".

Das, was in diesem Bild mit Höhe beschrieben wird, wird in der Psychologie auch mit *Salienz* (Sinnfälligkeit, Auffälligkeit) bezeichnet und umgangssprachlich würde man sagen: Hochsaliente Objekte ‚springen einem ins Auge‘, während man nach niedrig salienten Objekten explizit Ausschau halten muss: Wenn man bspw. aus der Windschutzscheibe eines Autos schaut, drängt sich die Wahrnehmung einer auffällig blinkenden Ampel dem kognitiven System regelrecht auf (‚sie springt einem ins Auge‘), während hingegen nach einem ähnlich großen ‚Starenkasten‘ bewusst und aufmerksam Ausschau gehalten werden muss.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass Objekte auf der einen Seite einfach *reaktiv* (bottom-up) wiedererkannt werden, weil sie vor den Sinnesorganen auftauchen und gegebenenfalls besonders auffällig sind, und dass auf der anderen Seite die Wahrnehmung auch durch den Kontext und/oder die Aufmerksamkeit *aktiv* ausgerichtet und dadurch die Erkennungsgeschwindigkeit bestimmter Objekte erhöht wird (top-down), indem die Erkennung durch eine Vorbahnung der entsprechenden Schemata erleichtert wird.

Das ist die Erklärung dafür, dass das kognitive System nicht unter einer Informationsflut begraben wird, denn nicht alle in der Umwelt sichtbaren Objekte werden auch tatsächlich bewusst wahrgenommen, sondern nur jene, die im Aufmerksamkeitsfokus liegen.

15.1.9. Bedürfnisse

Die Bedürfnisse stellen die motivationalen Kräfte dar, die das System antreiben; sie zielen auf die Bewahrung und gegebenenfalls Wiederherstellung innerer Zustände und gewährleisten somit das Überleben.

Auf dieser allgemeinen Ebene ist offensichtlich, dass die Evolution Bedürfnisse etabliert haben muss, die zum einen auf das unmittelbare individuelle Überleben abzielen und die zum anderen die Weitergabe der Erbinformation an die Nachkommen sicherstellen. Darüber hinaus hat sich im Laufe der Evolution anscheinend das Zusammenleben in einer sozialen Gruppe bewährt. Dementsprechend wurden soziale Lebewesen wie der Mensch an das Leben in der Gruppe angepasst, indem Bedürfnisse auch im Hinblick auf das erfolgreiche Funktionieren der Gruppe evolutionär etabliert wurden. Weiterhin sind Lebewesen wie der Mensch anscheinend mit einem Informationsstreben ausgestattet; auch das macht aus einer evolutionsbiologischen Sicht Sinn, denn es ist offensichtlich ein Überlebensvorteil, seine Umwelt kennenzulernen und seine Fähigkeiten zu entwickeln.

Diese Überlegungen münden in der PSI-Theorie in der Annahme von fünf Bedürfnissen bzw. Bedürfniskategorien:

- 1) existenzielle, dem unmittelbaren individuellen Überleben dienende Bedürfnisse (bspw. Hunger, Durst, Müdigkeit, Schmerz etc.)
- 2) ein existenzielles, dem Überleben der Art dienendes Bedürfnis (Sexualität)
- 3) auf Einbindung in die Gruppe drängende Bedürfnisse (bspw. Konformität mit der Gruppe, Vermeidung von Zurückweisung etc.)
- 4) Bestimmtheit (Bedürfnis nach ‚Bescheid wissen‘)
- 5) Kompetenz (Bedürfnis nach ‚Fähigkeitenerwerb‘ und ‚Wirksamkeit‘)

Bevor auf Bedürfnisse und ihre Berücksichtigung in der PSI-Theorie im Einzelnen eingegangen wird (Kap. 15.1.9.2. und 15.1.9.3.), ist zunächst darauf einzugehen (Kap. 15.1.9.1.), dass der evolutionsbiologisch rekonstruierbare Zweck der Fitnessmaximierung offensichtlich nicht unmittelbar wirksam oder bewusst präsent ist. D.h. es stellt sich die Frage, was die für das Verhalten unmittelbar wirksame Antriebskraft ist:

15.1.9.1. Das Lust-Unlust-System, spezifische und allgemeine Kompetenz

„In der Motivations-, Emotions- und Lernpsychologie besteht ein weitgehender Konsens darin, daß beim Menschen und wahrscheinlich generell bei Säugetieren Lust und Unlust die großen Lehrmeister sind“ (Schneider & Schmalt, 2000, S.20), die unmittelbar in die Verhaltenssysteme (durch die Evolution) eingebaut wurden: Ein bestehendes oder gar entstehendes Bedürfnis teilt sich dem Organismus durch ein Unlustgefühl mit; eine Bedürfnisbefriedigung lässt das Unlustgefühl verschwinden und bewirkt ein Lustgefühl. Somit liegt subjektiv das letztendliche Verhaltensziel im Erleben dieses belohnenden Lustgefühls (vgl. Kap. 9.).

Dieser Konsens wird auch durch die PSI-Theorie geteilt, indem angenommen wird, dass es für jedes Bedürfnis einen Bedürfnisindikator im Sinne eines Melders gibt, der die Stärke des gegebenen Bedürfnisses repräsentiert (Details siehe folgende Ausführungen). Außerdem wird ein Lust-Unlust-System angenommen, das sich aus der Überwachung dieser Bedürfnisindikatoren speist, indem es eine aggregierende Bilanz bildet, die im positiven Fall als Lust und im negativen Fall als Unlust empfunden wird:

- Jede Senkung der Bedürfnisstärke erzeugt ein Lust-Signal, das positiv in die Bilanz eingeht und außerdem, wie bereits beschreiben (Kap. 2.6.), für das Lernen wichtig ist; dabei ist das Lust-Signal und damit der Lerneffekt umso stärker, je weiter und schneller die Bedürfnisstärke absinkt.
- Jede Steigerung der Bedürfnisstärke erzeugt ein Unlust-Signal, das negativ in die Bilanz eingeht und außerdem, wie bereits beschrieben (Kap. 2.6.), für das Lernen wichtig ist; dabei ist das Unlust-Signal und damit der Lerneffekt umso stärker, je weiter und schneller die Bedürfnisstärke ansteigt.

- Außerdem erzeugt jedes bestehende, nicht weiter steigende Bedürfnis (Bedürfnisstärke > 0) ein (im Vergleich zu den beiden vorhergehenden schwächeres) Unlust-Signal, das negativ in die Bilanz eingeht; dieses Signal ist umso stärker, je größer die Bedürfnisstärke ist.

Die Aggregation besteht in der Bildung eines gleitenden Mittelwerts der sogenannten Lust- und Unlustsignale, d.h. mit zunehmender Zeitdauer seit dem Zeitpunkt ihres Eintretens haben ältere Lust- und Unlust-Signale immer weniger Einfluss auf die aktuelle Bilanz.

Es wird angenommen, dass es für jedes Bedürfnis eine spezifische Lust-Unlust-Bilanz gibt, die in einer Gesamtbilanz zusammengefasst wird. Diese Bilanzen werden nun auf zweierlei Art und Weise interpretiert: Zum einen vermitteln sie ein Gefühl von Lust bzw. Unlust; zum anderen werden sie als Maß für Ψ s Fähigkeit gesehen, seine Bedürfnisse effektiv zu befriedigen, und zwar sowohl im speziellen Fall der einzelnen Bedürfnisse als auch ganz allgemein für die Gesamtheit aller Bedürfnisse. Diese Bilanzen werden daher auch als *spezifische und allgemeine Kompetenz* bezeichnet (siehe auch Kap. 15.1.9.3.).

15.1.9.2. Existenzielle, physiologisch bedingte Bedürfnisse und Sexualität

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass der Körper eines Lebewesens ein System ist, in dem viele verschiedene Größen des Stoffwechsels (bspw. Blutzucker, Salzgehalt etc.) innerhalb bestimmter Grenzen gehalten werden müssen, damit der Körper funktionsfähig ist, d.h. Ψ (das kognitive Modell) reguliert ein *multistabiles* System im Sinne von Ashby (Ashby, 1960 nach Dörner, 1999, S.438), das die Stabilität hinsichtlich vieler Variablen anstrebt. Insbesondere bewirken im Regelfall Tätigkeiten, die zur Befriedigung des einen Bedürfnisses dienen, die Steigerung eines anderen Bedürfnisses, d.h. Lebewesen sind algedonische Systeme im Sinne Lems, die sich *hedonische*, lustvolle Ereignisse (Bedürfnisbefriedigung) durch *algetische*, unangenehme Ereignisse (Bedürfnisentstehung) erkaufen müssen, auch wenn es sich bei der Unannehmlichkeit lediglich um den Verbrauch von Nährstoffen handeln mag. Dies ist der Grund, warum es eine irgendwie geartete Absichtsauswahl (Kap. 15.4.) geben muss, denn es ist eine Wahl zu treffen, auf die Beseitigung welchen Ungemachs das Handeln auszurichten ist (Dörner, 1999, S.438).

Lebewesen sind also aufgrund ihres Stoffwechsels darauf angewiesen, dass verschiedenste Stoffe wie Atemluft, Wasser, Nährstoffe, Vitamine, Spurenelemente etc. in gewissen Mengen und Konsistenzen innerhalb bestimmter Zeiträume zugeführt werden. Weiterhin geht die PSI-Theorie davon aus, dass der Körper Puffersysteme hat, d.h. wenn einer der physiologischen Werte dieses multistabilen Systems seinen Sollbereich verlässt, d.h. wenn ein *Bedarf* entsteht, findet zunächst eine physiologische Regulation statt (bspw. bildet man eine Gänsehaut, wenn die Körpertemperatur sinkt; im Körper eingelagerter Zucker wird freigesetzt, wenn der Blutzuckerspiegel sinkt etc.). Erst wenn diese

physiologischen Regulation nicht mehr ausreicht, d.h. die Ist-Sollwert-Abweichung (der Bedarf) nicht beseitigt werden kann, wird dem kognitiven System ein Handlungsbedarf in Form eines *Bedürfnisses* gemeldet.

Das ‚Melden‘ eines Bedürfnisses bedeutet bspw., dass wir uns dann hungrig oder durstig (und außerdem unlustig) fühlen und ein sogenanntes *Ziel* anstreben, d.h. eine Situation, in der wir Zugriff auf entsprechende bedürfnisbefriedigende Konsumgüter (Nahrungsmittel, Wasser) haben, auf die wir eine sogenannte *konsummatorische Endhandlung* (bspw. Essen oder Trinken) anwenden (und uns somit Lust verschaffen).

Die *Bedürfnisstärke* ergibt sich dabei aus drei Einflussgrößen. Zum einen hängt sie schlicht und einfach von dem Ausmaß des Bedarfs, also der Ist-Soll-Wert-Abweichung, ab. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass Bedürfnisse unterschiedlich *wichtig* sind, je nachdem wie schnell ihre Deprivation zum Tod führt. Zum Dritten wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass ein Bedürfnis umso stärker und damit drängender wird, je länger es anhält, d.h. je länger der Bedarf besteht.

Bedürfnisse, die intern verursacht werden, d.h. die durch im Körper stattfindende (physiologische) Stoffwechselprozesse entstehen wie bspw. Hunger und Durst, wachsen im Regelfall im Verlauf der Zeit an und werden durch das Einverleiben eines Konsumguts befriedigt. Sie werden durch das *Anstreben* einer entsprechenden externen Zielsituation zu befriedigen versucht (in der die konsummatorische Endhandlung auf ein Konsumgut angewendet werden kann) und werden daher als *appetitive* Bedürfnisse bezeichnet.

Im Gegensatz dazu werden Bedürfnisse, die extern verursacht werden, d.h. die aufgrund von Fremdeinflüssen entstehen und die dementsprechend zum Vermeiden solcher Situation führen wie bspw. Schmerzvermeidung, als *aversive* Bedürfnisse bezeichnet, d.h. hier geht es um die Unterlassung von den Körper schädigenden Verhaltensweisen wie bspw. das Essen von giftigen Pflanzen, den Aufenthalt in der Nähe gefährlicher Tiere (bspw. den in diesem Zusammenhang gern genannten Säbelzahn tiger) oder den Aufenthalt in abträglichen klimatischen Bedingungen (bspw. starke Kälte, Hitze, Sonneneinstrahlung, dünne Luft in großen Höhen, giftige Gase von Vulkanen etc.). Aversive Bedürfnisse steigen im Regelfall sprunghaft aufgrund eines externen Fremdeinflusses an und sinken im Verlauf der Zeit langsam wieder ab (Heilen); sie können gegebenenfalls auch durch Einverleiben eines Konsumguts (Medikament) gesenkt und evtl. gänzlich befriedigt werden.

Die mentale Repräsentation der anzustrebenden bzw. zu vermeidenden Situation (bspw. der Apfel oder die Giftpflanze vor dem Mund) und die mentale Repräsentation der unmittelbar vor einer Bedürfnisbefriedigung bzw. -entstehung durchgeführten Verhaltensweise (bspw. Pflücken und Essen) werden durch einen Lernprozess mit dem Bedürfnis appetitiv bzw. aversiv verknüpft. Die Verknüpfungsstärke ergibt sich dabei aus der beseitigten bzw.

erzeugten Bedürfnisstärke. Situationen, die mit Bedürfnissen aversiv bzw. appetitiv verknüpft sind, werden als *Ziele* bzw. als *Vermeidungsziele* bezeichnet. Genau genommen besteht diese Verknüpfung aber nicht nur zwischen Situation und Bedürfnis, sondern zwischen Situation, darin durchzuführender konsummatorischer bzw. schädigender Handlung und Bedürfnis, d.h. ein Ziel hat immer eine Situations- und eine Handlungs-Komponente, denn die Situation wird angestrebt, um die konsummatorische Handlung durchzuführen, bzw. es wird angestrebt, Situation und/oder Handlung zu vermeiden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in der PSI-Literatur im Regelfall immer nur von Ziel gesprochen wird und dass dies sich häufig nur auf die situative Komponente bezieht. Für den folgenden Text wird hiermit folgende Sprachregelung eingeführt: Im Zweifelsfall wird in *Zielsituation* und *Zielhandlung* differenziert und die Bezeichnung Ziel bezieht sich im Allgemeinen auf beides.

Der Komplex von Bedürfnis und assoziierten Zielen wird als *Motiv* bezeichnet. Da ein Konsumgut im Regelfall mehrere physiologisch bedingte Bedürfnisse befriedigt, ist üblicherweise nicht nur ein Bedürfnis mit mehreren Zielen, sondern auch ein Ziel mit mehreren Bedürfnissen, unter Umständen teils appetitiv, teils aversiv, verknüpft.

Die bislang behandelten physiologisch bedingten Bedürfnisse dienen der Ausrichtung des Handelns auf das unmittelbare Überleben des Individuums. Werden hier bestimmte Maximalgrenzen überschritten, d.h. ist die Deprivation zu groß, so tritt der Tod ein (das Ψ -Programm wird beendet).

Abschließend sei ergänzt, dass darüber hinaus aber auch von der Existenz eines evolutionär bedingten *sexuellen Bedürfnisses* ausgegangen wird, das dem Überleben der Art dient, dessen Deprivation aber nicht zum individuellen Tod führt; dieses wird jedoch in der theoretischen Konzeption nicht differenziert behandelt.

15.1.9.3. Die informationellen Bedürfnisse Affiliation, Bestimmtheit, Kontrolle und Kompetenz

Jenseits der existenziellen Bedürfnisse wird von sogenannten informationellen Bedürfnissen ausgegangen, deren Deprivation ebenfalls nicht (unmittelbar) zum Tod führt. Die Bedürfnisentstehung und -befriedigung der informationellen Bedürfnisse entstehen aus Auswertungsprozessen des kognitiven Systems: Dieses erzeugt entsprechende positiv und negativ wirkende Signale, die durch das entsprechende Bedürfnis aggregiert werden und somit eine Bilanz bilden. Wie bei dem Lust-Unlust-System beschrieben, haben die Signale umso weniger Einfluss auf die aktuelle Bilanz, d.h. auf die aktuelle Bedürfnisstärke, je länger der Zeitpunkt ihres Eintreffens zurückliegt. Außerdem wird davon ausgegangen, dass diese Bedürfnisse automatisch durch das Verstreichen von Zeit depriviert werden, sodass Lebewesen immer gedrängt

werden, sich so zu verhalten (oder ihre Auswertungsprozesse so zu adaptieren), dass das kognitive System positive Signale produziert. Damit haben informationelle Signale eine zeitlich begrenzte Wirksamkeit und die entsprechenden Bedürfnisse sorgen für eine permanente Aktualisierung des Gedächtnisses, indem sie entweder vorhandenes Wissen nutzen und dadurch bestätigen oder veränderte Umweltbedingungen wahrnehmen und das vorhandene Wissen dadurch anpassen.

Die PSI-Theorie geht von drei informationellen Bedürfnissen aus: Es sind das soziale Bedürfnis der Affiliation und die kognitiven Bedürfnisse Bestimmtheit und Kompetenz.

Das soziale Bedürfnis Affiliation

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass sich im Zuge der Entwicklungsgeschichte ein Bedürfnis entwickelt hat, das der sozialen Bindung dient.

Es wird argumentiert, dass soziale Bindung zum einen dadurch notwendig geworden ist, dass sich im Zuge der Evolution eine Entwicklungsrichtung etabliert hat, die zu Lebewesen führte, die mit immer weniger angeborenen Verhaltensweisen auf die Welt kamen und die sich an ihre Umwelt im Verlauf ihres Lebens durch Lernen adaptieren. Der evolutionäre Vorteil liegt in der daraus resultierenden höheren Verhaltensflexibilität, die es erlaubt, sich ontogenetisch, und damit schnell und flexibel, an verschiedene Umwelten anzupassen bzw. auf Veränderungen zu reagieren, ohne dass dafür eine phylogenetische Anpassung, d.h. eine lange dauernde Anpassung des Genoms, notwendig ist. Dies bedeutet aber auch, dass es für die Nachkommen solcher Lebewesen eine Aufzuchtphase geben muss, in der zumindest ein Elternteil zunächst für die Befriedigung der überlebensnotwendigen Bedürfnisse Sorge trägt und in der die Eltern den Kindern zumindest einen Teil des notwendigen Wissens vermitteln.

Zum anderen können Fertigkeiten, Fähigkeiten, Wissen etc. solcher Lebewesen (je nach natürlicher Anlage und Lernerfahrung) unterschiedlich verteilt sein, und davon einmal ganz abgesehen, ist die Bewältigung der Überlebensanforderungen durch Arbeitsteilung und Spezialisierung in einer Gruppe anscheinend effektiver. Auch daher ist es notwendig geworden, Bedürfnisse zu etablieren, die auf Einpassung in die Gruppe drängen.

Diese Überlegungen münden in der PSI-Theorie in das sogenannte Affiliationsbedürfnis, das als ein Bedürfnis nach sogenannten Legitimitätssignalen verstanden wird. (Die Bezeichnung "Legitimitätssignal" geht auf den amerikanischen Soziologen Boulding (Boulding, 1978 nach Dörner, 1999, S.327ff) zurück, der mit Legitimität ein Gefühl von ‚okayness‘ im Sinne einer Übereinstimmung mit den Normen einer sozialen Gruppe bezeichnet). Es wird davon ausgegangen, dass es sozio-kulturell festgelegte und vermittelte Verhaltensweisen gibt, die von den Gruppenmitgliedern als L- und Anti-L-

Signale interpretiert werden. Verhält sich ein Mitglied gruppennormkonform, so wird es von den Interaktionspartnern mit der Aussendung von L-Signalen (bspw. Anlächeln) belohnt, die das Affiliationsbedürfnis befriedigen; verhält sich ein Mitglied nicht gruppennormkonform, so sanktionieren Interaktionspartner es mit der Aussendung von Anti-L-Signalen (bspw. die Stirn runzeln, nicht teilhaben lassen etc.), die das Affiliationsbedürfnis wecken.

Insbesondere geht die PSI-Theorie jedoch davon aus, dass benötigte und angeforderte helfende und unterstützende Verhaltensweisen mit L-Signalen belohnt werden. Demzufolge wird davon ausgegangen, dass es *Supplikationssignale* gibt, die Hilfsbedürftigkeit und damit die Möglichkeit des Erlangens von L-Signalen als Belohnung für unterstützende und helfende Verhaltensweisen signalisieren.

Da zudem davon ausgegangen wird, dass das Affiliationsbedürfnis schlicht und einfach durch das Verstreichen von Zeit ansteigt, entsteht permanent ein Bedürfnis nach L-Signalen, das immer wieder durch entsprechend gruppennormkonforme und/oder helfende Verhaltensweisen befriedigt werden muss, d.h. Ψ muss sich immer wieder bestätigen lassen, dass es ‚akzeptiert‘ und/oder ‚geliebt‘ wird. Zugespitzt kann man formulieren, dass die Evolution es so eingerichtet hat, dass die Ψ s sich aus purem Egoismus altruistisch verhalten.

Die kognitiven Bedürfnisse Bestimmtheit, Kontrolle und Kompetenz

Während die Motivationspsychologie davon ausgeht, dass Lebewesen wie der Mensch einen mittleren Informationsfluss anstreben, geht die PSI-Theorie davon aus, dass sie die Extrema – sehr wenig bzw. sehr viel Information – zu vermeiden suchen: Auf der einen Seite ist der Aufenthalt in einer vertrauten Umgebung zwar angenehm, kann aber zu monoton werden; auf der anderen Seite sind das Befriedigen von Neugier und der Wissenserwerb durch Erforschung des Unbekannten incl. der eigenen Fähigkeiten zwar angenehm, können aber zu aufregend werden. Dies macht aus einer evolutionsbiologischen Sichtweise Sinn, denn es ist offensichtlich ein Überlebensvorteil, Bedürfnisse zu haben, die auf die Erkundung der Umwelt (Wissen über die Umwelt) und die Erprobung und den Erwerb von eigenen Fähigkeiten (Wissen über die eigenen Möglichkeiten) zielen. Auf der anderen Seite sollte ein allzu ‚forschendes‘ Neugierverhalten gehemmt werden, da dies auch immer Gefahren mit sich bringt.

Diesen Überlegungen folgend, konzipiert die PSI-Theorie das angesprochene Streben nach Wissen auf Basis von zwei gegenläufigen Komponenten, deren Wechselspiel im Resultat zu einem mittleren Informationsstrom führt, da die jeweils entgegengesetzte Komponente ein zu extremes Verhalten in eine der beiden Richtungen verhindert:

Die erste Komponente wird als ein Bedürfnis nach Bestimmtheit (appetitiv) bzw. als ein Bedürfnis nach Vermeidung von Unbestimmtheit (aversiv) interpretiert. Hier geht es um die ‚passive Kontrolle der Umwelt‘ im Sinne eines Wissens über die Umwelt und deren Bedeutung für die eigenen Bedürfnisse. Es zielt sowohl auf Vertrautheit (Anstreben von Bestimmtheit, Bestätigung des eigenen Wissens über die Umwelt) als auch auf ein Bescheidwissen (Beseitigung von eingetretener Unbestimmtheit, *reaktiver* Neuerwerb von Wissen) und führt somit zum einen zum Aufenthalt in bekannten Umgebungen und zur Beibehaltung von konservativen, bewährten Verhaltensweisen; es bewirkt zum anderen die Erklärbarkeit und die Vorhersagbarkeit der Umwelt, d.h. die Vervollständigung der Wertwelt und der Geschehnisschemata. Dieses Bedürfnis wird ausgelöst durch Objekte, Situationen, Geschehnisse etc., die in irgendeiner Art und Weise neuartig sind, und ist reaktiv auf diese gerichtet; es zeigen sich zuwendende, aufklärende Verhaltensweisen wie perzeptive Zuwendung, Lokomotion, Manipulation und – ausschließlich beim Menschen – Fragen und Konsultieren, die als *spezifische Exploration* bezeichnet werden und die das Bedürfnis befriedigen.

Die zweite Komponente wird als ein Bedürfnis nach Neuartigem (appetitiv) bzw. als ein Bedürfnis nach Vermeidung von Monotonie (aversiv) interpretiert. Es wird ausgelöst durch reizarme, monotone Umgebungen und führt zum ungezielten Aufsuchen neuartiger Objekte, Situationen, Sachverhalte etc. Dies wird als *diversive Exploration* bezeichnet. Sie sorgt dafür, dass eine *aktive* Erweiterung des Wissens stattfindet. Diese Komponente wird aber auch als ein Bedürfnis nach Kontrolle bzw. nach Kompetenz im Sinne eines Fähigkeiten-erwerbs interpretiert, da die entsprechenden Verhaltensweisen auch ein Ausprobieren eigener Verhaltensweisen beinhalten; dies führt zu einer ‚aktiven Kontrolle der Umwelt‘ im Sinne eines Wissens über die eigenen Einflussmöglichkeiten und bewirkt damit eine Vervollständigung der Wirkwelt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass hiermit ein Bedürfnis nach Effizienz verschmolzen ist, d.h. ein Bedürfnis nach Wirksamkeit der eigenen Handlungen (was für die Bezeichnung Kontrolle spricht). Dementsprechend wirken sogenannte Effizienzsignale ebenfalls befriedigend hinsichtlich dieser Bedürfniskomponente: Ein mehr oder minder starkes Effizienzsignal wird dann erzeugt, wenn eine eigene Verhaltensweise eine mehr oder minder große Situationsveränderung bewirkt; das heißt dieser Aspekt drängt auf ein Machen um des Machens willen hin, und zwar ‚egal was – Hauptsache wirksam‘.

Kontrovers diskutiert wird, ob diese beiden Komponenten in einem bipolaren Bedürfnis verschmolzen sind oder ob es sich um zwei gegeneinander arbeitende polare Bedürfnisse Bestimmtheit und Wissenserwerb-Kontrolle-Wirksamkeit handelt. Außerdem wird kontrovers diskutiert, inwiefern diese zweite Komponente mit dem im Folgenden beschriebenen Kompetenzbedürfnis verschmolzen ist:

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass es beim Streben nach Wissen sinnvoll ist, sich an den eigenen Fähigkeiten, d.h. an der eigenen *Kompetenz*, zu orientieren, denn je fähiger man ist, desto eher kann man sich zutrauen, mit neuen Situationen erfolgreich umzugehen, sprich evtl. auftretende Gefahren zu bewältigen. D.h. für Ψ s Verhalten spielt es nicht nur eine Rolle, wie ‚wissend‘ es sich fühlt (Ausmaß an Bestimmtheit und Wissenserwerb-Kontrolle-Wirksamkeit), sondern auch, wie ‚fähig‘ es sich fühlt, d.h. wie gut es bislang in der Lage war, die eigenen Bedürfnisse zu befriedigen. Dies wird durch das Ausmaß an *allgemeiner Kompetenz* repräsentiert, die nichts anderes als die zuvor beschriebene Lust-Unlust-Bilanz ist (Kap. 15.1.9.1.). Diese ist ein Maß für Ψ s Fähigkeit, sein Wohlbefinden zu gewährleisten, sprich ein Maß für die Güte seiner Adaption an die Umwelt und somit für Ψ s Überlebensfähigkeit, die das schlussendliche Optimierungskriterium darstellt. Die Kompetenz macht Ψ – je nach Verfallsrate älterer Signale – mehr oder minder konservativ: So, wie es bislang gelaufen ist, so wird es wohl weitergehen.

15.2. Zusammenspiel der Prozesse, Modulation und Emotion

Die PSI-Theorie geht nicht von einer zentralen Exekutive aus, sondern von einer Menge von parallel verlaufenden, informationsverarbeitenden Prozessen, die sich gegenseitig anstoßen und über aufgebaute Gedächtnisinhalte koordinieren (Dörner, 2002, S.177ff; siehe Abb. 28). Bei den Gedächtnisinhalten wird dabei zwischen dem permanenten Gedächtnis und einer Art ‚Arbeitsgedächtnis‘ unterschieden, dessen Inhalte temporär sind. Das Arbeitsgedächtnis verweist u.a. auf solche Inhalte des permanenten Gedächtnisses, die für das momentane Verhalten von Bedeutung sind. Weiterhin reguliert sich das kognitive System selbst, indem es seinen ‚Workload-Zustand‘ widerspiegelnde Steuergrößen bildet; diese haben über Modulationsparameter (rückkoppelnd) einen wesentlichen Einfluss auf die Arbeitsweise der ablaufenden Prozesse. Dadurch wird Ψ s ‚Arbeitsmodus‘ an die ‚Verarbeitungsanforderungen‘ und die ‚Bewältigungsfähigkeiten‘ adaptiert.

Im Weiteren erfolgt zunächst die Einbettung der bereits geschilderten Grundlagen in das Gesamtbild, um anschließend Neues, insbesondere das noch nicht beschriebene zentrale Konzept der Absicht, einzuführen und abschließend auf die Verhaltensmodulation einzugehen:

Es wurde bereits geschildert, dass permanent eine Protokollierung (vgl. Kap. 15.1.5.) der gegebenen Situation und des eigenen Verhaltens erfolgt. Das Protokoll besteht aus einer Kette von Verweisen auf Wahrnehmung der gegebenen Situation (*Situationsbild*, s.u.) und auf die durchgeführten Verhaltensprogramme. Dieses Protokoll ist für den Prozess des Lernens (vgl. Kap. 15.1.6.) wichtig: Wenn ein Bedürfnis befriedigt wird oder entsteht, so wird ein Lust- bzw. Unlustsignal erzeugt. Dieses bewirkt zum einen eine rückwirkende Verstärkung des Protokolls und der unmittelbar vorher erkannten Situationen und ausgeführten Verhaltensprogramme und veranlasst

zum anderen die appetitive bzw. aversive Verknüpfung der Situation und des darin durchgeführten Verhaltensprogramms mit dem Bedürfnis. Durch die Verstärkung werden die bedürfnisrelevanten Teile des Protokolls und damit die Erinnerung an die eigenen bedürfnisrelevanten Erfahrungen resistenter gegen das Vergessen. (Unverstärkte Protokollteile zerfallen mit der Zeit.) Durch die appetitive Verknüpfung weiß Ψ in Zukunft, welche Situation es anzustreben gilt, wenn das Bedürfnis wieder auftreten sollte und was in dieser Situation zu tun ist; durch die aversive Verknüpfung weiß Ψ , was in Zukunft besser zu vermeiden bzw. zu unterlassen ist.

Der Prozess der Wahrnehmung (Details siehe Kap. 15.3.) identifiziert unter Benutzung der Sinnesorgane und unter Rückgriff auf Gedächtnisinhalte die Situation, in der Ψ sich befindet (Wahrnehmung der gegebenen Situation), d.h. es wird eine mentale Repräsentation der Umgebung, das sogenannte *Situationsbild*, aufgebaut. Somit ist Ψ räumlich orientiert.

Die zeitliche Orientierung erfolgt durch den Prozess des Vorausblickens (Details siehe Kap. 15.3.), der das Protokollgedächtnis zu den übrigen Gedächtnisinhalten in Bezug setzt, um ablaufende Geschehnisse zu identifizieren; deren mentale Repräsentation in Form von Geschehnisschemata bildet den sogenannten *Erwartungshorizont*, der die von Ψ erwartete Zukunft darstellt. Der Erwartungshorizont hat eine *hedonische Tönung*, die je nach Art der erwarteten Ereignisse lust- oder unlustvoll sein kann und im Falle von antizipierten aversiven Ereignissen zur Bildung einer Vermeidungsabsicht (s.u.) führen kann, die auf die Verhinderung des erwarteten aversiven Ereignisses abzielt.

Beide Prozesse (zeitliche Orientierung und Wahrnehmung der Umgebung) stellen das sogenannte Sicherungsverhalten (Details siehe Kap. 15.3.) dar, welches in Abhängigkeit von der Modulationsvariable *Sicherungsschwelle* in mehr oder weniger regelmäßigen Zeitabständen ausgelöst wird: Ab und an unterbricht Ψ sein ‚eigentliches‘ Handeln und setzt sich über eingetretene Umweltveränderungen ins Bild, damit es zum einen keine auftauchenden Gefahren übersieht und zum anderen sich bietende Gelegenheiten wahrnimmt und gegebenenfalls ergreift.

Den größten Teil der Zeit ist Ψ allerdings nicht mit Sicherungsverhalten, sondern mit zielgerichtetem Handeln beschäftigt. Dabei basiert die gesamte Handlungsregulation im Prinzip auf dem Konzept der *Absicht*:

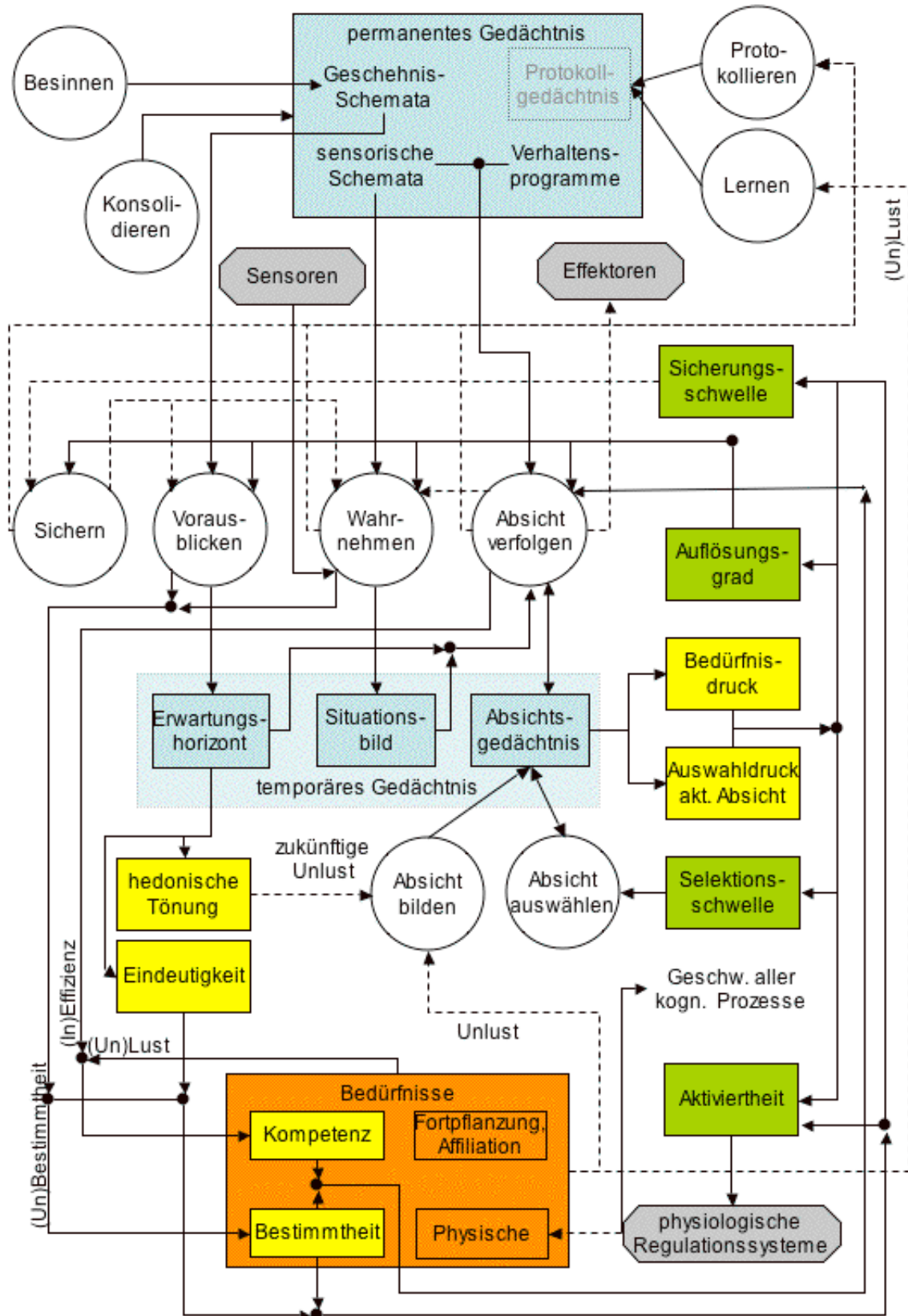


Abb. 28: Überblick über Ψ

Quelle: eigene Darstellung

Legende: farblich nicht hinterlegt: ablaufende Prozesse; hellblau hinterlegt: Gedächtnis; orange hinterlegt: Bedürfnisse; gelb hinterlegt: Steuergrößen; grün hinterlegt: Modulationsparameter; grau hinterlegt: Körper.

Zunächst einmal gibt es den Prozess der Absichtsbildung (Details siehe Kap. 15.4.). Dieser wird durch das Entstehen eines (gegebenenfalls nur antizipierten) Bedürfnisses angestoßen und baut eine temporäre Gedächtnisstruktur, die *Absicht*, im *Absichtsgedächtnis* auf. Die Absicht verknüpft diejenigen Gedächtnisinhalte, die bei der Befriedigung des zugrunde liegenden Bedürfnisses von Nutzen sind. Jede Absicht hat eine nach dem Erwartungs*Wert-Prinzip gebildete Absichtsstärke, die auch als Selektions- oder *Auswahldruck* bezeichnet wird. Der Auswahldruck aller Absichten (Summe) stellt die Steuergröße *Bedürfnisdruck* dar, die ein Maß für den Aufgabenumfang und dadurch für den ‚motivationalen Dampf‘ ist, unter dem das kognitive System steht.

Der Prozess der Absichtsauswahl (Details siehe Kap. 15.4.) wählt die Absicht mit dem höchsten Auswahldruck im Absichtsgedächtnis aus und macht sie damit handlungsleitend. Die handlungsleitende Absicht wird durch die Modulationsvariable *Selektionsschwelle* vor der Ablösung durch eine andere Absicht geschützt, indem die Selektionsschwelle dem Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht als ‚Bonus‘ zugeschlagen wird. So schützt die Selektionsschwelle – dem Prinzip der lateralen Inhibition folgend – die handlungsleitende Absicht, indem sie ein unerwünschtes, weil ineffektives, Verhaltensflimmern im Falle des Vorhandenseins mehrerer Absichten mit einem ähnlich starken Auswahldruck unterbindet.

Die handlungsleitende Absicht wird dann von dem Prozess der Absichtsverfolgung (Details siehe Kap. 15.5.) bearbeitet, d.h. es wird eine Vorgehensweise zur Befriedigung des Bedürfnisses ermittelt und deren Durchführung (durch den bereits erwähnten AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM-Prozess) veranlasst und überwacht. Bei der Ermittlung einer zielführenden Handlungssequenz, welche die Ist-Situation in die Ziel-Situation überführt (in der das zugrunde liegende Bedürfnis befriedigt werden kann), werden drei Ebenen der Handlungsregulation durchlaufen, die einen zunehmenden kognitiven Aufwand – sowohl hinsichtlich der Ermittlung als auch der Durchführung einer zielführenden Handlungssequenz – erfordern:

- (1) Zunächst wird versucht, diese Handlungssequenz zu erinnern, sprich ausschließlich auf vorhandene Verhaltensprogramme zurückzugreifen und idealerweise einen Automatismus (das ist eine hoch geübte Handlungssequenz) zu nutzen.
- (2) Ist das nicht erfolgreich, versucht Ψ auf Basis der Zergliederung und/oder Neukombination vorhandener Verhaltensprogramme, eine zielführende Handlungssequenz zu konstruieren.
- (3) Ist auch das nicht erfolgreich, setzt ein Versuchs-und-Irrtums-Verhalten ein.

Im Zuge der Absichtsverfolgung (Durchführung der erinnerten bzw. konstruierten Handlungssequenz bzw. Versuchs-und-Irrtums-Verhalten) wird ebenfalls die Wahrnehmung durch den Prozess der Absichtsverfolgung angestoßen, denn für diese ist es permanent notwendig, den Teil des

Situationsbildes zu aktualisieren, der von der Fortschrittskontrolle der Absichtsverfolgung überprüft wird.

Die PSI-Theorie nimmt zudem einen Prozess der Besinnung an, der die Geschehnisschemata bildet. Außerdem wird implizit die Existenz von Generalisierungs- und Spezialisierungsprozessen unterstellt, die der Konsolidierung (vgl. Kap. 15.1.5.) des permanenten Gedächtnisses dienen, indem sie Schemata abstrahierend zusammenfassen bzw. in spezifische Varianten zerlegen.

Die Adaption des kognitiven Systems an verschiedene ‚Verarbeitungsanforderungen‘ und ‚Bewältigungsfähigkeiten‘ geschieht über die Steuergrößen und die Modulationsvariablen, die den ‚Arbeitsmodus‘ des Systems einstellen:

Während die Genauigkeit bzw. Gründlichkeit insbesondere der Absichtsverfolgung sowie aller anderen ablaufenden Prozesse durch die Modulationsvariable *Auflösungsgrad* eingestellt wird, regulieren die als Steuergrößen fungierenden kognitiven Bedürfnisse *Bestimmtheit* und *Kompetenz* insbesondere die Vorgehensweise bei der Absichtsverfolgung hinsichtlich der anderen Bedürfnisse. Denn je nachdem, wie wissend (Stärke des informationellen Bedürfnisses *Bestimmtheit*) und wie fähig (Stärke des informationellen Bedürfnisses *Kompetenz*) Ψ ist, wird es eher ‚vorsichtig‘ oder ‚forsch‘ agieren, sprich Verhaltensweisen bevorzugen, die einen mehr oder minder großen Bestimmtheits- und/oder Kompetenzzuwachs versprechen bzw. die mit einem mehr oder minder großen Risiko des Bestimmtheits- und/oder Kompetenzverlusts einhergehen.

Sowohl der *Bedürfnisdruck* im Allgemeinen als auch der *Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht* im Besondern bewirken eine Erhöhung der körperlichen *Aktiviertheit* (Leistungsfähigkeit, Handlungsbereitschaft) und beschleunigen somit die Verarbeitungsgeschwindigkeit aller kognitiven und physiologischen Prozesse; sie wirken senkend auf den *Auflösungsgrad* und wirken bis zu einem gewissen Grad erhöhend auf die *Selektions-* und die *Sicherungsschwelle*. Dadurch erfolgt eine zunehmende *Konzentration* des kognitiven Systems auf die Abarbeitung der handlungsleitenden Absicht. Denn durch diese Einflüsse wird die handlungsleitende Absicht

- schneller (hohe Aktiviertheit -> schnelle Verarbeitung, niedriger Auflösungsgrad),
 - unterbrechungsfreier (hohe Sicherungs- und Selektionsschwelle) und
 - ungenauer (niedriger Auflösungsgrad) bearbeitet;
- dadurch können insgesamt gesehen mehr Absichten abgearbeitet werden.

Während sowohl der Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht als auch der allgemeine Bedürfnisdruck erhöhend auf die *Sicherungsschwelle* auf die *Aktiviertheit* wirken, wirken sowohl eine gegebene Unbestimmtheit aufgrund vergangener Ereignisse als auch eine ungewisse Zukunft (nicht prägnanter also unbestimmter Erwartungshorizont) senkend auf die *Sicherungsschwelle* und

erhöhend auf die *Aktiviertheit*, denn sinnvollerweise sollten die beiden letztgenannten Punkte zur einer intensivierten Orientierung zwecks Klärung (Unbestimmtheitsbeseitigung) und zu einer Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Handlungsbereitschaft (größere Schnelligkeit) zwecks Umgang mit evtl. eintretendem Ungemach führen.

Abschließend bleibt nun die Frage zu beantworten, wo die Erklärung von Emotionen bleibt bzw. was das alles mit Emotionen zu tun hat. Die PSI-Theorie verneint die Existenz eines emotionalen Systems, sondern sie vertritt dagegen eine ‚Laokoontheorie‘ der Emotion, d.h. sie geht davon aus, dass „Die Gefühle ... die spezifische Form der psychischen Prozesse [sind]“ (Dörner, 1999, S.565). Gefühle sind demnach identisch mit dem Arbeitsmodus des kognitiven Systems und damit mit der Konstellation bzw. dem Profil der Steuerungsgrößen und Modulationsparameter; sie durchziehen die Gesamtheit des kognitiven Systems, da die Konfiguration der Steuerungsgrößen und Modulationsparameter jeden ablaufenden Prozess beeinflusst. Sie sind der PSI-Theorie zu Folge die Adaption des kognitiven Systems an verschiedene Verarbeitungsanforderungen und Bewältigungsfähigkeiten und sind daher nicht evolutionäre Überbleibsel (bspw. einer frühen Form des (Un)lust- oder Motivationssystems), sondern in Koevolution mit der Entwicklung des Intellekts entstanden.

Zusammenfassend sei noch einmal daran erinnert, dass die PSI-Theorie auf der basalen Ebene von einem sequentiell-hierarchisch strukturierten neuronalen Netzwerk und sich darauf ausbreitenden Aktivierungen ausgeht. Diese Aktivierungen können durch Sinneseindrücke (vgl. 15.1.4.), durch Bedürfnisse (vgl. Kap. 15.1.6.) oder durch auf dem neuronalen Netzwerk arbeitende Prozesse (HYPERCEPT bzw. AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM, 15.1.4.; Gedächtnis-Suchprozesse, vgl. Kap. 15.5.) ausgelöst werden. Diese Aktivierungen breiten sie umso besser aus, je stärker eine Verbindung geknüpft ist (vgl. Kap. 15.1.4. und 15.5.).

15.3. Wahrnehmen, Vorausblicken und Sichern

Im Rahmen der grundlegenden Annahmen wurde bereits erläutert, wie Objekte und Situationen durch sensorische Schemata mental repräsentiert werden, wie der HYPERCEPT-Prozess prinzipiell arbeitet und wie letzterer ein Objekt und/oder eine Situation auf Basis eines vorliegenden sensorischen Schemas identifiziert.

Nichtdestotrotz bleibt zum einen zu erklären, unter welchen Umständen etwas als etwas identifiziert wird, denn im Regelfall sind niemals zwei Dinge exakt gleich, man wird häufig das Objekt nicht vollständig sehen können, man wird es im Regelfall aus verschiedenen Perspektiven oder in verschiedenen Stadien sehen etc. (Ähnliches gilt für Geschehnisschemata, auf die in der PSI-Theorie jedoch nicht detailliert eingegangen wird.) Zum anderen ist die Ausrichtung der

Wahrnehmung zu erklären, denn wie bereits angedeutet, werden Wahrnehmungsprozesse sowohl von dem Sicherungsverhalten als auch von dem Prozess der Absichtsverfolgung angestoßen und auf entsprechende Teilausschnitte der Umwelt ausgerichtet.

Eingangs sei an dieser Stelle angemerkt, dass sich der Anschaulichkeit halber die Beispielauswahl und auch die Wortwahl im Regelfall am Sehen orientieren: So ist bspw. vom Situationsbild die Rede, obwohl dieses vom Konzept her alle Sinneseindrücke integriert und nicht auf das Sehen beschränkt ist.

15.3.1. Die Identifikation von Objekten und Situationen

Zunächst einmal ist daran zu erinnern, dass Schemata abstrakt sein können: Zum einen können sie verzweigen und durch Verzweigungen auf unterschiedliche sensorische Schemata eine *Elementabstraktheit* darstellen (bspw. kann das Auge des Mondgesichts ein Punkt oder ein Stern sein) bzw. durch Verzweigungen auf unterschiedliche motorische Schemata eine *Strukturabstraktheit* darstellen (bspw. kann das Auge zwei oder drei Einheiten weiter rechts liegen). Zum anderen kann ein sogenannter Kopfknoten auf verschiedene Substrukturen verweisen und so bspw. verschiedene Zustände oder Perspektiven bündeln (junger, alter, sitzender, laufender etc. Hund), die sensorischen Schemata verschiedene Sinneskanäle zusammenfassen (das Bild des Hundes, das Geräusch des Bellens, der Fellgeruch etc.) oder sogar verschiedene spezifische Unterkategorien zu einer Oberkategorie zusammenfassen (bspw. sind Dackel, Möpfe und Dalmatiner Hunde); dies wird als *Symbolabstraktheit* bezeichnet.

Außerdem wird beim Wahrnehmen der HYPERCEPT-Prozess durch den Auflösungsgrad moduliert, d.h. HYPERCEPT kann gröber oder feiner arbeiten, indem zum einen nur Verknüpfungen oberhalb einer bestimmten Mindeststärke berücksichtigt werden und indem zum anderen nur ein Teil der Hypothesen überprüft wird, sprich HYPERCEPT überprüft nicht jeden Verweis auf eine Substruktur, sondern bspw. nur jeden zweiten oder dritten. Zudem wird durch den Auflösungsgrad festgelegt, wie viel ‚Verstöße‘ toleriert werden, d.h. wie viel Prozent der überprüften Einzel-Hypothesen nicht zuzutreffen brauchen, um nichtdestotrotz die Eingangshypothese als zutreffend zu klassifizieren (bspw. könnte ja das Erkennen von nur einem Punkt und dem Komma und dem Strich an den entsprechenden Stellen als ausreichend für eine Klassifikation als Mondgesicht angesehen werden). Außerdem wird angenommen, dass HYPERCEPT mit Setzungen arbeitet, wenn die sogenannten Raumzeichen dafür sprechen, dass ein Teil eines Objektes durch ein anderes Objekt verdeckt wird.

Kommt es allerdings zu zu vielen Verstößen, dann wird das betrachtete Objekt als ‚unbekannt‘ angesehen und es wird durch den Abtastungsprozess ein neues sensorisches Schema angelegt. Wie bereits eingangs beschrieben, werden diese

sensorischen Schemata Konsolidierungsprozessen unterworfen (Kap. 15.1.5.), welche zur Verbesserung der Kategorisierungsleistung führen.

Wichtig für das kognitive System ist, dass der Wahrnehmungsprozess Bestimmtheits- bzw. Unbestimmtheits-signale erzeugt, d.h. Signale, die auf das informationelle Bedürfnis Bestimmtheit wirken und dieses senken bzw. steigern: Je nachdem, wie hoch der Anteil der Verstöße ist (Abweichung wahrgenommenes Objekt vom Schema), mit wie viel Setzungen gearbeitet wird (Anteil der Verdeckung) und wie viele Objekte als neu oder bekannt klassifiziert werden, ‚fühlt‘ Ψ sich wissender bzw. unwissender. (In diesem Sinne ist die Bestimmtheit ein Maß für die ‚Güte‘ der Kategorisierungsleistung und damit der Gedächtniskonsolidierung; außerdem ist somit auch eine innere Belohnung für erfolgreiche Konsolidierungsprozesse gegeben.)

Weiterhin wird angenommen, dass der Wahrnehmungsprozess zudem Effizienz- bzw. Ineffizienzsignale erzeugt, d.h. Signale, die auf das informationelle Bedürfnis Wissenserwerb-Kontrolle-Wirksamkeit wirken und dieses steigern bzw. senken: Je größere Veränderungen der Situation eigene Handlungen bewirken (und je effektiver Ψ seine Bedürfnisse befriedigen kann), desto ‚fähiger‘ fühlt Ψ sich und ‚traut sich‘ dementsprechend mehr.

15.3.2. Die Ausrichtung der Wahrnehmung

Wie bereits erwähnt (Kap. 15.2.), erhält Ψ seine räumliche Orientierung durch das Situationsbild und seine zeitliche Orientierung durch den Erwartungshorizont, die durch die Prozesse des Wahrnehmens bzw. des Vorausblickens gebildet werden. Beide Prozesse sind Teil des sogenannten *Sicherungsverhaltens*, welches in mehr oder minder regelmäßigen Abständen veranlasst wird. Dieses Sicherungsverhalten unterbricht die Verfolgung der handlungsleitenden Absicht und dient der Anpassung des eigenen Verhaltens an Umweltveränderungen (sowohl positive als auch negative), die sich gegebenenfalls seit dem letzten Sicherungsverhalten ergeben haben. (Bspw. könnte man dabei feststellen, dass sich gerade ein Säbelzahniger anschleicht, dass ein Gewitter aufzieht oder dass einem gerade ein Hundert-Euro-Schein vor die Füße geflattert ist.) Diese veränderten Umweltbedingungen führen gegebenenfalls zu einer Veränderung des Absichtsgedächtnisses (eine neue Absicht kommt hinzu, die Erfolgswahrscheinlichkeit einer vorhandenen Absicht ändert sich, der Handlungsplan der handlungsleitenden Absicht wird modifiziert etc.) und können so anschließend dazu führen, dass eine andere Absicht handlungsleitend wird.

Die *Sicherungsrate*, d.h. die Häufigkeit des Sicherungsverhaltens pro Zeiteinheit, wird von der *Sicherungsschwelle* bestimmt und hängt somit von den Parametern aktuelle Bestimmtheit, Eindeutigkeit der Zukunft, Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht und Bedürfnisdruck ab, denn: Je vertrauter und/oder voraussagbarer die Umwelt ist (hohe Bestimmtheit), je wichtiger,

erfolgsverheißender und dringlicher die handlungsleitende Absicht ist (hoher Auswahldruck) und je mehr man (innerhalb eines gewissen Rahmens²⁹) zu erledigen hat, desto höher liegt die sogenannte *Sicherungsschwelle*: Man ist *konzentrierter*, d.h. je höher diese Schwelle ist, um so weniger mag man die Verfolgung der handlungsleitenden Absicht unterbrechen und um so weniger kümmert einen das, was sonst noch so läuft.

Das Sicherungsverhalten dient einer umfassenden Orientierung in Raum und Zeit, indem es die Prozesse des Wahrnehmens und Vorausblickens umfassend auf die einsehbare Umgebung bzw. auf zurückliegende Protokolleinträge ausrichtet, während im Rahmen der Verfolgung der handlungsleitenden Absicht, genauer gesagt durch den Prozess AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM, lediglich das unmittelbare Blickfeld und dessen unmittelbare Veränderungen überprüft werden, d.h. es wird kontrolliert, ob jeweils das erwartete Ergebnis (der Zwischenschritt) eines Verhaltensprogramms im Sinne einer Situationsveränderung zum erwarteten Zeitpunkt eintritt. Hierfür wird im Regelfall nicht das gesamte Blickfeld abgetastet, sondern lediglich als relevant erachtete Blickpunkte werden überprüft. (Relevant kann bedeuten, dass es sich um die markanten Punkte eines sensorischen Schemas handelt, dessen Eintritt erwartet wird, dass eine Veränderung seit der letzten Abtastung stattgefunden hat oder dass diese Blickpunkte zu einem bedürfnisrelevanten Objekt gehören, welches für eine Absicht von Bedeutung ist.)

15.3.3. Vorausblicken und Erwartungshorizont

So wie bislang beschrieben, ist Ψ – wie Tiere und kleine Kinder – in den Worten der Motivationspsychologie ein ‚Spielball des Gestern‘, welcher von aktuell vorherrschenden Bedürfnissen und vergangenen Erfahrungen hinsichtlich deren Befriedigung getrieben wird (Push-Motivation): Vorherrschend, d.h. die Handlungsleitung übernehmend, ist dasjenige Bedürfnis, welches nach dem Erwartungs*Wert-Prinzip den höchsten Selektionsdruck entfaltet.

Die PSI-Theorie beschreibt jedoch den Menschen nicht nur als ‚Spielball des Gestern‘, sondern in ihrer theoretischen Konzeption durchaus auch den – erwachsenen – Menschen als einen in den Worten der Motivationspsychologie ‚aktiven Konstrukteur des Morgen‘, d.h. Menschen sind in der Lage, zukünftige Entwicklungen vorauszusehen und ihr Verhalten darauf abzustellen. Hierfür gibt es ein grundlegendes, im Folgenden beschriebenes Konzept, das im Rahmen der konzeptionellen Weiterentwicklung zu differenzieren sein wird:

Es wird davon ausgegangen, dass der Mensch nicht nur sensorische und motorische, sondern auch Geschehnisschemata bildet, die vom Prozess des

²⁹Hat man sehr viele Absichten, macht es jedoch Sinn, die Sicherungsschwelle wieder zu senken, da es dann sehr wichtig wird, Gelegenheiten wahrzunehmen; d.h. der Zusammenhang ist vermutlich U-förmig und nicht einfach linear.

Vorausblickens mit jüngeren Einträgen im Protokollgedächtnis verglichen werden (bspw. durch einen Prozess, der ähnlich wie HYPERCEPT arbeitet). Die Menge der als ablaufend identifizierten Geschehnisschemata und das ablaufende Verhaltensprogramm bilden gemeinsam den sogenannten Erwartungshorizont. Dieser stellt somit die Antizipation zukünftiger Entwicklungen dar. Da sich Schemata verzweigen können und da diese Verzweigungen aufgrund der (vergangenen) Nutzungshäufigkeiten unterschiedliche Stärken haben (die als künftige Eintrittswahrscheinlichkeiten interpretiert werden), ergibt sich so ein mehr oder weniger eindeutiges Bild zukünftiger Entwicklungspfade.

Enthält ein halbwegs wahrscheinlicher Pfad ein aversives Ereignis, d.h. wird die zukünftige Entstehung eines Bedürfnisses vorausgehen (bspw. mit einem anderen Fahrzeug zu kollidieren oder nicht mehr im Supermarkt einkaufen zu können), führt dies zur Bildung einer sogenannten Vermeidungsabsicht, deren motivationaler Kern ebenfalls das entsprechende Bedürfnis ist; dessen Bedürfnisstärke speist sich jedoch ‚imaginativ‘ aus dem Erwartungshorizont, und das Ziel der Absicht ist die Lenkung der Ereignisse in Bahnen, die das aversive Ereignis ausschließen. Dies geschieht entweder durch eine eigens zu diesem Zweck initiierte Handlung (bspw. dem Fahrzeug ausweichen oder in der Tankstelle einkaufen) oder durch Modifikation eines bereits bestehenden Handlungsplans (z.B. schneller fahren oder einen anderen Weg wählen).

15.4. Absichtsbildung und -auswahl

Wenn ein Bedürfnis aktiviert wird, so stößt dies den Prozess der Absichtsbildung an. Eine Absicht wird als eine temporäre (passagere) Gedächtnisstruktur verstanden, die all die Gedächtnisinhalte verknüpft, die für die Erledigung der Absicht, d.h. die Befriedigung des zugrunde liegenden Bedürfnisses, relevant sind.

Zu den verknüpften Gedächtnisinhalten, deren Funktion im folgenden Text erläutert wird, gehören:

- 1) als Kern der Absicht das Bedürfnis selbst mit seiner Bedürfnisstärke und seiner *spezifischen* und *epistemischen* Kompetenz,
- 2) die Ausgangssituation (der Ist-Zustand) und die anzustrebenden Ziele (der Soll-Zustand),
- 3) eine zeitlich zu verstehende Dringlichkeit, die aus einem Zeitbedarf für die Erledigung der Absicht, möglichen oder notwendigen Erledigungszeitpunkten oder -fenster und ähnlichen Informationen zu ermitteln ist,
- 4) ein für die Erledigung der Absicht ermittelter Plan (wie kommt man vom Ist- zum Soll-Zustand) incl. dessen Realisierungschancen und/oder -stand (denn eine Absicht kann unterbrochen werden, vgl. Sicherungsverhalten),
- 5) die aktual- und phylogenetische Geschichte der Absicht und
- 6) die Instrumentalität der Absicht.

Alle Absichten gemeinsam bilden das Absichtsgedächtnis und ‚ringen‘ um die Handlungsleitung. Dafür wird jeder Absicht ein Auswahldruck (oder Selektionsdruck) zugeschrieben, der nach dem Erwartungs*Wert-Prinzip gebildet wird.

Der Wert entspricht dabei der Bedürfnisstärke, welche sich, wie bereits beschrieben (Kap. 15.1.9.2.), zum Ersten aus der Wichtigkeit des Bedürfnisses, zum Zweiten aus dem Ausmaß der Bedarfsdeprivation und zum Dritten im Regelfall aus der Zeitdauer des Bestehens ergibt (Punkt 1). Dieser Wert ändert sich permanent im Zeitverlauf.

Die Erwartung ist eine Abschätzung der Wahrscheinlichkeit, das Ziel erreichen zu können, die durch das kognitive System auf Basis seiner Wissensbestände erfolgt: Im Rahmen der Absichtsbildung wird die sogenannte *epistemische* Kompetenz (Punkt 1) gebildet, die eine Abschätzung des Ausmaßes und der Qualität der mit einem Bedürfnis verknüpften Gedächtnisinhalte ist. So wird bspw. beurteilt, ob relativ viele Ziele bekannt sind, ob diese Ziele relativ gut im Sinne von vielen und starken Verknüpfungen in die Wirkwelt eingebunden sind und ob es insbesondere viele mit den Zielen verknüpfte *Automatismen* (hochgeübte Verhaltensprogramme) gibt, ob die Ist-Situation gegebenenfalls der Wirkwelt zu Folge in der Nachbarschaft der möglichen Zielsituationen liegt, wie vergangene Bewältigungsepisoden verlaufen sind usw. Diese Abschätzung muss man sich nicht als kognitiv aufwendigen Auswertungsprozess vorstellen, sondern anschaulich gesehen eher als eine Art Messung der Stärke und des Umfangs des Assoziationsfeldes, sprich der Gedächtniseinbindung der Absicht und gegebenenfalls des Ausmaßes der Überschneidung des Assoziationsfeldes der Absicht mit dem Assoziationsfeld der Ist-Situation (Punkt 2). Insbesondere kann hierfür gegebenenfalls vereinfachend die bereits eingeführte spezifische Kompetenz (Kap. 15.1.9.1.) herangezogen werden, da sie die Mittelung vergangener (Un-)lustzustände aufgrund des Bedürfnisses ist und dieses als Maß der Fähigkeit angesehen wird, das Bedürfnis in der gegebenen Umwelt und bei dem gegebenen Wissen über diese Umwelt befriedigen zu können. Es sei angemerkt, dass diese Verwendung der epistemischen Kompetenz als Erwartungswert die Annahme impliziert, dass das, was in der Vergangenheit war, auch in Zukunft so sein wird, d.h. sie ist für Ψ s ‚Konservatismus‘ verantwortlich.

Die Absichtsauswahl stellt sicher, dass immer die Absicht handlungsleitend ist, die nach dem Erwartungs*Wert-Prinzip den höchsten Auswahldruck hat. Dabei wird dem Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht der Bonus der Selektionsschwelle hinzugeschlagen, um ein Verhaltensflimmern bei nahezu gleich starken Absichten zu verhindern. Da durch die Aktualisierung des Situationsbildes automatisch auch die Erfolgserwartung der Absichten im Absichtsgedächtnis aktualisiert wird, ist dies der Zeitpunkt, zu dem ein Absichtswechsel möglich ist.

Zudem wird in der Konzeption davon ausgegangen, dass es eine Dringlichkeit gibt (Punkt 3), die ebenfalls multiplikativ in den Auswahldruck einfließt. Diese ist ein Maß für zeitspezifische Gedächtnisinhalte, die eine Absichtsverfolgung zum jetzigen Zeitpunkt erforderlich oder sinnvoll erscheinen lassen. Dies macht nur in komplexeren, zeitlich differenzierten (Um)welten Sinn, deren gute Bewältigung eine zeitspezifische Gedächtnisrepräsentation erfordert. Da dies in bisherigen Anwendungen nicht detailliert betrachtet wurde, sind hierfür differenzierte Konzepte erst zu entwickeln.

Der Handlungsplan (Punkt 4) ist das Verhaltensprogramm, welches von dem Prozess der Absichtsverfolgung ermittelt wurde. Dieser Handlungsplan ist bei Entstehung der Absicht noch nicht in jedem Falle existent, sondern wird u.U. erst dann zum ersten Mal erstellt, wenn die Absicht aufgrund der Absichtsauswahl zum ersten Mal nach ihrer Bildung handlungsleitend wird. D.h. mangels eines konkreten Handlungsplans fließt zunächst in den Auswahldruck einer Absicht neben ihrem Wert (s.o.) eine erfahrungsbedingte, unkonkrete Erfolgserwartung ein (,epistemische' Kompetenz, s.o.); ist ein Handlungsplan erstellt, so geht mit diesem eine konkretisierte Erfolgserwartung einher; die Absicht ,verteidigt' nun mit einem entsprechend veränderten Auswahldruck die Handlungsleitung. Da die Absichtsverfolgung zum einen durch das Sicherungsverhalten unterbrochen wird und zum anderen durch die Verfolgung einer anderen Absicht, die einen höheren Auswahldruck entfaltet, unterbrochen werden kann, ist es möglich, dass eine Absicht handlungsleitend wird, die bereits einen teilweise erstellten oder abgearbeiteten Handlungsplan vorfindet.

Die Geschichte der Absicht (Punkt 5) sind zum einen Informationen über das aktualgenetische ,Schicksal' der Absicht, bspw. wann und unter welchen Umständen sie entstanden ist, zu welchen Zeitpunkten welcher Wert und welche Erfolgswahrscheinlichkeit bestand, wann sie verfolgt und wann diese Verfolgung unterbrochen wurde etc. Außerdem werden gegebenenfalls vergangene Bewältigungsepisoden erinnert.

Die Instrumentalität einer Absicht (Punkt 6) macht nur in komplexeren (Um)welten Sinn, die so etwas wie die Vorratshaltung, Werkzeuggebrauch und/oder Arbeitsteilung kennen. (Bspw. beschaffe ich mir einen Grabstock, *um* eine essbare Wurzel ausgraben zu können.) Hier geht es darum, wie die Zielsituation der Absicht in das hierarchische Netzwerk der Wirk- und Wertwelt eingebettet ist, d.h. welche Bedeutung der Erledigung somit zukommt. Da entsprechend komplexe (Um)welten, die bspw. Werkzeuggebrauch erfordern, in bisherigen Anwendungen nicht detailliert betrachtet wurden, sind hierfür differenzierte Konzepte erst zu entwickeln.

15.5. Absichtsverfolgung

Erst wenn eine Absicht handlungsleitend wird, ‚kümmert‘ sich das handlungsregulatorische System um die Erreichung der Ziele, d.h. PSI ermittelt (man könnte sagen ‚denkt nach‘), wie es von der Ist-Situation in die Ziel-Situation gelangen kann (in der die konsummatorische Endhandlung auf das Konsumgut angewendet werden kann). Dabei werden drei Ebenen der Handlungsregulation durchlaufen, die einen zunehmenden kognitiven Aufwand – sowohl hinsichtlich der Ermittlung als auch der Durchführung einer zielführenden Handlungssequenz – erfordern:

- Zunächst versucht Ψ eine Handlungssequenz zu erinnern, welche es bereits in der Vergangenheit durchgeführt hat und in welcher die Soll-Situation nach der Ist-Situation liegt, d.h. die in der Vergangenheit bereits einmal die Ist-Situation in die Soll-Situation überführt hat; die Zwischenstationen dieser Handlungssequenz werden dabei als *Zwischenziele* bezeichnet.

Besonders dominant sind auf dieser Ebene die *Automatismen*, also hochgeübte Verhaltensweisen, deren Ausführung lediglich einer geringen Aufmerksamkeit bedarf. Diese werden nahezu reflexhaft ausgeführt, da sie eine sehr hohe Erinnerungsstärke und eine starke Anknüpfung an die Zielsituationen haben und daher sofort präsent sind; außerdem liegt, aufgrund der Häufigkeit ihrer Durchführung, ihre Erfolgswahrscheinlichkeit bei nahezu 100%.

- Kann Ψ nicht die Durchführung einer derartigen Handlungssequenz erinnern, versucht es, aus bekannten Handlungssequenzen eine derartige Sequenz zu planen, d.h. zu konstruieren. Denn wenn eine Handlungssequenz die Ist-Situation enthält und eine andere Handlungssequenz die Soll-Situation enthält und ein Zwischenziel gefunden wird, das in der ersten Handlungssequenz nach der Ist-Situation und in der zweiten Handlungssequenz vor der Soll-Situation liegt, so erhält man durch Zusammensetzen der entsprechenden Teilstücke eine vielversprechende Handlungssequenz.
- Falls auch dieses Konstruieren nicht erfolgreich ist, geht Ψ zum Ausprobieren über, d.h. es wendet manipulative Operatoren auf Objekte an, auf das es sie noch nicht oder lange nicht mehr angewendet hat, oder es wendet lokomotive Operationen in Situationen an, in denen es sie noch nicht oder lange nicht mehr angewendet hat.

Sowohl wenn sich Ψ einer Handlungssequenz erinnert (Stufe 1) als auch, wenn es eine konstruiert (Stufe 2), benutzt es dafür sein Gedächtnis. Die Fragen, die sich also stellen, sind: Was fällt Ψ ein? und In welcher Reihenfolge fällt es Ψ ein?

Ψ s Gedächtnis beruht auf der Verknüpfung von Situationen und Operationen, die eine Situation in eine andere Situation überführen. Was Ψ also beim

Erinnern tut, ist die Suche in einem Netzwerk nach einem Pfad, d.h. nach einer Handlungssequenz, die die Ist-Situation in die Soll-Situation überführt.

Die Gedächtnis-Verknüpfungen, entlang derer Ψ sich bei seiner Suche vorarbeitet, können unterschiedlich stark sein, sprich Ψ erinnert etwas mehr oder weniger gut. Verfestigt werden solche Verknüpfungen zum einen durch Gebrauch (durch HYPERCEPT oder AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM) und zum anderen durch Verstärkung (Lernen aufgrund von Bedürfnisbefriedigung oder -entstehung). Schwächer werden sie durch das Verstreichen von Zeit, sprich Ψ vergisst.

Der Auflösungsgrad sorgt nun dafür, dass nur Verknüpfungen jenseits einer bestimmten Stärke zugreifbar sind, d.h. nur derartig verfestigte Gedächtnisinhalte fallen Ψ überhaupt ein. Außerdem begrenzt der Auflösungsgrad die Suchdauer, d.h. die Zeit, die Ψ auf einer bestimmten Ebene der oben beschriebenen Handlungsleiter verbringt. Die PSI-Theorie geht weiterhin davon aus, dass Ψ die stärkste Erinnerung zuerst einfällt, d.h. technisch gesprochen, wäre die Suche in diesem Netzwerk eine Breitensuche, deren Suchfront einem bestimmten Erinnerungsaufwand entsprechen würde.

Anschaulich könnte man sich dies wie folgt vorstellen: Die Situationen sind die Knoten und die Operatoren die Kanten eines zweidimensionalen Netzwerkes, also Punkte und sie verbindende Striche in einer Ebene. Diese Karte hat aber nun eine dritte Dimension: Je stärker die Erinnerung an eine Situation bzw. an die verbindenden Handlungen ist, desto höher erstreckt sich dieser Punkt bzw. diese Kante, sodass eine dreidimensionale Landschaft entsteht. Diese wird nun mit Wasser aufgefüllt, bis entweder die Ist- oder Zielsituation nicht mehr zu sehen sind; anschließend wird das Wasser langsam abgelassen. Ψ sieht dann jeweils nur die Pfade, die oberhalb des Wasserspiegels liegen, und diese werden nacheinander sichtbar. Irgendwann ist dann ein Pfad sichtbar, der die Ist-Situation mit der Ziel-Situation verbindet. Dabei bildet der Auflösungsgrad die Wassermarke, bis zu der der Wasserspiegel maximal abgesenkt werden kann. Die Aufmerksamkeit auf die Ist- und die Zielsituation (und gegebenenfalls auf weitere voraktivierte Gedächtnisinhalte) würden dabei als vorübergehende Erhöhung wirken. (In diesem Bild wären die Automatismen hohe, scharf konturierte, prägnante Grate, die sofort sichtbar sind und die die gen Himmel strebende Handlungsregulation regelrecht auf sich ziehen.)

Hat Ψ nun einen Pfad gefunden, wird dieser nicht automatisch genommen, sondern er wird einem sogenannten CONFIRMATION-Prozess unterworfen, d.h. die gefundene Handlungssequenz wird einer Prüfung hinsichtlich ihrer Erfolgswahrscheinlichkeit und hinsichtlich ihres Wertes bezüglich aller Absichten unterzogen; dadurch werden sogenannte *Nebenziele*, d.h. Ziele der nicht handlungsleitenden Absichten, berücksichtigt; damit wird der Pfad bezüglich aller Absichten bewertet. (Nur dass man sich an etwas gut erinnert, heißt ja nicht zwangsläufig, dass dies eine angenehme und/oder zuverlässig funktionierende Handlungsmöglichkeit ist.)

Hat der Pfad den CONFIRMATION-Prozess erfolgreich passiert, so erfolgt die Durchführung der erinnerten bzw. konstruierten Handlungssequenz, indem, wie im Rahmen der grundlegenden Annahmen erläutert (Kap. 1.4.), der Prozess AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM auf die Handlungssequenz angewandt wird. Auch AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM erzeugt, ähnlich wie HYPERCEPT, in das kognitive Bedürfnis Bestimmtheit eingehende Bestimmtheits- und Unbestimmtheitssignale, je nachdem, wie sehr die Handlungskonsequenzen den erwarteten Ergebnissen entsprechen bzw. von diesen abweichen.

Wird eine unterbrochene Absicht wieder aufgenommen, so ist die Ist-Situation entweder immer noch diejenige, in der die Durchführung des Plans unterbrochen wurde, sodass einfach mit der Durchführung des zuvor erstellten Plans fortgefahren werden kann, oder aber die Ist-Situation hat sich so stark verändert, dass ein Neuplanen in der zuvor beschriebenen Form durch Durchlaufen der Handlungsleiter stattfinden muss.

16. Zusammenfassung

Das zu Beginn dieses Teils III erklärte wissenschaftliche Ziel ist die Beantwortung der Frage, welche psychologischen Theorien und Modelle geeignet sind, die Spannweite von alltäglichem, automatisiertem Handeln und Entscheiden bis hin zu problemlösendem Handeln und Entscheiden zu beschreiben, dabei den Einfluss von Erfahrung (Lernen) zu berücksichtigen und mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umzugehen.

Dabei soll beachtet werden, welche dieser psychologischen Theorien und Modelle hinreichend formalisiert sind oder sich hinreichend formalisieren lassen, sodass sie als Agentenmodell in einem Computersimulationsmodell in Form eines Multiagentensystems (MAS) zur Beschreibung eines soziotechnischen Systems im Allgemeinen und in Anwendung auf Mobilitätsverhalten im Besonderen eingesetzt werden können.

Wie bereits ausgeführt (vgl. Kap. 4.3.), tut sich die Psychologie schwer, sich selbst als Systemwissenschaft zu begreifen und entsprechende Forschungsstrategien, wie bspw. eine funktionale Rekonstruktion der Black Box ‚menschliche Psyche‘, zu verfolgen. Wie bereits dargestellt (vgl. Kap. 5.5. und Einleitung der Darstellung der PSI-Theorie im Kap. 15.), finden sich daher in der Psychologie sehr wenige umfassende Ansätze, die über den ‚Tellerrand‘ ihres eigenen psychologischen Teilgebiets hinausschauen, sondern die meisten Psychologen behandeln die Black Box ‚menschliche Psyche‘ als eine Übertragungsfunktion, deren Form es durch die Untersuchung des bivariaten Zusammenhangs von In- und Outputparametern aufzuklären gilt. Dabei widmen sie sich jeweils nur minimalen, im Labor künstlich eingegrenzten Ausschnitten des Verhaltensspektrums und arbeiten dabei nur in einem

Teilgebiet der Psychologie wie bspw. in der Motivations-, Handlungs- oder Lerntheorie.

Demgegenüber ist die PSI-Theorie (Kap. 15.) eine ‚grand unifying theory‘, die alle psychischen Instanzen und/oder Funktionen integriert und somit alle Teilgebiete der Psychologie betrifft:

Sie basiert auf einer neuronalen Gedächtnistheorie, die von einer hierarchisch-sequentiellen Strukturierung ausgeht und ein Aktivationsausbreitungskonzept impliziert. Es wird zwischen deklarativen und prozeduralen Gedächtnisinhalten unterschieden (sensorische Schemata und Verhaltensprogramme). Aus episodischen Gedächtnisinhalten (Protokollgedächtnis) werden durch Abstraktionsprozesse semantische Gedächtnisinhalte extrahiert. Sensorische Schemata bilden Begriffe ab, die durch Anbindung an Bedürfnisindikatoren (Wertwelt) Bedeutung erhalten und durch Einbindung in Verhaltensprogramme und Geschehnisschemata (Wirkwelt) zueinander in Bezug gesetzt werden (Relationen) und komplexe Verhaltensweisen anleiten (Schemata, Skripte). Lernen erfolgt durch retrogradiente Verstärkung, durch Beobachten (Bildung von Geschehnisschemata) und durch Besinnung.

Es werden fünf basale Bedürfnis(kategorien) postuliert, mit denen entsprechende Zielsituationen und -handlungen assoziiert sind (Motive). Aktivierte Bedürfnisse führen zur Bildung von Absichten (Intentionen), die um die Handlungsleitung konkurrieren, auf Basis des Gedächtnisses zielführende Verhaltensweisen (hierarchisch-sequentielle strukturierte Verhaltensprogramme) zunächst ermitteln und dann ausführen (Bildungs- und Ausführungsphase); deren Durchführung wird durch einen Handlungsregulationsprozess angeleitet (AKTIVIERE-VERHALTENSPROGRAMM), der das Prinzip des Regelkreises anwendet. Das Verhalten wird dabei von Steuergrößen und Modulatoren an die Verarbeitungsanforderungen und die Bewältigungsfähigkeiten adaptiert. Insbesondere wird mit der Annahme der Handlungsleiter sowohl automatisiertes als auch problemlösendes Verhalten beschrieben.

Die PSI-Theorie ist also eine umfassende allgemeinspsychologische Handlungsorganisationstheorie, die eine Motivations- und Emotionstheorie, eine Handlungsregulationstheorie, eine Gedächtnis- und Lerntheorie und eine Denk- und Problemlösetheorie integriert und entscheidungspsychologische Aspekte nicht außen vor lässt. Dabei widerspricht sie nicht Ideen und Grundkonzepten, die in den entsprechenden psychologischen Teilgebieten gefunden wurden, sondern ist im Gegenteil durchaus offen für die Integration entsprechender spezifischer Erkenntnisse. Insbesondere ist hervorzuheben, dass die PSI-Theorie nicht statische Zustände beschreibt, sondern Verhalten mithilfe von dynamischen Prozessen erklärt. Damit erlaubt sie, Aussagen über die Entstehung, die Aufrechterhaltung und den Zerfall von Routinen zu treffen, was gerade für den Anwendungsbereich städtische Mobilität von großer Bedeutung zu sein scheint. Zudem ist sie bereits mehrfach in

Implementierungen als Computersimulationsmodell in Form eines Agenten formalisiert worden.

Bleibt noch die Frage, ob die PSI-Theorie mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umgeht. Geht man einerseits davon aus (wie es in dieser Arbeit geschieht), dass die PSI-Theorie ein gutes Modell menschlichen Handelns ist, und kann man andererseits zeigen, dass sich diese beiden Optimierungsprobleme im Rahmen nahezu jeder organisierten menschlichen Tätigkeit stellen, so wäre auch diese Frage mit ja zu beantworten.

Zum Beleg der Allgegenwart der beiden genannten Optimierungsprobleme sei zunächst etwas weiter ausgeholt: Es sei daran erinnert (Kap. 9.), dass der Mensch in der modernen Gesellschaft nicht nur von basalen Bedürfnissen getrieben wird (push-Motivation), sondern im Wesentlichen von selbstgesetzten Zielen angezogen wird (pull-Motivation). Diese stammen aus einem sozio-kulturell vermittelten Zielsystem, welches im Laufe des Lebens, insbesondere in der Jugendphase, aufgebaut wird und welches die hoch arbeitsteilige und sehr stark Artefakte und Werkzeuge nutzende Organisation unserer Gesellschaft widerspiegelt. Denn wir leben in einem Wirtschaftssystem, in dem wir zum einen eine bestimmte produzierende und/oder dienstleistende Funktion innerhalb der Gemeinschaft einnehmen und dementsprechend von anderen erbrachte Produkte und Dienstleistungen in Anspruch nehmen; zum anderen werden für nahezu jegliche Tätigkeit Artefakte und Werkzeuge in Anspruch genommen. Diese Art von Arbeitsteilung und Werkzeugnutzung setzt sich bis in den privaten Bereich fort, d.h. zum einen werden auch innerhalb eines Haushalts Aufgaben verteilt und zum anderen benutzen wir selbst für basale körperliche Funktionen Werkzeuge und Artefakte wie Essbestecke oder sanitäre Einrichtungen.

Die Erbringung und Inanspruchnahme der Produkte und Dienstleistungen und die dafür benötigten Werkzeuge bzw. Einrichtungen nehmen Platz in Anspruch und sind dementsprechend auf verschiedene Standorte verteilt. Diese Arbeitsteilung und Werkzeugnutzung und die daraus resultierende räumliche Verteilung von Funktionen finden sich auf allen Organisationsebenen menschlichen Wirtschaftens wieder, sei es,

- dass es innerhalb einer Wohnung Bad, Küche, Speisekammer, Wohnbereich, Schlafbereich usw. gibt,
- dass sich innerhalb einer Firma Abteilungen und Räumlichkeiten für technische Dienste, Kantine, Verwaltung, Entwicklung, Produktion, Vertrieb etc. finden,
- dass es innerhalb einer Stadt eine Gliederung in Wohn-, Gewerbe- und Einkaufsbereiche gibt oder
- dass es innerhalb eines Wirtschaftsraums wie der EU eher landwirtschaftlich und eher industriell geprägte Regionen gibt.

Aber nicht nur der Raum ist beschränkt, sondern auch die Zeit ist begrenzt, d.h. genauso wie eine Verteilung der Funktionen und Einrichtungen im Raum notwendig ist, ist eine Aufteilung der zur Verfügung stehenden Zeit auf die zu erledigenden Tätigkeiten notwendig. Zudem nehmen all diese Tätigkeiten und die aus der räumlichen Verteilung resultierenden Wege nicht nur Zeit, sondern im Regelfall auch weitere Ressourcen in Anspruch, insbesondere das globale Tauschmittel Geld.

Hieraus resultieren für nahezu jede organisierte menschliche Tätigkeit die beiden klassischen logistischen Optimierungsprobleme Traveling-Salesman und Rucksack (vgl. Kap. 5.8.), d.h. zum einen ist man bestrebt, die notwendigen Standortbesuche in eine bezüglich der Ressourcennutzung möglichst sparsame Reihenfolge zu bringen, und zum anderen ist man bestrebt, die Ressourcen möglichst gewinnbringend einzusetzen, indem irgendeine Art von Auswahl (hinsichtlich Wegen, Tätigkeiten, Objekten etc.) getroffen wird, die aus den zur Verfügung stehenden Ressourcen einen möglichst großen Nutzen zieht.

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass die PSI-Theorie eine geeignete Grundlage für das zu entwickelnde Agentenmodell ist, die bei Bedarf durch spezifische Erkenntnisse aus entsprechenden Forschungsbereichen erweitert werden kann. Wie das folgende Kapitel (Kap. 17.) zeigt, ist jedoch eine theoretische Differenzierung der PSI-Theorie im Hinblick auf den modernen Menschen im Alltag und/oder an einem heutigen Arbeitsplatz notwendig.

17. Theoretische Differenzierung der PSI-Theorie für den modernen Menschen (Modern- Ψ)

Die PSI-Theorie versteht den Menschen als ein soziales, in einer arbeitsteiligen Informations- und Wissensgesellschaft lebendes Wesen, dessen Physiologie und Umwelt zeitbedingten, teilweise rhythmischen Veränderungen unterworfen sind.

Die theoretische Rekonstruktion der menschlichen Psyche durch die PSI-Theorie beginnt, dem funktional-rekonstruktiven ‚evolutionären‘ Forschungsansatz folgend, mit einfachen Anforderungen und arbeitet sich zu anspruchsvolleren Umwelten und Bewältigungsmechanismen vor. Dementsprechend konzentrieren sich die theoretische Differenzierung und die meisten der bisherigen PSI-Implementierungen auf ein im Hier und Jetzt agierendes, solitär lebendes Wesen, das vorgefundene Konsumgüter nicht in irgendeiner Art und Weise zubereitet, das keine Vorratshaltung betreibt, das keine Werkzeuge benutzt und das nicht in einer arbeitsteiligen, Informationen speichernden und austauschenden Gesellschaft lebt.

Auf Basis dieses ‚archaischen‘ Ψ s wird mit diesem Kapitel nun die Anwendung der PSI-Theorie auf einen modernen Menschen im Alltag und/oder an einem heutigen Arbeitsplatz vorbereitet, indem eine Anpassung und Differenzierung

der betroffenen Konzepte diskutiert wird. Damit wird Ψ weniger ein ‚Spielball des Gestern‘ (wie Tiere und kleine Kinder) und zunehmend ein ‚aktiver Konstrukteur des Morgen‘.

17.1. Welche Konzepte sind für ein ‚Modern- Ψ ‘ anzupassen und/oder zu differenzieren?

17.1.1. Die Situationsrepräsentation

Im Rahmen der PSI-Theorie ist eine Situation, so wie sie im Protokollgedächtnis und damit auch zwangsläufig in den Gedächtnisschemata vorkommt, ein bestimmter Zustand, der sowohl durch die äußeren Gegebenheiten (wie bspw. die Konfiguration von Objekten, Helligkeit, Temperatur) als auch durch die inneren Bedingungen des physiologischen und kognitiven Systems (wie bspw. Bedürfnisse, Modulatoren etc.) charakterisiert ist.

Konzentriert man sich nun, wie in den meisten Implementierungen, auf ein ‚archaisches‘ Ψ , das solitär lebt, das vorgefundene Konsumgüter nicht in irgendeiner Art und Weise zubereitet, das keine Vorratshaltung betreibt, das keine Werkzeuge benutzt und das nicht in einer arbeitsteiligen Gesellschaft lebt, so ist eine Reduktion der Situationscharakterisierung auf die äußeren Gegebenheiten im Regelfall ausreichend. Aber auch dabei wird auf der konzeptionellen Ebene davon ausgegangen, dass der Stand der Bedürfnisse ebenfalls ein Charakteristikum der Situation ist, da erst so theoretisch sauber sowohl die Ziel-Situation als auch die konsummatorische Endhandlung durch Verstärkung mit dem Bedürfnis assoziiert werden können.³⁰

Außerdem scheint es konzeptionell sinnvoll, anzunehmen, dass auch weitere, den Zustand des kognitiven Systems beschreibende Parameter – hier sind insbesondere die Steuergrößen und Modulatoren zu nennen – Teil der Situationsrepräsentation sind. Denn man kann sich durchaus daran erinnern, aufgeregt, ärgerlich, ängstlich etc. gewesen zu sein, d.h. man kann sich an seinen emotionalen Zustand erinnern, der der PSI-Theorie zufolge identisch mit der Konstellation der Steuergrößen und Modulatoren ist. So ließe sich auch die Möglichkeit einer Lernerfahrung wie ‚immer wenn ich aufgeregt bin, mache ich das und das falsch‘ erklären, da eine die Steuergrößen und Modulatoren einschließende Situationsbeschreibung eine Generalisierung hinsichtlich der

³⁰In den Implementierungen wird im Regelfall vereinfachend die Eingangssituation direkt mit dem Bedürfnisindikator verknüpft, sodass Ψ eigentlich gar nicht wissen kann, was es denn in der Zielsituation tun soll, um diese konsummatorische Eingangssituation (mit bestehendem Bedürfnis) in die Situation nach Ausführen der konsummatorischen Endhandlung (mit erfülltem Bedürfnis) zu überführen. Diese Lücke wird im Programmcode durch entsprechende Anweisungen überbrückt.

Konstellation derselbigen erlauben würde. Damit wäre auch eine Voraussetzung für so etwas wie ‚Einsicht‘ oder ‚Selbstreflexion‘ geschaffen.

Zu beachten ist jedoch, dass sowohl der Aufbau der Situationsrepräsentation der Modulation unterliegt als auch, dass die Übernahme des Situationsbilds in das Protokollgedächtnis gewissen Kapazitätsbegrenzungen und modulierenden Einflüssen unterliegt: Insbesondere in sehr ‚stressigen‘, hoch dynamischen Situationen kommt es aufgrund des niedrigen Auflösungsgrads zur einer ‚holzschnittartigen‘ Wahrnehmung und es kann in Extremfällen dazu kommen, dass Menschen sich ihrer Emotionen gar nicht mehr oder nur noch teilweise bewusst sind. Auch wird vom Situationsbild nicht alles in das Protokollgedächtnis übernommen, sei es, dass das Situationsbild zu komplex ist und/oder zu schnell wechselt (kapazitäre Beschränkung) oder die Übernahme ins Protokollgedächtnis gestört ist (bspw. durch eine Kopfverletzung oder durch Drogeneinfluss); insbesondere scheint aber, wie gedächtnispsychologische Untersuchungen gezeigt haben (vgl. Kap. 11.2.2.), die Erwartungs(dis)konformität einen Einfluss auf die Erinnerungsleistung zu haben.

Jenseits der Steuergrößen und Modulatoren ist jedoch noch eine weitere Anreicherung der Situationsrepräsentation zu berücksichtigen: Denn wenn man über ein Lebewesen diskutiert, das Nahrungsmittel verarbeitet, Vorratshaltung betreibt, Werkzeuge nutzt und in einer arbeitsteiligen, kommunizierenden, Wissen anreichernden und veröffentlichenden Gesellschaft lebt, so sind die Anwendungsbedingungen und -konsequenzen der Operatoren entsprechend vielfältiger. Da diese durch das sozio-technische System vorgegeben werden, ist dies spezifisch für den jeweiligen Anwendungsbereich zu untersuchen und in der Folge ist die Aufnahme entsprechender Komponenten in der Situations- und Operatorrepräsentation zu konzipieren.

Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass dabei die Kategorien Ressourcenverfügbarkeit (Geräte, Werkzeuge, Vorräte etc.), die verfügbaren Informationen (Messgeräte, Nachschlagewerke) und die Anwesenheit anderer Akteure (Hilfsbereitschaft, Fähigkeiten, L- bzw. Anti-L-Geber, Wissen etc.) bedacht werden sollten. Dementsprechend müssten (jenseits der manipulativen und lokomotiven Operatoren) informative und kommunikative Operatoren eingeführt werden, die, kurz gesagt, auf die Veränderung der eigenen Informiertheit bzw. auf die Anwesenheit und das Verhalten der anderen Akteure abzielen.

Die beschriebenen Erweiterungen der Situationsrepräsentation sind auf der konzeptionellen Ebene vorgesehen und stellen somit keine theoretische Weiterentwicklung dar; die Einführung neuer, auf diese Erweiterungen wirkender Operortypen (kommunikativ, informativ) ist eine logische Folge dieser Erweiterungen. Diese Erweiterungen und die entsprechenden Operortypen sind jedoch je nach Anwendungsbereich und Modellierungsziel spezifisch in einer Implementierung zu berücksichtigen und können hier nicht

allgemein diskutiert werden, d.h. spezifisch für den jeweiligen Anwendungsbereich ist eine differenzierte Erarbeitung der Charakteristika einer Situation und der möglichen Operatoren erforderlich.

17.1.2. Der Zeitbezug

Die PSI-Theorie geht von einem Lebewesen aus, das über einen Zeitbezug verfügt und das dementsprechend über eine zeitspezifische Gedächtnisrepräsentation verfügt, die es gegebenenfalls aufgrund antizipierter Unbill aktiv werden lässt.

Denn sowohl natürliche Umwelten und erst recht unsere modernen, stark von der Uhr geprägten Arbeitswelten verändern sich, gegebenenfalls regelhaft und/oder rhythmisch, im Laufe der Zeit und bieten damit zeitspezifisch unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten. Zudem brauchen Handlungen eine gewisse Zeit zur Zielerreichung und gegebenenfalls ist eine Handlung auch nur zu einem bestimmten Zeitpunkt oder nur in einem bestimmten Zeitfenster möglich und je nach Zeitpunkt unterschiedlich bedürfnisbefriedigend (Äpfel kann man nur im Herbst pflücken; reife Äpfel sind bekömmlicher und nährstoffreicher; in die Sonne kann man sich nur tagsüber legen; Einkaufen kann man nur zwischen 8h und 19 h; Nachtschlaf ist erholsamer als Tagschlaf; etc).

Jedoch lebt Ψ , so wie es bislang differenziert konzipiert und implementiert ist, im Hier und Jetzt: Es verfolgt die stärkste Handlungsabsicht und berücksichtigt lediglich im Rahmen der Ermittlung der Art und Weise der Zielerreichung (in der CONFIRMATION-Prozedur) die Ziele anderer aktiver appetitiver Bedürfnisse und die Ziele aversiver Bedürfnisse³¹. Dies ist die einzige Konkretisierung von vorausschauendem Handeln, die es bislang gibt. Diese Konzentration auf das Hier und Jetzt spiegelt sich auch in den Umwelten wider, in denen Ψ bislang agierte: Dort gibt es im Regelfall keine Tages- und Jahreszeiten, d.h. es gibt keine zeitlich bedingten Veränderungen, bspw. in Form eines Abnehmens oder gar Verschwindens einmal gefundener Nahrungs- und Wasserquellen. Die Ausführung von Handlungen benötigt auch nicht unterschiedlich lange Zeitdauern und dementsprechend ist das Ausmaß ihrer bedürfnisbefriedigenden bzw. -weckenden Wirkung weder von der Ausführungsdauer noch dem Ausführungszeitpunkt abhängig.³²

³¹Diese Prüfung erfolgt in den Implementierungen im Allgemeinen nur in stark vereinfachter Form, d.h. es werden nur vergangene Nichterfolge und Vermeidungsziele berücksichtigt.

³²So wird bspw. im Regelfall vereinfachend angenommen, dass die Anwendung der sogenannten konsummatorischen Endhandlung auf das Konsumgut, d.h. das Einverleiben entsprechender in der Umwelt vorgefundener bedürfnisbefriedigender Objekte (bspw. das Austrinken einer Wasserlache, das Essen einer Frucht), immer die gleiche Zeit beansprucht (nämlich einen Simulationstakt) und genau ein physiologisch bedingtes Bedürfnis vollständig befriedigt (d.h. auf Null senkt), d.h. entweder wird der Hunger oder der Durst vollständig befriedigt. Eine weitere Einschränkung besteht darin, dass ein appetitives

Diese Einschränkungen angehend, wurde kürzlich in einem anderen am IfTP bearbeiteten Projekt eine Implementierungsvariante (Dörner et al., 2006) bearbeitet, in der Handlungen eine gewisse Zeit benötigen, in der die Bedürfnisreduktion eine Funktion dieser Zeit ist und in der der Verlauf dieser Funktion a) vom Individuum und seinem aktuellen Zustand, b) von der Handlung an sich und c) von dem konsumierbaren Objekt bzw. der (Aufenthaltsdauer in der) Konsumsituation abhängig ist. U.a. ermöglicht dies, in den Worten der Motivationspsychologie gesprochen, die Differenzierung von tätigkeitszentrierten und zweckzentrierten Anreizen einer Handlung, d.h. ob die Bedürfnisbefriedigung einer Handlung im Wesentlichen durch deren Durchführung oder deren Abschluss erreicht wird.

Für die Weiterentwicklung der PSI-Theorie im Hinblick auf Modellierung und Simulation von Verhalten in komplexeren, zeitlich differenzierten Umwelten und insbesondere von menschlichem Verhalten in einer modernen Arbeitsumwelt ist es also notwendig, das gegebene Phänomen einer zeitspezifischen mentalen Repräsentation von Erfahrungen und entsprechenden Lernprozessen theoretisch zu erklären und diesen Zeitbezug in eine entsprechend differenzierte PSI-Theorie zu integrieren.

Inwieweit man die Phylo- und/oder Ontogenese eines solchen Zeitbezugs durch das Modell nachbilden möchte, hängt von der Zielsetzung der Modellkonstruktion ab: Ist diese auf Grundlagenforschung ausgerichtet, so wäre dies gegebenenfalls zu fordern. Ist die Modellentwicklung jedoch wie im vorliegenden Fall anwendungsorientiert motiviert, so wird die Ansicht vertreten, dass bei Vorlegung einer theoretischen Erklärung auf der konzeptionellen Ebene die faktische Voraussetzung eines Zeitbezugs für die Implementierung ausreichend ist.

Bedürfnis nur durch das Einverleiben eines Konsumguts befriedigt wird und nicht durch die Ausführung der entsprechenden konsummatorischen Endhandlung in einer Konsumsituation, wie dies bspw. beim Schlafen in einem Bett der Fall ist.

Analog dem Befriedigen appetitiver Bedürfnisse werden aversive Bedürfnisse in den vorhandenen Anwendungen zum einen durch eine Objektmanipulation ausgelöst, wie bspw. das Einverleiben eines schädlichen, aber konsumierbaren Gutes. Darüber hinaus – und das gibt es in dieser Form bei appetitiven Bedürfnissen nicht – wird dieses aversive Bedürfnis auch durch den Aufenthalt in bestimmten Situationen oder auch durch das Beschreiten bestimmter Wege (d.h. der Anwendung bestimmter lokomotiver Operationen in bestimmten Situationen) ausgelöst. Vereinfachend wird in allen Fällen mit einer sprunghaften Steigerung des aversiven Bedürfnisses um einen bestimmten Wert pro konsumiertem Gut bzw. pro Simulationstakt (solange dauert die Operation) gearbeitet. Weiterhin wird vereinfachend davon ausgegangen, dass aversive Bedürfnisse mit der Zeit sinken und gegebenenfalls durch den Konsum eines entsprechenden Guts (bspw. einer Heilpflanze) sprunghaft verschwinden können (d.h. auf Null sinken).

17.1.3. Die mittelbare Motivation

Wie bereits angedeutet, gibt es in unserer Gesellschaft eine sehr differenzierte Arbeitsteilung und nur sehr wenige Menschen arbeiten im unmittelbaren Bereich der Nahrungsmittelproduktion (primärer Sektor); Menschen sind zum überwiegenden Teil mit der Produktion von Gütern (sekundärer Sektor) und der Erbringung von Dienstleistungen (tertiärer Sektor) beschäftigt. Diese komplexe Umweltstruktur bedeutet aber auch, dass die meisten Handlungen nicht unmittelbar durch basale Bedürfnisse motiviert sind und somit häufig Situationen angestrebt werden, welche nicht unmittelbar die Eingangspforte für eine konsummatorische Endhandlung darstellen; stattdessen dienen Handlungen häufig der Erreichung von Situationen, deren Bedeutung sich durch das komplexe Wirkungs- und Wertgeflecht der Tripelhierarchie des Gedächtnisses ergibt, welche erlernt und durch Erziehung und andere sozial-kulturelle Einflüsse vermittelt wird.

Da sich aber die Ausarbeitung der PSI-Theorie auf eine unmittelbare, solitäre und nicht arbeitsteilige Lebensweise konzentriert hat und diese mit Handlungen verbunden ist, die unmittelbar auf die Befriedigung basaler Bedürfnisse abzielen, ist für praktisch relevante Anwendungsbereiche die Ausarbeitung der PSI-Theorie im Hinblick auf das Handeln in einem kulturell-sozial geprägten Umfeld mit differenzierten Produktionsmechanismen und einer gesellschaftlichen Arbeitsteilung notwendig.

In diesem Zusammenhang gilt es, für die folgenden vier Phänomene einerseits den Zielbegriff zu überdenken und gegebenenfalls zu differenzieren und andererseits die Handlungsmotivation und/oder die Absichtsbildung ohne das unmittelbare Drängen eines basalen, primären Bedürfnisses zu erklären:

- Zum Ersten könnten sich anscheinend bewährte, vielen anderen Zielen dienende Zwischenziele (im Sinne der effizient-divergenten Situationen Oesterreichs) verselbstständigen und zu relativ eigenständigen Bedürfnissen werden (bspw. ist im Regelfall Geldhaben per se gut und anstrebenswert); das Anstreben derartiger verselbstständigter Zwischenziele wird dann in der Motivationspsychologie als sekundäres oder instrumentelles Bedürfnis bezeichnet.
- Zum Zweiten handeln (nicht nur) Menschen offensichtlich aufgrund von antizipierten aversiven Ereignissen.
- Zum Dritten übernehmen Menschen Aufgaben in dieser Gesellschaft, sei es nun in der Familie oder in der Arbeit, die weitestgehend nur indirekt durch basale Bedürfnisse motiviert sind.
- Zum Vierten sind viele Handlungen Routinen, d.h. hochgeübte Veraltensweisen, die in entsprechenden Situationen nahezu automatisch ausgelöst werden und deren Ausübung keiner oder nur einer geringen bewussten Regulation bedarf.

Auch hier hängt die Forderung nach der modellmäßigen Abbildbarkeit der Phylo- und/oder Ontogenese der beschriebenen Phänomene von der Zielsetzung der Modellkonstruktion ab: Ist diese auf Grundlagenforschung ausgerichtet, so wäre dies gegebenenfalls zu fordern. Ist die Modellentwicklung jedoch wie im vorliegenden Fall anwendungsorientiert motiviert, so wird die Ansicht vertreten, dass bei Vorlegung einer theoretischen Erklärung auf der konzeptionellen Ebene eine Implementierung auf diesen Annahmen aufbauen kann.

17.1.4. Die Zuverlässigkeit von Informationsquellen

Ein weiteres Phänomen, das es zu beschreiben gilt, ist der Umgang mit Informationsquellen, von denen es gegebenenfalls mehrere gibt und die sich auch widersprechen können. Diese Frage stellte sich in den bisherigen Anwendungen nicht:

Zum Ersten wurde dort nur der Sinneskanal ‚Sehen‘ berücksichtigt, d.h. es konnten sich keine Widersprüche zwischen verschiedenen Sinneskanälen ergeben.

Zum Zweiten ‚lebt‘ Ψ bislang allein, d.h. es erwirbt alles Wissen durch eigene Erfahrung, da es keine kommunikativen Fähigkeiten hat und da es keine anderen Ψ s gibt, mit denen Informationen ausgetauscht werden könnten. Man findet aber bereits bei Tieren Kommunikationsformen, die die Weitergabe von Informationen über Nahrungsquellen an andere Artgenossen erlauben. Die Weiterentwicklung dieser Kommunikationsfähigkeiten gipfelt beim Menschen in der Fähigkeit zu sprechen, und insbesondere verfügt er über die Fähigkeit, gezielt Fragen zu stellen, um Informationslücken zu schließen.

Zum Dritten ist der Mensch das einzige Lebewesen, welches durch Kultur-techniken gezielt aggregierte Wissensbestände (Bücher, Kartenmaterial etc.) bildet, um diese derart kondensierte Erfahrung an andere Menschen weiter zu vermitteln: In der Folge hat sich die menschliche Gesellschaft zu einer Wissens- und Informationsgesellschaft entwickelt, in der sich daher die Frage der Auffindbarkeit, Aktualität, Zuverlässigkeit, Vertrauenswürdigkeit etc. von Informationsquellen stellt.

Zum Vierten stellt sich diese Frage noch einmal auf ganz spezielle Weise, wenn Menschen gerade im Arbeitskontext Maschinen und insbesondere Computer(systeme) bedienen, egal ob es sich dabei um eine Waschmaschine, die Bedienung eines Kernkraftwerks oder die Steuerung eines Luft- oder Seefahrzeugs handelt. Denn häufig ist es so, dass der Benutzer nur durch die Maschine, genauer gesagt durch ihre Benutzeroberfläche, über den Zustand und die Entwicklung

- der Maschine selbst,
- der mit Hilfe der Maschine zu überwachenden und/oder steuernden Prozesse und/oder

- der mit Hilfe der Maschine beobachteten Umwelt

adäquat informiert werden kann und diese nur mit Hilfe von (ferngesteuerten) maschinellen Eingriffsmöglichkeiten manipulieren kann.

Nicht umsonst ist also das Thema ‚Mensch-Maschine-Interface‘ ein eigenes Teilgebiet der Ergonomie und es stellt sich hier in besonderem Maße die Frage a) nach der Zuverlässigkeit der Informationsquellen (als Ergänzung der eigenen Sensorik und des eigenen Wissens) und b) nach der Zuverlässigkeit von (ferngesteuerten) Eingriffsmöglichkeiten (als Ergänzung der eigenen Effektorik).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Konzeption der PSI-Theorie hinsichtlich des Umgangs mit ‚Fremd‘-Sensorik und -Effektorik und mit ‚Fremd‘-Wissen, das nicht aus eigener Erfahrung stammt, zu erweitern ist.

So wurde bereits auf die Rolle des Besitzes bzw. der Verfügbarkeit von Werkzeugen und Informationen als Anwendungsbedingung und -konsequenz von Operatoren im Rahmen der Verfeinerung der Situationsrepräsentation hingewiesen (Kap. 17.1.1.).

17.2. Konzeptionelle Differenzierung und Weiterentwicklung (Modern- Ψ)

17.2.1. Instrumentelle Bedürfnisse, nicht primäre Ziele

In diesem Kapitel soll die bereits aufgeworfene Frage nach der Verselbstständigung von instrumentellen Zwischenzielen, d.h. die Frage nach der Entstehung und der motivierenden Kraft sogenannter sekundärer Bedürfnisse, diskutiert werden.

Es wurde bereits erläutert (Kap. 15.), dass Menschen eine Wirk- und Wertwelt erlernen, d.h., dass durch bedürfnisrelevante Erlebnisse dem auslösenden Ereignis vorgelagerte sensorische Schemata und Verhaltensprogramme verstärkt und appetitiv bzw. aversiv mit dem entsprechenden Bedürfnis verknüpft werden. Damit weiß Ψ nicht nur, was es anstreben bzw. vermeiden sollte (Wertwelt), sondern es erlernt auf diesem Wege auch die Verhaltensweisen, die die Situationen ineinander überführen (Wirkwelt). Es wurde ebenfalls erläutert, dass die PSI-Theorie von Konsolidierungsprozessen ausgeht, durch die Lernerfahrungen generalisiert werden.

Wenn nun das Vorhandensein eines Grabstocks eine notwendige Anwendungsbedingung für das Ausgraben und damit den Verzehr von Wurzeln ist, so ist das Erlangen eines Grabstocks ein *instrumentelles Zwischenziel*, welches immer dann angestrebt wird, wenn man Hunger hat und das (primäre) Ziel Wurzel anstrebt. Somit ist die Eingangssituation für das konsummatorische Verhaltensprogramm ‚Wurzel ausgraben & verzehren‘ immer durch das Vorhandensein des Grabstocks charakterisiert, und eine entsprechende Generalisierung dieser Erfahrungen führt dazu, dass im Laufe der Zeit nicht

nur die Wurzel, sondern auch der Grabstock appetitiv mit dem Bedürfnis Hunger verknüpft wird und somit ein (sekundäres) Ziel darstellt.

Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass durch das Erreichen eines solchen sekundären Ziels (der Besitz des Grabstocks) die hedonische Tönung des Erwartungshorizonts deutlich positiver wird und damit die (allgemeine) Kompetenz steigt. Denn, wie erläutert werden wird (Kap. 17.2.6.), gehen wir davon aus, dass das regelmäßige Auftreten eigener Bedürfnisse und entsprechende Befriedigungshandlungen antizipiert werden, d.h. durch den Besitz des Grabstocks ergeben sich hinsichtlich der antizipierten Bedürfnisentstehung neue, zusätzliche Befriedigungsmöglichkeiten (man ist besser gerüstet) und damit eine höhere Erfolgserwartung, die zu einer deutlich besseren Lust-Unlust-Bilanz des Erwartungshorizonts führt.

Handelt es sich nun nicht um etwas so Spezifisches wie einen Grabstock, sondern um so etwas Generelles wie Geld, d.h. ist das Haben von Geld eine effizient-divergente Situation im Sinne Oestereichs (vgl. Kap. 10.2.2.), so ist Geld nicht nur mit einem, sondern mit mehreren Bedürfnissen appetitiv verknüpft. Diese Zielvorstellung wird somit durch sehr viele, gegebenenfalls sogar durch alle basalen Bedürfnisse aktiviert und entfaltet so eine besonders ausgeprägte motivatorische ‚Kraft‘. Insbesondere kommt dann der Effekt der Kompetenzsteigerung durch die positivere hedonische Tönung des Erwartungshorizonts in besonderem Ausmaß zum Tragen, weil man begründet erwarten darf, möglicherweise auftretende Unbill erfolgreich zu meistern.

Sekundäre Ziele stellen im Grunde genommen immer Ressourcen dar, seien es Werkzeuge wie der Grabstock oder ‚Verbrauchsmittel‘ wie das Geld. Das Bedürfnis nach der Verfügbarkeit einer solchen Ressource unterscheidet sich von den primären Bedürfnissen dadurch, dass das Ausmaß des Bedürfnisses durch kognitive Bewertungsprozesse ermittelt wird:

Auf der eine Seite ist das Bedürfnis nach solchen Ressourcen selten gestillt, denn die Erfüllung des Bedürfnisses ist nicht, wie bspw. beim Hunger, von relativ klaren körperlichen Gegebenheiten bestimmt (wenn man satt ist, ist man satt und Essen bringt dann höchstens eine Verschlechterung des Zustands). Stattdessen ergibt sich aus den Wissensbeständen (insbesondere bzgl. der Wirkwelt), wie viel der Ressource zur Erfüllung der primären Bedürfnisse benötigt wird. Da man sich aber nahezu immer eine noch lustvollere Zukunft wünschen kann, da man mehr oder weniger weit in die Zukunft schauen kann und da man mehr oder weniger widrige, diese Ressource erfordernde Eventualitäten bedenken kann, kann man von solchen Ressourcen – sofern sie denn halbwegs lagerbar sind – eigentlich nie genug haben. Das kognitive System setzt sich also selbst ein Anspruchsniveau, mit dessen Erfüllung es ‚glücklich‘ ist, d.h. es ist auch Sache eines erfolgreichen ‚Selbstmanagements‘, sich realistische Ansprüche zu setzen, um aus deren Erreichung Lustgefühle ziehen zu können.

Auf der anderen Seite ist nicht nur das Anstreben einer Ressource appetitiv, sondern ihr Verbrauch durch Abnutzung (von Werkzeugen), aber insbesondere durch Ausgeben (von Verbrauchsmitteln) ist immer aversiv, da dadurch Handlungsmöglichkeiten eingeschränkt werden und sich somit die hedonische Tönung des Erwartungshorizonts in jedem Fall verschlechtert. (In der Sprache Oestereichs: Die Situation verändert sich in Richtung einer weniger effizienten und divergenten). Solche Bedürfnisse wirken also gerade bei Verbrauchsmitteln fast wie zwei Bedürfnisse: Das Erwerben ist ein appetitives Bedürfnis und das Ausgeben bzw. Abnutzen ist ein aversives Bedürfnis; dementsprechend werden hier immer Appetenz- und Aversionsziele gebildet.

Inwieweit man die Phylo- und/oder Ontogenese der Entstehung von instrumentellen Bedürfnissen durch das Modell nachbilden möchte, hängt von der Zielsetzung der Modellkonstruktion ab: Ist diese auf Grundlagenforschung ausgerichtet, so wäre dies gegebenenfalls zu fordern. Ist die Modellentwicklung jedoch, wie im vorliegenden Fall, anwendungsorientiert motiviert, so wird die Ansicht vertreten, dass bei Vorlegung einer theoretischen Erklärung auf der konzeptionellen Ebene die faktische Voraussetzung von instrumentellen Bedürfnissen für die Implementierung ausreichend ist.

17.2.2. Vermeidungsziele, motivationaler Kern von Vermeidungsabsichten und Anreiz

Die zuvor beschriebene Art der Generalisierung von Erfahrungen, die zur Bildung sekundärer Bedürfnisse führt, macht insbesondere für aversive Bedürfnisse Sinn. Denn wenn man einmal von einem wütenden Hund gebissen worden ist, so ist nicht nur die unmittelbare Eingangssituation ‚wütender Hund‘ ein (primäres) aversives Ziel: Zusätzlich werden durch rückwirkende Verstärkung (vgl. Kap. 15.) sinnvollerweise das dem ‚Gebissenwerden‘ zeitlich und kausal vorgelagerte Näherkommen eines wütenden Hundes und gegebenenfalls sogar Hunde im Allgemeinen als (sekundäres) aversives Ziel etabliert, welches es zu vermeiden gilt. Die Vermeidungsabsicht wird dann unmittelbar durch die Wahrnehmung des sekundären aversiven Ziels Hund gebildet und muss nicht mittelbar über die kognitiv aufwendigere und damit langsamere Bildung einer Vermeidungsabsicht aufgrund der Antizipation eines aversiven Ereignisses im Erwartungshorizont (der Hund könnte wütend werden und mich dann beißen, vgl. Kap. 17.2.7.) erfolgen. Diese Art von Motivation kann man daher auch Tieren zuschreiben, ohne so etwas wie Einsicht oder Zukunftsbewusstsein annehmen zu müssen.

Was aber ist nun der motivationale Kern einer solchen Vermeidungsabsicht? Denn das aversive Bedürfnis (nach körperlicher Unversehrtheit/Schmerzvermeidung) ist ja noch gar nicht aktiviert, weil man, im Falle des Hundes, noch gar nicht gebissen worden ist, sondern die Wahrnehmung des Hundes ist ein Signal, das mit mehr oder minder großer

Wahrscheinlichkeit das Eintreten des aversiven Bedürfnisses in mehr oder minder großem Ausmaß erwarten lässt.

Während also bei einem bestehenden Bedürfnis über eine Appetenz-Relation das Ziel aktiviert und die Bildung einer (appetitiven) Absicht initiiert werden, läuft es bei einem Vermeidungsziel genau umgekehrt: Die Wahrnehmung des Vermeidungsziels aktiviert über eine Aversions-Relation das aversive Bedürfnis (man spürt, sozusagen ‚imaginativ‘, schon die Zähne im Bein) und initiiert die Bildung einer Vermeidungsabsicht, deren motivationaler Kern das imaginierte Ausmaß und die subjektive Eintrittswahrscheinlichkeit des aversiven Bedürfnisses sind.

Die Aktivierung eines Bedürfnisses durch situationale Aspekte scheint es aber nicht nur bei Vermeidungszielen zu geben: Wer hat nicht schon mal durch guten Essensduft Appetit entwickelt, obwohl man eigentlich gar nicht hungrig ist? Und dies ist nicht nur eine reine Sache der guten Gelegenheit (der hohen Erfolgserwartung), sondern der Essenswunsch wird durch den Anblick oder den Geruch von Essen erst ‚angestachelt‘. (In der Motivationspsychologie spricht man in diesem Zusammenhang von Interaktionalismus (Lewin, 1935), d.h. das motivationale Geschehen ergibt sich aus persönlichem Motiv und situationsbedingtem Anreiz, von einer *push*- und *pull*-Motivation (Schultheiss & Brunstein, 1997) oder auch von einer „*doppelten Motivierung des Appetenzverhaltens*“ (Lorenz, 1937, S.295 nach Rheinberg, 2002), d.h. der Organismus wird „getrieben und gelockt“ (Rheinberg, 2002).)

Die Notwendigkeit, die Wirksamkeit des situationalen Anreizes auch bei appetitiven Zielen zu beachten und dies nicht nur auf Vermeidungsziele zu beschränken, wird auch durch Erfahrungen mit einer Implementierungsvariante der PSI-Theorie bekräftigt, die insbesondere auf die Detaillierung und Überprüfung motivationaler, emotionaler und sozialer Konzepte und Implikationen der PSI-Theorie zielt. Es zeigte sich, dass ohne die Annahme eines situationalen Anreizes des (appetitiven) Affiliationsbedürfnis, d.h. die Auslösung bzw. wesentliche Verstärkung des Affiliationsbedürfnisses durch die Anwesenheit von Artgenossen, kein plausibler Aufbau von ‚zwischenpersönlichen‘ Beziehungen zu Stande kam (Dörner, 1986).

17.2.3. Geschehnisschemata

Der PSI-Theorie zufolge unterscheiden sich Geschehnisschemata strukturell nicht von den anderen bereits detaillierter eingeführten Schemata: Sie sind genauso sensumotorische Schemata wie die sensorischen Schemata und die Verhaltensprogramme und sie können genauso hierarchisch organisiert sein und Abstraktionen abbilden.

Der Unterschied liegt in ihrer Bildung: Sensorische Schemata werden dann angelegt, wenn etwas zum ersten Mal wahrgenommen wird; sie unterliegen auf der einen Seite einem Zerfallsprozess, der das Vergessen bewirkt, und werden

auf der anderen Seite durch Gebrauch verstärkt. Verhaltensprogramme werden dann als Teil des Protokolls angelegt, wenn sie zum ersten Mal in dieser Form durchgeführt werden; auch sie unterliegen auf der einen Seite einem Zerfallsprozess, der das Vergessen bewirkt, und werden auf der anderen Seite durch (Wieder)Gebrauch verstärkt und bleiben dadurch als Gedächtnisinseln vom Protokoll bestehen. Für beide Schemata wird angenommen, dass es Konsolidierungsprozesse gibt, die diese Schemata gewissen Abstraktionsprozessen unterwerfen.

Geschehnisschemata werden nun überhaupt erst durch irgendeine Art von Konsolidierungsprozess gebildet, der aus dem Protokollgedächtnis und/oder den vorliegenden Verhaltensprogrammen ein Geschehnisschema durch eine Art Generalisierung, wie z.B. ‚Ausfällung des Gemeinsamen‘, herausdestilliert. Reine Geschehnisschemata sind im Grunde genommen Verhaltensprogramme, die nicht auf die Umwelt einwirken, da ihre effektorischen Teile ein ‚Nichtstun‘, ein ‚Beobachten‘ oder ein ‚Egal-was-man-tut‘ abbilden. (Bspw. wird ein fallender Stein auf den Boden landen, wenn man ihn nur beobachtet und nicht durch ein Auffangen eingreift; die Sonne wird auf- und untergehen, egal was man tut.)

Geschehnisschemata stellen somit zunächst ein Weltwissen dar, das Ψ s Wissen über Wirkzusammenhänge jenseits seiner eigenen Eingriffsmöglichkeiten hinaus erweitert. Sie ‚dynamisieren‘ aber auch Ψ s Wissen über die Welt und fügen diesem Wissen eine zeitliche Dimension hinzu (Details siehe folgendes Kapitel). Denn wenn bspw. das Reifen eines Apfelbaums als Geschehnisschema repräsentiert ist und unreife Äpfel aversiv und reife Äpfel appetitiv verknüpft sind, dann kann Ψ aus diesen Wissensbeständen ableiten, dass es an einem Ort, an dem es im Sommer einen Apfelbaum mit unreifen Früchten gesehen hat, im Herbst reife Äpfel vorfinden wird.

17.2.4. Geschehnisschemata und Zeitbezug

Die Geschehnisschemata ermöglichen nun eine zeitspezifische mentale Repräsentation, die wiederum die Basis für entsprechende Lernprozesse ist und Ableitungen, wie die soeben im Apfelbaumbeispiel angesprochenen, überhaupt erst ermöglichen:

Zunächst einmal sei vorausgeschickt, dass sich unsere Umwelt permanent durch das Verstreichen von Zeit verändert (‚man kann nicht zweimal in denselben Fluss steigen‘), nichtsdestotrotz schreiben wir Orten, Objekten oder Lebewesen zu unterschiedlichen Tages- oder Jahreszeiten oder in unterschiedlichen Entwicklungsphasen eine Identität zu, obwohl sie sich permanent verändern.

Dies ist aber eine Fähigkeit, die sich erst im Laufe unseres Lebens entwickelt, genauso wie Babys zunächst lernen müssen, die Sinneseindrücke, die sie auf verschiedenen Sinneskanälen von einem externen Objekt bekommen, zu

koordinieren, sprich, sie als von demselben Objekt stammend, zu identifizieren; zudem müssen sie anschließend lernen, ein und dieselbe Sache aus verschiedenen Perspektiven und/oder Entfernungen zu identifizieren oder Lebewesen in unterschiedlichen Körperstellungen und Bewegungsformen als dieselben zu erkennen. Dies lässt sich zunächst mit Hilfe der Symbolabstraktheit erklären, durch die eine Art ‚Sinnesgestalt‘ gebildet wird: Es gibt einen ‚Kopfknoten‘, der auf unterschiedliche, aus verschiedenen Sinneskanälen stammende sensorische Schemata verweist. Handelt es sich um ein sich bewegendes Objekt, sind diese zudem in unterschiedliche Geschehnisschemata (bspw. für verschiedene Bewegungsformen) eingebunden.

Es wird zudem vorgeschlagen, dass zusätzlich gegebenenfalls eine ‚Zeitgestalt‘ gebildet wird: Diese Zeitgestalt wäre ein einfaches Geschehnisschema, welches die zeitliche Entwicklung eines Objekts, einer Situation, eines Lebewesens etc. beschreibt. Denn wenn derselbe Ort oder dasselbe Objekt zu unterschiedlichen Tages- oder Jahreszeiten oder in unterschiedlichen Entwicklungsstufen anders aussieht, so lernen wir doch, dies als denselben Ort oder dasselbe Objekt zu kategorisieren, aber eben in unterschiedlichen Zuständen, und diese Zustände sind durchaus zeitlich geordnet und man weiß um ihren zeitlichen Abstand. Diese ‚Entwicklungs-Geschehnisschemata‘ können, müssen aber nicht, zyklisch sein: So wäre bspw. die Existenz von Zyklusdauern von einem Tag und einem Jahr für die belebte Umwelt plausibel, da dies die beiden Zeitperioden der Regularitäten sind, die (in der Lebensspanne eines Lebewesens) natürlicherweise vorkommen, während hingegen bspw. für technische Anlagen übliche Wartungsintervalle in Frage kommen. Dies legt nahe, dass einem Objekt, einer Situation etc. mehrere solcher ‚Entwicklungs-Geschehnisschemata‘ mit jeweils unterschiedlichen Zeitbezügen zugeordnet sein können.

Zudem kann jede Art von Objekt oder Situation in übergeordnete Geschehnisschemata eingebunden sein (bspw. ein Ball in das abstrakte Geschehnisschema ‚Verhalten eines geworfenen Objektes‘).

Somit bedeutet ein Erkennen von etwas als etwas nicht nur, dass das Objekt an sich identifiziert wird, sondern auch, dass es a) räumlich eingeordnet wird (Orientierung im Raum, Größe, Entfernung etc.) und b) zeitlich eingeordnet wird (Position im Tages- und Jahresverlauf, Entwicklungsphase, Geschwindigkeit etc.).

Nimmt man zudem an, dass generelle Geschehnisschemata von Tages- und Jahresverlauf gebildet werden, so ergibt sich dadurch ein universeller Bezugsrahmen für die Gesamtheit aller Geschehnisschemata, durch den sich Zeitpunkte, -dauern und -abstände ableiten lassen.

Man kann also zum einen davon ausgehen, dass die mentale Repräsentation einer Situation bzw. eines Verhaltensprogramms auch Informationen hinsichtlich Zeitpunkt bzw. Zeitdauer enthält, wodurch die Basis für ein

zeitspezifisches Wissen und entsprechende Lernprozesse geschaffen wird. Damit ist die theoretische Erklärung für einen Zeitbezug gegeben.

Zum anderen kann man davon ausgehen, dass durch den generellen Bezugsrahmen der aktuelle Zustand von in der Vergangenheit wahrgenommenen Situationen (bei Einsatz eines entsprechenden kognitiven Aufwands) ableitbar ist. Letzteres ist im Falle zyklischer tages- bzw. jahreszeitspezifischer Entwicklungs-Geschehnisschemata deutlich einfacher als im Falle von nicht zyklischen Schemata: Für tages- bzw. jahreszeitspezifische Entwicklungs-Geschehnisschemata ist nur eine Synchronisation der Schemata anhand der Tages- bzw. Jahreszeit zu leisten. Für nicht zyklische Schemata ist zunächst die Zeitdauer zu bestimmen, die seit der letzten Wahrnehmung der Situation vergangen ist; dieser in der Vergangenheit wahrgenommene Zustand ist dann entsprechend zu extrapolieren, d.h. von dem entsprechenden Punkt in der Vergangenheit ausgehend, ist ein Erwartungshorizont zu projizieren, der den Zustand in der Jetztzeit beschreibt.

Hinsichtlich der Implementierung für einen Anwendungsbereich bedeuten diese Ausführungen, dass Gedächtnisinhalte zeitspezifisch sein sollten, und zwar sowohl in der Hinsicht, wie lange eine Handlung braucht, als auch in der Hinsicht, zu welchem Zeitpunkt eine Handlung in welcher Zielsituation bedürfnisbefriedigend ist, als auch zu welchem Zeitpunkt und mit welcher Dauer ihre Durchführung erfolgen soll, wenn sie, wie in einem der folgenden Kapitel beschrieben (Kap. 17.2.10.2.), vorab geplant wird.

17.2.5. Geschehnisschemata und Erwartungshorizont, ‚hedonische‘ Tönung

Der durch das Sicherungsverhalten angestoßene Prozess des Vorausblickens identifiziert (vermutlich) ablaufende Geschehnisschemata, indem er das Protokollgedächtnis mit den im permanenten Gedächtnis befindlichen Geschehnisschemata vergleicht (so wie bspw. HyPercept aktuelle sensorische Eindrücke mit permanenten sensorischen Schemata vergleicht). Wird ein Geschehnisschema als ablaufend identifiziert, so wird es Teil des Erwartungshorizonts; es wird jedoch nicht davon ausgegangen, dass damit zwangsläufig irgendeine Art von Plausibilitäts- oder Konsistenzprüfung (bezüglich anderer als ablaufend identifizierter Geschehnisschemata oder bereits gefasster Handlungspläne) einhergeht, sondern dass dies einer expliziten Aufmerksamkeitszuwendung, wie z.B. bei der Erstellung eines Handlungsplans, bedarf.

Außerdem geht man davon aus, dass die zukünftigen Teile des Handlungsplans einer Absicht ebenfalls Teil des Erwartungshorizonts sind (detaillierter siehe Kap. 17.2.10.2.).

Anzumerken ist, dass ein Erwartungshorizont im Regelfall mehr oder minder verzweigt ist, da es sich bei den Geschehnisschemata um abstrakte Schemata

handelt.³³ Durch das Erinnerungsstärkeverhältnis der verzweigenden Pfade ist damit implizit die Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter zukünftiger Ereignisse gegeben: Bildhaft kann man sich den Erwartungshorizont wie eine Wurzel vorstellen, deren Basis im Hier und Jetzt liegt und deren mehr oder minder starke Verästelungen (= mögliche Entwicklungspfade mit mehr oder minder hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten) sich in die Zukunft erstrecken und mit zunehmender Entfernung immer schwächer werden, um sich schließlich in der Ferne zu verlieren.

Die PSI-Theorie nimmt an, dass die Gestalt des Erwartungshorizonts einen Einfluss auf die Bestimmtheit hat: Je weniger Verzweigungen es gibt und je prägnanter die Eintrittswahrscheinlichkeiten verteilt sind, desto eindeutiger und damit bestimmter ist die Zukunft.

Außerdem wird angenommen, dass der Erwartungshorizont eine sogenannte hedonische Tönung (Strohschneider, 2001, S.282) hat, die in die aktuelle Lust-Unlust-Bilanz eingeht und die sich aus der Bedürfnisrelevanz der Geschehnisschemata ergibt: Deren Ereignisse (sprich das Eintreten bestimmter Situationen) sind über Appetenz- und Aversionsrelationen mit den Bedürfnissen verknüpft, d.h. es werden nicht nur zukünftige Ereignisse mit einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit erwartet, sondern die durch Imagination aktivierten Ereignisse wirken über die entsprechenden Relationen aktivierend bzw. dämpfend (erzeugend bzw. stillend) auf die Bedürfnisindikatoren. Dadurch werden entsprechende Zukunftsabschnitte mit einer zu erwartenden Lust-Unlust-Bilanz ‚getränkt‘, die bestimmte Entwicklungspfade anstrebenswert und andere vermeindugswürdig macht. Diese ‚imaginative Lust-Unlust-Färbung‘, die besagte hedonische Tönung, ist also bezüglich des Lust/Unlustzentrums wirksam, auch wenn die Wirkung dieser zukünftigen Ereignisse schwächer ist als die aktueller, tatsächlicher Ereignisse. Denn auch wenn es einem im Hier und Jetzt gut geht, fühlt man sich nicht wohl, wenn Unangenehmes bevorsteht (Furcht/Angst), bzw. man fühlt sich wohl, wenn angenehme Dinge bevorstehen (Vorfreude).

Beide Ableitungen aus dem Erwartungshorizont, das heißt sowohl die Bestimmtheit als auch die hedonische Tönung der Zukunft, muss man sich nicht als kognitiv aufwendigen Auswertungsprozess vorstellen, sondern anschaulich gesehen eher als eine Art mitlaufender ‚Feldmessung‘ der aktivierten Verknüpfungen, welche die ‚Prägnanz‘ (Verteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten) und die ‚Polarität‘ (Lust-Unlust) der aktivierten Geschehnisschemata abschätzt.

³³Wie in Kap. 15.1.4. beschrieben, wird Abstraktion dadurch erreicht, dass ein Schema mehrere Möglichkeiten in sich vereint, indem es Varianten (= Verzweigungen) zulässt.

17.2.6. Geschehnisschemata eigener Bedürfnisse und Handlungen, zeitliche Komponente von Zielen

Es wird weiter davon ausgegangen, dass Geschehnisschemata nicht auf externe Vorgänge beschränkt sein müssen, sondern alle eine Situation charakterisierenden Aspekte betreffen können. Insbesondere wird davon ausgegangen, dass im Falle der Herausbildung von Regularitäten im Lebensvollzug ‚Selbstwissen‘ in Form von Geschehnisschemata der eigenen Bedürfnisentwicklung und der sie befriedigenden Handlungen entsteht, d.h. man erwartet von sich selbst bestimmte Bedürfniszustände und Verhaltensweisen, deren Einfluss auf die hedonische Tönung neutral sind, da sie sich gegenseitig kompensieren. (Bspw. weiß ich, dass ich im Regelfall dreimal am Tag Hunger bekomme und dann etwas esse. Oder: Wenn ich üblicherweise werktags zwischen 23:30h und 7:30h schlafe, so wird dies auch Teil meines Erwartungshorizonts sein. So konkret muss die Erwartung aber nicht sein, vorstellbar wäre auch: 8h Schlafen zwischen 22h und 9h.)

Diese Geschehnisschemata stellen in jedem Fall ‚Bewältigungswissen‘ dar und gehören somit zu jenen Gedächtnisinhalten, die bei Bildung einer Absicht verknüpft werden. Insbesondere dürften sie, in abstrahierter Form, einen Teil der ontogenetischen ‚Absichtsgeschichte‘ darstellen (vgl. Kap. 15.).

Zudem wird durch diese Wissensbestände auch das nur beim (erwachsenen) Menschen anzutreffende Phänomen des Bedürfnisaufschubs erklärbar: Es wird davon ausgegangen, dass Menschen durch Generalisierung von Zeitabschnitten mit einer guten Lustbilanz lernen können, wann, wie häufig und wie lange sie entsprechende Handlungen idealerweise durchführen müssen, um eine möglichst gute Lustbilanz zu erhalten, und auf diese Weise feststellen, dass ein Bedürfnisaufschub durchaus lohnenswert sein kann. Denn auf der einen Seite ist das Lustgefühl um so größer, je stärker das Bedürfnis ist, d.h. je länger die Befriedigung des Bedürfnisses auf sich warten ließ; auf der anderen Seite ist das Bestehen eines Bedürfnisses mit Unlust verbunden. Bildet man nun die Lust-Unlust-Bilanz über die Bestehenszeit des Bedürfnisses ab, hat diese Kurve ein Optimum. Die Berücksichtigung derartiger Wissensbestände bei der Handlungsplanung erlaubt also die Bestimmung des optimalen zukünftigen Zeitpunkts bzw. des optimalen zeitlichen Abstands (und gegebenenfalls der optimalen Zeitdauer, s.u.) der Durchführung einer Handlung; dies speist die Motivation, jetzt Unannehmlichkeiten in Kauf zu nehmen, um später etwas Angenehmes zu bekommen oder noch größeren Schaden abzuwenden.

Konsequenterweise würde dies aber auch bedeuten, dass ein Ziel nicht nur aus der Zielsituation (situative Komponente) und der darin durchzuführenden Zielhandlung (Handlungs-Komponente) besteht, sondern dass ein Ziel auch eine zeitliche Komponente beinhaltet, nämlich Zeitpunkt und -dauer der Zielhandlung. Letzteres ist sowieso notwendig für Bedürfnisse, die nicht durch

Einverleibung eines Konsumguts, sondern durch Aufenthalt in einer Konsumsituation befriedigt werden wie bspw. beim Schlafen.

D.h. Menschen lernen evtl. nicht nur, welche Zielsituationen anstrebenswert sind, sondern auch wann, wie häufig und wie lange sie sich in diesen Situationen aufhalten und etwas Bestimmtes tun müssen, um zu einer guten Lustbilanz zu gelangen. Diese Lernerfahrung würde durch die Zeitkomponente von Zielen repräsentiert, die appetitiv mit den entsprechenden Bedürfnissen verknüpft ist und die durch Besinnung entsteht. Besonders deutlich wird dieser Aspekt, wenn es für die Befriedigung eines Bedürfnisses nur eine Handlung, aber viele, problemlos erreichbare Ziele gibt. Dann wäre vorstellbar, dass Handlungen primär durch die zeitliche Komponente von Zielen (in der Art ‚3-mal täglich essen‘ oder ‚alle Stunde Logbucheintrag machen‘ organisiert sind und erst sekundär durch die Situationen (situative Komponente von Zielen), in denen dies möglich ist.

Auch wenn dieses Wissen ‚nur‘ bedürfnisspezifisch vorläge, so wäre es doch auch gleichzeitig ein Koordinierungswissen über die Realisierung der Handlungen bezüglich aller Bedürfnisse, da dann die zeitliche Komponente von Zielen bezüglich aller Bedürfnisse eine gewisse Passung aufweisen müsste, damit die Gesamt(un)lustbilanz entsprechend positiv ausfällt. D.h. Menschen hätten, zumindest in hoch routinisierten Lebensbereichen, eine Art Handlungsagenda bzw. -repertoire, durch die bzw. durch das sie ‚automatisch‘ wissen, wann was zu tun ist, damit ‚es gut läuft‘, ohne dafür aufwendige kognitive Prozesse anstrengen zu müssen.

Alle in diesem Kapitel beschriebenen Konzepte bedürfen einer leistungsfähigen Generalisierung, eines gewissen kognitiven Aufwands und einer gewissen Erfahrung mit dem eigenen ‚Bedürfnisbefriedigungsmanagement‘ (vgl. Kap. 17.2.8.), d.h. es ist durchaus schlüssig, dass Kinder dies erst lernen müssen und dass Tiere dies nicht können.

17.2.7. Bildung einer Vermeidungsabsicht durch Antizipation

Wie bereits angedeutet (Kap. 17.2.2.), ist der Erwartungshorizont die Basis für das Handeln aufgrund von Antizipation: Denn wenn im Erwartungshorizont ein relativ wahrscheinlicher Entwicklungspfad ein aversives Ereignis enthält, so wird eine sogenannte Vermeidungsabsicht gebildet, deren motivationaler Kern das entsprechende Bedürfnis ist, deren Auswahldruck sich damit aus einem ‚imaginierten‘ Ereignis im Erwartungshorizont ergibt und deren Ziel die Vermeidung des aversiven Ereignisses ist.

Ausgelöst wird die Bildung der Vermeidungsabsicht durch die Veränderung der hedonischen Tönung des Erwartungshorizonts in Richtung Unlust, die durch das Hinzukommen des Geschehnisschemas verursacht wird, welches das aversive Ereignis enthält. So wie das unlustvolle Bestehen eines aversiven Bedürfnisses dazu führt, dass eine Absicht zu dessen Beseitigung gebildet wird,

führt die durch das aversive Ereignis ausgelöste antizipierte ‚imaginierte‘ Unlust dazu, dass eine Vermeidungsabsicht zu deren Beseitigung gebildet wird.

17.2.8. Erinnerungstärke, Confirmation, Amalgamisierung und Anspruchsniveaus

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass bei der Ermittlung einer zielführenden Handlungsoption eine Handlungsleiter durchlaufen wird, die eine Handlungssequenz zu ermitteln sucht, welche die Ist-Situation in die Ziel-Situation überführt. Dafür wird zunächst das Gedächtnis nach einer Handlungssequenz durchsucht, die diesen Effekt aus eigener Erfahrung hat, und falls eine solche nicht gefunden wird, wird gegebenenfalls anschließend das Gedächtnis nach (Teilen von) bekannten Handlungssequenzen durchsucht, die sich vermutlich zu einer entsprechenden Sequenz kombinieren lassen. Dabei wird davon ausgegangen, dass Ψ die stärkste Erinnerung zuerst einfällt.

Technisch gesprochen, vereinigt diese Suche im Gedächtnisnetzwerk von Ψ s Wirkwelt Aspekte einer Breitensuche und einer iterativen Verbesserung: Einerseits werden mögliche zu erreichende Zustände erst im Laufe der Suche gebildet und die Richtung der Suche wird dabei durch bereichsspezifisches Wissen angeleitet. Andererseits wird ein Pfad (Handlungssequenz) gebildet, dessen ‚Länge‘ dem eingesetzten kognitiven Aufwand entspricht. Dabei wird der eingesetzte kognitive Aufwand durch den Bedürfnisdruck und die Schrittweite der Suche durch den *Auflösungsgrad* (s.u.) moduliert. Dieses Verfahren ermöglicht es, höchst anspruchsvolle Optimierungsprobleme wie das klassische Traveling-Salesman-Problem und das klassische Rucksack-Problem, die sich im Zuge nahezu jeder organisierten menschlichen Tätigkeit einstellen, mit einem praktikablen Aufwand zu lösen.

Jegliche durch dieses Verfahren ermittelte Handlungssequenz (=Handlungsplan) wird einer sogenannten CONFIRMATION-Prozedur unterworfen, d.h. die gefundene oder konstruierte Handlungssequenz wird einer Prüfung hinsichtlich ihrer Erfolgswahrscheinlichkeit und hinsichtlich ihres Wertes (Lustgewinn) unterzogen, denn nur weil man sich an eine Handlungsmöglichkeit gut erinnert, heißt das ja nicht zwangsläufig, dass dies eine angenehme und/oder zuverlässig funktionierende Handlungsmöglichkeit ist.³⁴

Auch diese Prüfung muss man sich nicht als kognitiv aufwendigen Auswertungsprozess vorstellen, sondern, anschaulich gesehen, eher als eine Art mitlaufende ‚Feldmessung‘ der aktivierten Appetenz- und Aversionsrelationen;

³⁴In den Implementierungsvarianten werden jedoch anscheinend nur sogenannte *Nebenziele*, d.h. Ziele der nicht handlungsleitenden Absichten, berücksichtigt, oder es wird ein sogenanntes Widerlegungsgewicht gebildet, in welches nur Misserfolgshäufigkeiten und Vermeidungsziele negativ eingehen und das bei Unterschreitung einer bestimmte Toleranzschwelle zur Zurückweisung der Handlungssequenz führt.

diese ‚Feldmessung‘ schätzt die ‚Stringenz‘ (Eintrittswahrscheinlichkeit aus der Stärke der Sequenzverknüpfungen) und die ‚Polarität‘ (Lust-Unlust aus den Appetenz- und Aversionsrelationen der verknüpften Situationen gewichtet mit der Stärke des entsprechenden Bedürfnisses) der gefundenen oder konstruierten Handlungssequenz ab.

Das Zusammenspiel des Finde- bzw. Konstruktionsverfahrens der zielführenden Handlungssequenzen mit der CONFIRMATION-Prozedur kann man als eine Umsetzung des von Simon (Simon, 1982) entwickelten Konzeptes der ‚bounded rationality‘ interpretieren: Es besagt, dass Menschen nicht unbedingt das Optimum des Erreichbaren anstreben, sondern sich mit einer zufriedenstellenden Lösung begnügen. Begründet wird dies mit den beschränkten kognitiven Fähigkeiten des Menschen, die es auch ökonomisch sinnvoll erscheinen lassen, nicht all zu viel der begrenzten Ressource ‚Nachdenken‘ auf das Finden einer Handlungsoption zu verwenden, sondern es beim Erreichen einer zufriedenstellenden (‚satisficing‘) Lösung zu belassen und nicht weiter zu suchen (= nicht weiter nachzudenken). Genau dies wird in der PSI-Theorie berücksichtigt: Die Art und Weise des Finde- bzw. Konstruktionsverfahrens für zielführende Handlungssequenzen ermittelt diese in der Reihenfolge des mit ihrer Ermittlung verbundenen kognitiven Aufwands. Dabei wird die jeweils ermittelte Handlungsoption zunächst zur Prüfung in die CONFIRMATION-Prozedur geschickt; und nur falls die Prüfung nicht erfolgreich ausfällt und die Handlungsoption somit verworfen wird, wird die nächste Handlungsoption ermittelt, sprich es wird weiter gesucht bzw. konstruiert.

Dieses Konzept führt zu drei Folgefragen:

- 1) Wie werden die Anspruchs- bzw. Toleranzgrenzen für die CONFIRMATION-Prozedur festgelegt? D.h. wie wird festgelegt, unter welchen Bedingungen eine gefundene Handlungsoption tragbar ist? (Ist mir das Ernten der Frucht den schmerzhaften Kontakt mit Brennesseln wert oder lass ich es dann lieber? Ist mir der Eisbecher 10 € wert oder lass ich es dann lieber? Ist mir der Gang ins Planetarium eine zweistündige Autofahrt wert oder lass ich es dann lieber?)
- 2) Wie wirkt sich die Aufnahme von (appetitiven) Nebenzielen bzw. (aversiven) Vermeidungszielen in den Handlungsplan der handlungsleitenden Absicht auf? D.h. wie wirkt sich dies auf die entsprechenden Bedürfnisstärken und auf die Auswahldrücke der entsprechenden Absichten aus?
- 3) Wie scharf trennend ist die Wirkung der Erinnerungsstärke? D.h. fallen einem wirklich alle Lösungsoptionen nacheinander ein und werden nacheinander durch eine CONFIRMATION-Prozedur überprüft und bewertet oder wären auch eine parallele Überprüfung und Bewertung mehrerer Lösungsoptionen vorstellbar?

Zu 1)

Es wird die Ansicht vertreten, dass jedes Motiv und jede Absicht mit einem gewissen Anspruchsniveau verbunden ist, welches aus den bisherigen Erfahrungen mit der Befriedigung des Bedürfnisses resultiert:

So repräsentiert die Stärke der Appetenzrelation das Ausmaß an Bedürfnisbefriedigung, welche durch das assoziierte Ziel erfahrungsgemäß in der Vergangenheit erzielt wurde, d.h. bereits aus dem Assoziationsfeld der Ziele (dem Motiv) lässt sich ablesen, welches Ausmaß an Bedürfnisbefriedigung üblicherweise erwartet werden darf (Anspruchsniveau) bzw. welche konkrete Situation einen vergleichsweise großen bzw. kleinen Effekt hinsichtlich der Senkung der Bedürfnisstärke hat. Entsprechendes gilt für die Aversionsrelationen zu Vermeidungszielen und daraus resultierenden Toleranzniveaus und damit für die mit einer Handlung einhergehenden unlustvollen Ereignisse.

Hinzu kommt, dass jedes Ziel (genauer gesagt, die Durchführung der entsprechenden Zielhandlung in der Zielsituation) nicht nur Konsequenzen hinsichtlich eines Bedürfnisses hat, sondern im Regelfall mehrere Bedürfnisse in unterschiedlichem Ausmaß befriedigt. So besteht bspw. jedes Nahrungsmittel aus mehreren Nährstoffkomponenten und insbesondere gibt es unterschiedliche Geschmacksstoffe, die ein Nahrungsmittel mehr oder minder attraktiv machen, da beim Essen neben der Hungerstillung auch ein appetitives Bedürfnis nach Wohlgeschmack (bzw. ein aversives Bedürfnis nach keinwiderlicher-Geschmack) mehr oder minder stark befriedigt (bzw. verletzt) wird. D.h. auf Basis der Erfahrung ist durch eine bestimmte Handlung in einer bestimmten Situation nicht nur ein bestimmtes Ausmaß an Bedürfnisbefriedigung hinsichtlich eines Bedürfnisses zu erwarten, sondern es werden im Regelfall immer mehrere Bedürfnisse sowohl appetitiv als auch aversiv betroffen sein.

Diese ‚Amalgamisierung‘ von Befriedigung und Erweckung mehrerer Bedürfnisse durch eine einzige (konsummatorische) Handlung im alltäglichen Leben macht dann hinsichtlich eines Bedürfnisses die ‚Qualität‘ unterschiedlicher Ziele aus: Je weniger unlustvolle Ereignisse und je mehr weitere lustvolle Ereignisse (jenseits der Befriedigung des Kernbedürfnisses, um dessen willen das Ziel angestrebt wird) damit einhergehen, desto höher die Qualität³⁵.

³⁵ Wie bereits erwähnt, wird in den bisherigen Implementierungen im Regelfall vereinfachend davon ausgegangen, dass eine konsummatorische Handlung angewandt auf ein Konsumgut genau ein physiologisch bedingtes Bedürfnis innerhalb eines Simulationstaktes vollständig befriedigt, egal in welcher Situation und zu welcher Uhrzeit sie angewendet wird. Das bedeutet, dass die Konsumgüter immer die gleiche Qualität haben, egal wann oder wo sie gefunden wurden, d.h. ein Apfel oder eine Birne stillen den Hunger auf immer die gleiche Art und Weise und im gleichen Ausmaß und es gibt erst recht keinen Unterschied zwischen Äpfeln verschiedener Qualität oder Größe.

Die Konzeptionalisierung von ‚Kosten‘ und ‚Nutzen‘ ist je nach Anwendungsbereich und Modellierungsziel spezifisch in einer Implementierung zu berücksichtigen und kann hier nicht allgemein diskutiert werden, d.h. spezifisch für den jeweiligen Anwendungsbereich sind eine differenzierte Erarbeitung und Operationalisierung einer Kosten-Nutzen-Ermittlung und -Bewertung einer Handlungsoption erforderlich. Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass man auf der Nutzenseite auf die (sekundäre) Bedürfnisbefriedigung und auf der Kostenseite auf den Ressourcenverbrauch wird achten müssen.

Zudem verbraucht jegliche Art von Aktivität, auch geistige, Energien und ist somit immer auch aversiv; somit sollte eine Aktivität nur dann auf sich genommen werden, wenn die hedonische Belohnung, welche die Aktivität verspricht, den algedonischen Verbrauch von Energie mehr als kompensiert, sprich die Lust-Unlust-Bilanz der Handlung insgesamt positiv ist. Auch dies sollte durch die Anwendung der CONFIRMATION-Prozedur sichergestellt werden.

Es wird daher argumentiert, dass die CONFIRMATION-Prozedur zum einen sicherstellt, dass nur Handlungsoptionen mit einer positiven Lust-Unlust-Bilanz akzeptiert werden und dass es eine gewisse Mindestanforderung hinsichtlich des Lustgewinns gibt, welche direkt aus der allgemeinen und spezifischen Kompetenz resultiert: Je weniger man in der Vergangenheit bei der Bedürfnisbefriedigung insbesondere hinsichtlich dieses Bedürfnisses erfolgreich war, d.h. je weniger man sich im Allgemeinen und bezüglich dieses Bedürfnisses im Speziellen zutraut (niedrige allgemeine und spezifische Kompetenz), desto eher gibt man sich einerseits mit weniger zufrieden und desto ‚wertvoller‘ ist andererseits eine Möglichkeit der Bedürfnisbefriedigung.

Zum anderen soll argumentiert werden, dass aus den Zielverknüpfungen eines Bedürfnisses (dem Motiv) ein im Rahmen der Befriedigung übliches Erfüllungsniveau hinsichtlich aller Bedürfnisse (ein Erfüllungsamalgam) resultiert, welches zum aktuellen Stand der Bedürfnisse in Bezug gesetzt wird. Aus dieser Inbezugsetzung resultiert dann ein Anforderungs- bzw. Toleranzniveau hinsichtlich aller Bedürfnisse, und an diesen Niveaus muss sich jede gefundene Handlungssequenz messen lassen. D.h. die CONFIRMATION-Prozedur stellt sicher, dass die appetitiven Ansprüche mindestens eingehalten werden und dass die aversiven Ansprüche nicht überschritten werden.

Auf der einen Seite ist diese Anspruchsniveaubildung kein aufwendiger kognitiver Prozess, sondern resultiert zum einen direkt aus der allgemeinen und spezifischen Kompetenz und ist zum anderen, anschaulich gesehen, eher eine Art abschätzende ‚Feldmessung‘ des Motivs (Bedürfnis und assoziierte Ziele). Auf der anderen Seite könnte es durchaus möglich sein, dass ein starker Automatismus parallel zur Anwendung des CONFIRMATION-Prozesses angestoßen wird, d.h. der Automatismus läuft schon, bevor die Lust- und Anspruchsniveaubildung abgeschlossen sind und der CONFIRMATION-Prozess somit die Situationsangepasstheit des Automatismus überprüft hat. (Denn Automatismen gehen ja auch mitunter schief.)

Weiterhin ist denkbar, dass dieses Lust- bzw. Anspruchsniveau bei nicht erfolgreicher Suche bzw. Konstruktion, insbesondere bei steigenden Bedürfnissen und sinkender Kompetenz, absinkt: Irgendwann gibt man sich dann auch mit weniger zufrieden (lieber den Spatz in der Hand als die Taube auf dem Dach). Insbesondere scheint es sinnvoll anzunehmen, dass vor dem Übergang zu einem blinden trial-and-error-Verfahren (die dritte Stufe der Handlungsregulationsebenen gemäß der PSI-Theorie) zunächst das Anspruchsniveau deutlich gesenkt wird.

Abschließend sei angemerkt, dass die bislang beschriebene Art von Anspruchsniveausetzung sich anscheinend schon bei Tieren beobachten lässt, denn jeder, der einen Hund oder eine Katze hat, die mit unterschiedlich wertgeschätztem Futter versorgt werden, kennt den kleinen ‚Hungerstreik‘, mit dem unbeliebtes Futter belegt wird; denn das Tier ‚weiß‘ ja, dass es etwas Besseres gibt, d.h. es erwartet dies zu Recht. (Mal ganz abgesehen davon, dass sich der eine oder andere Mensch erfahrungsgemäß doch zur Herausgabe des bevorzugten Futters bewegen lässt.)

Zu 2)

Wenn ein Handlungsplan nun – wie oben dargestellt – nicht nur das zu Grunde liegende Bedürfnis stillt, sondern wenn bei seiner Konstruktion auch Nebenziele, sprich die appetitiven Ziele anderer Absichten, durch Einbau berücksichtigt wurden, dann dient dieser Handlungsplan mehreren Absichten. Was folgt daraus?

- Es wird davon ausgegangen, dass der Auswahldruck der handlungsleitenden Absicht steigt, weil ihr Handlungsplan mehr Lustgewinn verspricht und damit einen höheren Wert hat. (Dementsprechend würden auch mit dem Handlungsplan einhergehende aversive Ereignisse den Auswahldruck senken, da der Handlungsplan entsprechend unlustvoller wäre.)
- Zudem wird davon ausgegangen, dass auch andere appetitive Nebenabsichten auf diesen Handlungsplan verweisen und dass sich der Auswahldruck dieser Nebenabsichten senkt, weil eine Bedürfnisbefriedigung antizipiert wird.
- Dementsprechend ist es möglich, dass mehrere Absichten gemeinsam einen Handlungsplan unterstützen und somit quasi gleichzeitig handlungsleitend sein können.

Zu 3)

Die PSI-Theorie basiert auf einer Gedächtnistheorie, die ein neuronales Netzwerk und sich darauf ausbreitende Aktivierungen postuliert. Anschaulich gesprochen, würde bei der Suche im Gedächtnis eine Aktivierung von der Ist-Situation ausgesandt, die solange erhöht wird, bis eine Relation zu einer Ziel-Situation aktiviert ist, die sich als prägnanter ‚Grat‘ aus dem ‚Sumpf‘ des Gedächtnisses erhebt (vgl. Kap. 15.).

Diese Sichtweise schließt nicht aus, dass die Erhöhung der Aktivierung gegebenenfalls ‚portionsweise‘ erfolgt, d.h. dass nicht nach dem Auftauchen der nächsten Lösung über ihre Annahme oder Verwerfung entschieden wird, sondern dass bis zu einem bestimmten Aktivierungsausmaß (=Erinnerungsstärke) oder bis zu einer bestimmten Anzahl von ‚auftauchenden‘ Lösungsoptionen erhöht wird. Dann würden Lösungsoptionen nicht nur absolut gegen entsprechende Anspruchsniveaus verglichen, sondern es ergäbe sich auch zwanglos eine relative Bewertung der Lösungsoptionen gegeneinander, die in manchen Situationen effizient und plausibel erscheint. Die Art und Weise der Suche nach den nächsten in Frage kommenden Lösungsoptionen würde dann sicherlich durch den Zustand des kognitiven Systems (vgl. Kap. 15.2.) und gegebenenfalls durch den bisherigen Suchverlauf moduliert werden.

Diese Modulation (mal das Erstbeste, mal Vergleich mehrerer Möglichkeiten) scheint auch introspektiv plausibler und würde die vier von Jungermann (Jungermann et al., 2005, Kap. 2.3; vgl. auch Kap. 13.) aufgrund ihres kognitiven Aufwands unterschiedenen Entscheidungsebenen (routinisierte, stereotype, reflektierte und konstruktive Entscheidungen) widerspiegeln.

17.2.9. Doppelte Handlungsleitung, Aufmerksamkeit

Da ein Verhaltensprogramm zumindest passagenweise so hoch geübt sein kann, dass es keiner großen Aufmerksamkeit bei der Durchführung bedarf, kann während der Ausführung des Verhaltensprogramms gleichzeitig über die Erledigungsmöglichkeiten von anderen Absichten ‚nachgedacht‘ werden, d.h. andere Absichten können gleichzeitig mental behandelt werden.

Es wird also vorgeschlagen, dass jede Absicht zunächst mit ihrem Auswahldruck auf Planermittlung drängt (mentale Handlung; falls ein Automatismus vorliegt, ist damit die mentale Handlung abgeschlossen) und anschließend mit ihrem (gegebenenfalls aufgrund des konkreten Handlungsplans modifizierten) Auswahldruck auf physische Handlungsleitung drängt.

Zum anderen wird vorgeschlagen, dass je nach Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und kognitiver Anforderung der Absichtsbearbeitung zwei Prozesse gleichzeitig durchgeführt werden können (= die Handlungsleitung innehaben können), nämlich das tatsächliche Durchführen eines Verhaltensprogramms und die mentale Ermittlung eines Handlungsplans.

Unter *Aufmerksamkeit* ist dann in diesem Sinne der von einer Absicht beanspruchte Teil bzw. der einer Absicht zugestandene Teil der insgesamt zur Verfügung stehenden Bearbeitungskapazität zu verstehen. Wie viel mit dieser Bearbeitungskapazität zu leisten ist, hängt dabei vom Auflösungsgrad ab, der eine Aufgabenbearbeitung genauer oder ungenauer und dementsprechend aufwendiger oder unaufwendiger macht.

Es ist davon auszugehen, dass im Regelfall die gesamte Bearbeitungskapazität der handlungsleitenden Absicht uneingeschränkt zur Verfügung steht; nur wenn ein guter Teil der Bearbeitungskapazität nicht durch die Ausführungsüberwachung eines Verhaltensprogramms ausgeschöpft wird und die Selektionsschwelle nicht allzu hoch ist, kann eine andere Absicht, die noch keinen Handlungsplan hat, auf die freie Bearbeitungskapazität zugreifen, um einen Handlungsplan zu ermitteln. Im Grunde genommen hat dann die planende Absicht die ‚bewusste‘, ‚oberflächliche‘ Handlungsleitung und das hoch geübte Verhaltensprogramm läuft ‚unbewusst im Keller‘ ab. Dadurch, dass jetzt aber die Bearbeitungskapazität auf zwei Prozesse verteilt ist, erfolgen bei der Verhaltensprogrammausführung im Regelfall deutlich weniger Zwischenchecks, als wenn dieses alleine ausgeführt würde, d.h. es wird mit einem geringeren ‚Auflösungsgrad‘ ausgeführt werden, als wenn es alleine die Handlungsleitung inne hätte.

17.2.10. Der Umgang mit Zukunft:

Wünschbarkeit und Machbarkeit, Aktualität und Dringlichkeit

Es bleibt noch differenziert zu konzipieren, wie man sich den Einfluss 1) von (gegebenenfalls antizipiertem) Bedürfnis, 2) von konkret gebildetem (gegebenenfalls zukünftigem) Handlungsplan und 3) von der mit diesem Handlungsplan einhergehenden Befriedigung bzw. Entstehung weiterer Bedürfnisse auf 1) Wert, 2) Erwartung und 3) Auswahldruck einer Absicht konkret vorzustellen hat; in diesem Zusammenhang ist auch noch über den Einfluss von Aufmerksamkeit und Auflösungsgrad nachzudenken. Insbesondere bleibt auf dieser Basis zu klären, warum denn eine zukünftige Handlung zu dem Zeitpunkt, zu dem sie ‚vorgenommen‘ wurde, denn auch tatsächlich ausgeführt wird; in diesem Zusammenhang ist das Konzept der ‚Dringlichkeit‘ zu präzisieren.

Die PSI-Theorie sieht vor, dass sich der Auswahldruck einer Absicht nach dem Erwartungs-Wert-Prinzip ergibt: Eine Absicht sollte nur dann handlungsleitend werden, falls die Befriedigung des zu Grunde liegenden Bedürfnisses ‚wünschbar‘ (Wert) und ‚machbar‘ (Erwartung) ist: Wünschbar heißt, dass sinnvollerweise nur dann gehandelt wird, falls tatsächlich eine Bedürfnis vorliegt; dies wird durch das multiplikative Eingehen der Bedürfnisstärke in den Auswahldruck berücksichtigt. Machbar heißt, dass sinnvollerweise nur dann gehandelt wird, falls man davon ausgehen kann, dass das Handeln überhaupt zum Erfolg im Sinne einer Zielerreichung führt; dies wird durch das multiplikative Eingehen der Erfolgswahrscheinlichkeit³⁶ (des Handelns) in den

³⁶In den Implementierungen wird im Regelfall vereinfachend die spezifischen Kompetenz statt der epistemischen Kompetenz als Maß für die erfahrungsmäßige Erfolgswahrscheinlichkeit herangezogen, d.h. diese wird auf Basis vergangener Lust-Unlust-Erfahrungen hinsichtlich des Bedürfnisses gebildet und nicht auf Basis von Güte und Umfang der assoziierten Gedächtnisinhalte.

Auswahldruck berücksichtigt. Der Auswahldruck'vorsprung' einer Absicht zuzüglich des ‚Bonus‘ durch die Selektionsschwelle schützt nun die handlungsleitende Absicht davor, ihre Handlungsleitung abzugeben (d.h. die Verfolgung ihres Handlungsplans aufzugeben).

Auf der konzeptuellen Ebene ist zudem eine in den Auswahldruck multiplikativ eingehende Dringlichkeit vorgesehen. Diese ist eingeführt als Maß für zeitspezifische Gedächtnisinhalte, die eine Absichtsverfolgung zum jetzigen Zeitpunkt erforderlich oder sinnvoll erscheinen lassen (vgl. Kap. 15.). Die Dringlichkeit soll steigen, wenn ein spätest möglicher Beginnzeitpunkt näherrückt, sodass dann eine Absicht, die nur in einem bestimmten Zeitfenster erledigt werden kann, zur Handlungsleitung kommt, auch wenn es eine andere Absicht gibt, deren Wünschbarkeit zwar höher ist, die aber auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos erledigt werden kann. Diese Dringlichkeit soll aus einem kognitiven Prozess resultieren, der für jede Absicht in mehr oder minder regelmäßigen Abständen prüft, ob es noch zukünftige Handlungsmöglichkeiten gibt oder ob sich gerade ‚Möglichkeitsfenster‘ schließen.

17.2.10.1. Wirksamkeit zukünftiger Ereignisse

Nun ist die Frage, wie sich antizipierte Bedürfnisentstehungen und -befriedigungen auf die ‚Wünschbarkeit‘ und die ‚Machbarkeit‘ auswirken.

Zunächst ist einmal davon auszugehen, dass sicherlich die Eintrittswahrscheinlichkeit der entsprechenden appetitiven oder aversiven Ereignisse einen modulierenden Einfluss haben wird. In erster Näherung wird dafür die Multiplikation der Wünschbarkeit mit der Eintrittswahrscheinlichkeit (0-100%) des Bedürfnisses vorgeschlagen.

Zum anderen ist davon auszugehen, dass ein noch so sicher erscheinendes zukünftiges Ereignis niemals ganz so wirksam sein wird wie aktuelle Gegebenheiten, d.h. während aktuelle Gegebenheiten voll (100%) wirksam sind, so wird die Wirksamkeit zukünftiger Ereignisse umso niedriger sein, je weiter diese in der Zukunft liegen. In erster Näherung sollte hier von einer exponentiell fallenden Kurve (von 100% auf 0%) ausgegangen werden. (Denn wenn auch nichts so sicher ist wie das Sterben, erfüllt einen dieser in weiter Ferne liegende Zeitpunkt nicht permanent mit Panik.)

17.2.10.2. Vornahme einer zukünftigen Handlung, Erwartungshorizont als Gesamtplan

Es ist sowohl für eine appetitive, aber insbesondere für eine Vermeidungsabsicht vorstellbar, dass diese handlungsleitend wird und dass sich dann beim Nachdenken über die Realisierungsmöglichkeiten dieser Absicht ergibt, dass eine entsprechende Handlung überhaupt erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich oder sinnvoll ist. In der Folge würde dann in dem Moment, in dem die Absicht an der Handlungsleitung ist und einen Handlungsplan erstellt hat

(mentaler Teil der Absichtsbearbeitung), dieser zunächst nicht in die Tat umgesetzt, sondern es erfolgt zunächst nur eine weitere mentale Handlung, nämlich die Vornahme einer zukünftigen Handlung; diese ist dann sowohl Teil der Absicht als auch des Erwartungshorizonts.

In diesem Sinne wäre der Erwartungshorizont auch ein Gesamt-Plan, der die (nicht zwangsläufig koordinierten) Realisierungspläne aller Absichten beinhaltet. Insbesondere könnte auf der Basis der ‚Analyse‘ der ‚Belegungs-dichte‘ festgestellt werden, in welchen Fällen eine explizite Koordination von Realisierungsplänen erfolgen muss.

Genau wie bei den oben beschriebenen Regularitäten im Lebensvollzug sinkt durch einen zukünftigen Handlungsplan die aktuelle Wünschbarkeit (= Bedürfnisstärke) eines Bedürfnisses etwas ab, und die Unlust, die aus dem zuvor erwarteten Weiterbestehen des Bedürfnisses resultiert, entfällt für die Zeit nach dem geplanten Befriedigungszeitpunkt. D.h. die Bedürfnisstärke der Absicht sinkt etwas, da sie innerlich ‚im Geiste‘ schon zu einem guten Teil abgearbeitet ist, obwohl dies ‚in realitas‘ noch erfolgen muss; dies wirkt sich senkend auf den aktuellen Auswahldruck der Absicht aus.

Die Vornahme einer Handlung wird also durch die positive Veränderung der hedonischen Tönung des Erwartungshorizonts ‚innerlich‘ belohnt und kompensiert somit den (algedonischen) geistigen Aufwand für die Planung. Dadurch wird eine Basis für ein Lernen hinsichtlich der Bedeutung und des sinnvollen Umfangs von Planung geschaffen.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass sich in dem Moment, in dem eine Absicht einen konkreten Handlungsplan ermittelt, die Erfolgswahrscheinlichkeit dieser Absicht aus der konkreten Erfolgswahrscheinlichkeit dieses Handlungsplans speist und nicht mehr aus einer Abschätzung der epistemischen Kompetenz (erfahrungsmäßige Erfolgswahrscheinlichkeit auf Basis von Güte und Umfang der assoziierten Gedächtnisinhalte), denn es gibt eine konkrete, realistische Durchführungsmöglichkeit, die Teil der erwarteten Zukunft ist; dies wirkt im Regelfall erhöhend auf den Auswahldruck der Absicht.

Wenn also durch die Vornahme einer zukünftigen Handlung die aktuelle ‚Wünschbarkeit‘ (Bedürfnisstärke) der Absicht leicht sinkt und die ‚Machbarkeit‘ (Erfolgserwartung) im Regelfall steigt, so würde sich am Auswahldruck unter Umständen gar nicht viel ändern. Was geschieht also mit der Handlungsleitung bis zum Beginn der Handlung?

Dafür muss man sich vor Augen führen, dass die Vornahme einer konkreten, zukünftigen Handlung eigentlich immer die Modifikation eines bestehenden Handlungsplans ist. Denn selbst wenn im Extremfall überhaupt kein Bedürfnis vorhanden ist (noch nicht mal Bestimmtheit oder Kompetenz), so wird doch in jedem Fall einem Default-Handlungsplan gefolgt, der Ausruhen/Nichts-Tun vorsieht, um so den aversiven Verbrauch von Energie zu verhindern. Wenn also

in so einem Fall der zukünftige Handlungsplan vorsieht, in einer Stunde zu essen, so gelangt die Essensabsicht an die Handlungsleitung und ihr Handlungsplan sieht – unter Berücksichtigung des Nebenziels ‚Vermeidung (unnötiger) Aktivität‘ – vor, erst mal eine Stunde lang nichts zu tun und dann zu essen.

Oder aber es läuft ein Handlungsplan zur Erreichung einer Situation, in der man trinken kann, und eine gleichzeitig planende Essensabsicht (vgl. Kap. 17.2.9.) hat ermittelt, dass auf dem Weg zur Trinkmöglichkeit oder auch in einer anschließend leicht zu erreichenden Situation gegessen werden kann. Dieses Teilstück wird dann in den Trinkplan ein- oder angefügt und der Handlungsplan wird nun von beiden Absichten unterstützt und an der Handlungsleitung gehalten.

Aus den ineinander verschränkten und aneinander gehängten Plänen verschiedenster Absichten ergibt sich also ein durchgehender Gesamtplan des eigenen Verhaltens, der Teil des Erwartungshorizontes ist und der passagenweise von einer oder mehreren Absichten ‚gestützt‘ wird; so wird eine Absicht ihren konkreten Handlungsplan stützen, aber auch alle Handlungspläne, die zeitlich vorgelagert sind und die die Bedingungen für die Ausführung dieses Plans schaffen.

Nähert sich so ein Gesamtplan dann einer Stelle, an der zuvor das Ergreifen einer Gelegenheit (Nebenziel) bzw. das Ausführen einer Vermeidungshandlung eingeplant war, ziehen natürlich die Mechanismen, die sowieso im Hier und Jetzt derartige Handlungen unterstützen: Zum einen steigt die Machbarkeit (Erfolgswahrscheinlichkeit des Durchführungsplans) mit zunehmender räumlicher und zeitlicher Nähe an: Sie ist höher, da der Erwartungshorizont immer eindeutiger wird und immer mehr Bedingungen, die die Ausführung des Handlungsplans zu diesem Zeitpunkt machbar erscheinen lassen, erfüllt sein werden bzw. umso zuverlässiger eintreten werden. Zudem wird, wegen der geringeren zeitlichen Distanz, die ‚Wünschbarkeit‘ der entsprechenden Handlungskonsequenz immer wirksamer.

Außerdem spielen hier bei geübten Handlungsplänen, die durch Nebenziele sozusagen unterbrochen werden, Selbstmanagementprozesse eine Rolle: Man instruiert sich selbst in der Art ‚da musst du aber aufpassen, dass du dann nicht wie üblich weiter läufst, sondern den Abstecher nach x machst‘. Derartige Vornahmen werden durch einen niedrigen Auflösungsgrad oder eine geteilte Aufmerksamkeit (Planerstellung für andere Absicht) konterkariert, sodass dann evtl. die kritische Stelle durchlaufen wird, ohne den Abstecher zu machen.

Außerdem wäre ein Abweichen vom eigenen Handlungsplan auch mit einem unlustvollen Ansteigen der Unbestimmtheit verbunden, da man dann seiner eigenen Erwartung zuwiderhandelt; denn selbst wenn man mangels Aufmerksamkeit oder wegen eines geringen Auflösungsgrades den Abstecher verpasst, so wird doch ab diesem Zeitpunkt erwartet, dass das Bedürfnis

befriedigt ist. Zudem greift dann, wie weiter unten (Kap. 17.2.10.3.) beschrieben, die ‚Dringlichkeit‘ der verpassten Absicht.

Anzumerken ist, dass Handlungspläne, insbesondere wenn sie hochroutiniert sind und aus den Geschehnisschemata eigener Handlungen stammen, zunächst recht unkonkret sein können, bspw. ‚heute Nachmittag einkaufen gehen‘, und dass dann nur eine routinisierte Absichtsplanung stattfindet, sprich aus dem Geschehnisschema folgt, wann was passieren wird. Dies könnte dazu führen, dass eine Koordination mit einer gegebenenfalls betroffenen konkreten Absicht nicht stattfindet, sondern die Routinehandlung parallel zu der konkreten Absicht im Erwartungshorizont läge; dieser Konflikt würde aber zunächst nicht auffallen.

17.2.10.3. Dringlichkeit

Es bleibt das Phänomen zu erklären, dass man ‚aufschreckt‘, weil sich gerade Möglichkeitsfenster zur Durchführung einer Absicht schließen, bspw. wenn man jetzt nicht losgeht und einkauft (obwohl man eigentlich lieber weiterarbeiten würde), gibt es heute Abend nichts zu essen. Einschränkend muss man sagen, dass es hier um Absichten geht, die noch keinen konkreten Handlungsplan haben.

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass bspw. im Rahmen der Hintergrundkontrolle für alle Absichten explizit überprüft wird, ob es gegebenenfalls einen spätest möglichen Beginnzeitpunkt gibt und ob der gerade verpasst wird oder aber, ob sich gerade Möglichkeitsfenster für die Ausführung einer entsprechenden Handlung drastisch verkleinern.

Hier soll eine alternative Erklärung angeboten werden: Der PSI-Theorie zufolge ist die epistemische Kompetenz (die mangels eines konkreten Handlungsplans zunächst als Erfolgswahrscheinlichkeit herangezogen wird) eine Abschätzung des Ausmaßes und der Qualität der mit einem Bedürfnis verknüpften Gedächtnisinhalte. So wird bspw. beurteilt, ob relativ viele Ziele bekannt sind, ob diese Ziele relativ gut im Sinne von vielen und starken Verknüpfungen in die Wirkwelt eingebunden sind und ob es insbesondere viele mit den Zielen verknüpfte *Automatismen* (hoch geübte Verhaltensprogramme) gibt, ob die Ist-Situation gegebenenfalls der Wirkwelt zufolge in der Nachbarschaft der möglichen Zielsituationen liegt, wie vergangene Bewältigungsepisoden verlaufen sind usw. Diese Abschätzung muss man sich nicht als kognitiv aufwendigen Auswertungsprozess vorstellen, sondern, anschaulich gesehen, eher als eine Art Messung der Stärke und des Umfangs des Assoziationsfeldes, sprich der Gedächtniseinbindung der Absicht, und gegebenenfalls des Ausmaßes der Überschneidung des Assoziationsfeldes der Absicht mit dem Assoziationsfeld der Ist-Situation.

Da also nicht nur das Assoziationsfeld der Absicht gemessen wird, sondern auch seine Überschneidung mit dem Assoziationsfeld der Ist-Situation, ist

davon auszugehen, dass diese Überschneidung immer kleiner wird, wenn sich die Situation zunehmend dahingehend entwickelt, dass die Absicht nicht mehr erledigt werden kann; insbesondere dann, wenn man annimmt, dass die Überschneidung nicht nur mit der Ist-Situation, sondern auch mit den erwarteten zukünftigen Situationen, also mit dem Erwartungshorizont, gemessen wird.

Dann würde die Annäherung an einen Scheidepunkt dazu führen, dass die Erfolgserwartung („Machbarkeit“) dieser Absicht stark sinkt; dies bewirkt eine Verschlechterung der hedonischen Tönung, da doch erwartet werden muss, dass dieses Bedürfnis weiter bestehen wird, während hingegen vorher mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden konnte, dass das Bedürfnis irgendwann beseitigt werden kann (vgl. Kap. 17.2.5.). Dieses Absinken der Erfolgswahrscheinlichkeit und das dadurch hervorgerufene Unlustgefühl sind etwas Aversives, und genau so wie die Bildung einer Vermeidungsabsicht durch das Auftauchen eines aversiven Ereignisses im Erwartungshorizont initiiert wird, so initiiert diese Verschlechterung der hedonischen Tönung des Absichtsgedächtnisses eine Vermeidungsabsicht (die „merkt“, woher das Unlustgefühl rührt, und dann entsprechend anstoßen kann, ob etwas unternommen werden kann und soll).

17.3. Anwendung in der modernen Arbeitswelt

17.3.1. Handeln aufgrund von Routinen

Unserer Ansicht nach resultieren Routinen aus häufig durchgeführten geplanten und/oder vorgenommenen Handlungen, die so oft auf eine ähnliche Art und Weise durchgeführt wurden, dass zum einen das durchgeführte Verhaltensprogramm ein Automatismus ist, der durch entsprechende äußere Bedingungen (nahezu automatisch) ausgelöst wird. Zum anderen werden, wie bereits beschrieben (Kap. 17.2.6.), bei Regularitäten im Lebensvollzug Geschehnisschemata eigener Handlungen gebildet, die dann wie Absichten fungieren, indem sie eigene Handlungen in den Erwartungshorizont projizieren.

Wird dann die erwartete Handlung nicht ausgeführt, würde dies zu Unbestimmtheit führen, die dann in Abwesenheit anderer drängender Absichten das Verhalten auf der Routine-Spur hält. Dominieren jedoch gerade andere Absichten das Verhalten, so kann beim Wegfallen der auslösenden Bedingungen und insbesondere dann, wenn kein physisches Bedürfnis zu Grunde liegt, eine Routine-Handlung auch vergessen werden und somit entfallen.

17.3.2. Handeln aufgrund von zugewiesenen Aufgaben

Menschen übernehmen bestimmte Rollen, Aufgaben und Arbeiten in der Gesellschaft. Die Bedeutung und die Erfüllung dieser Rollen, Aufgaben und Arbeiten sind Resultat ihrer allgemeinen, sozio-kulturellen Lerngeschichte und evtl. spezieller Instruktion (bereichsspezifische Regeln), die zur Bildung entsprechender Bedürfnishierarchien (siehe Abb. 29) und Verhaltensprogramme (Wirkungs- und Wertgeflecht der Tripelhierarchie des Gedächtnisses) geführt haben. Insbesondere haben sich im Rahmen dieser Entwicklung Zwischenziele verselbstständigt und sind dadurch zu sekundären Bedürfnissen geworden, die mehr oder minder stark und mehr oder minder direkt durch die fünf basalen Bedürfnisse bzw. Bedürfnisklassen (vgl. Kap. 15.) gestützt sind.

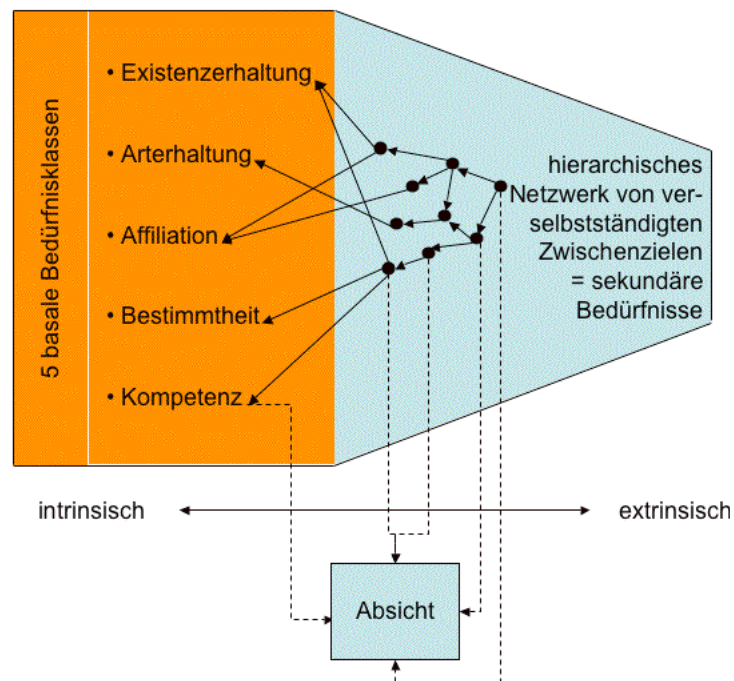


Abb. 29: Die Bedürfnishierarchie

Quelle: eigene Darstellung

Diese Hierarchie bedeutet nun, dass Absichten durch Bedürfnisse auf allen Ebenen dieser motivationalen Hierarchie initiiert werden können, d.h. die Absichten sind a) mehr oder minder basal motiviert, sie werden b) durch Handlungen befriedigt, die mehr oder minder unmittelbar konsummatorischer Natur sind, und sie sind c) mehr oder minder stark durch eigene Bedürfnisse (intrinsisch) oder durch von anderen gestellte Anforderungen und auferlegte Pflichten (extrinsisch) motiviert.

Die Erfüllung der im Rahmen von Arbeitstätigkeiten zugewiesenen Aufgaben ist nun zum einen relativ unmittelbar sozial motiviert, da Nichterfüllung zu Anti-L-Signalen führt. Zum anderen ist jegliche Form von Arbeit, d.h. die Erfüllung beruflicher Pflichten, sekundär vielfältig motiviert, da ihre Erfüllung

den Erhalt von Geld in mehr oder minder großem Umfang sicherstellt, mit dem sich in unserer durch gesellschaftliche Arbeitsteilung geprägten Umwelt fast alles Notwendige und Anstrebenswerte (diverse sekundäre Ziele) kaufen lässt.

Zudem wird ein ähnlicher Mechanismus wie bei den Routinen wirksam: Es ist Teil der vorliegenden Geschehnisschemata, dass und wie wir die uns übertragenen Aufgaben erfüllen, und wir erwarten von uns selbst, dass wir dies tun. Vordergründig und primär wirksam ist also die Macht der Gewohnheit, die uns unsere Aufgaben ausführen lässt und die auf dem stützenden Bedeutungsgeflecht der Tripelhierarchie aufbaut.

17.3.3. Überwachungstätigkeiten

Soll etwas überwacht werden, dann resultiert aus der Aufgabe, a) welche Werte zu überwachen sind, b) innerhalb welcher Toleranzgrenzen diese Werte zu halten sind, c) wie man diese Werte ermittelt, d) wie schnell sich diese Wert ändern und wie häufig sie dementsprechend ermittelt werden sollten und d) durch welche Maßnahmen gegebenenfalls Abweichungen zu beseitigen sind.

Wird einem Menschen im Arbeitskontext (Alltag) eine Überwachungsaufgabe übertragen, so ist anzunehmen, dass zum einen ein sekundäres Bedürfnis induziert wird, über die Werte mit einer gewissen Zuverlässigkeit Bescheid zu wissen. Außerdem wird ein Mensch diese Aufgabe nicht ohne Vorwissen antreten, sondern er ist vorab instruiert worden und wird über entsprechende Verhaltensprogramme und Geschehnisschemata verfügen, die das benötigte Handlungswissen abbilden.

Dementsprechend hat man für jeden zu überwachenden Wert ein entsprechendes Bedürfnis und eine entsprechende Absicht; diese ‚Überwachungsabsicht‘ drängt, ähnlich wie das Sicherungsverhalten, mehr oder minder regelmäßig an die Handlungsleitung (in Abhängigkeit von dem ‚Zerfall‘ der ‚Zuverlässigkeit‘ des zu überwachenden Wertes), um den Wert (und seine Zuverlässigkeit) neu zu bestimmen. Für die entsprechenden Handlungen liegen Verhaltensprogramme vor, d.h. im Regelfall muss nicht geplant werden, sondern es werden Automatismen (wenn auch mit Verzweigungen) gefeuert.

17.3.4. Modulation durch Bestimmtheit, Kompetenz und Affiliation; Maßnahmendosierung

Der PSI-Theorie zufolge ergeben sich aus der Konstellation der Steuergrößen und Modulatoren die Handlungstendenzen (Flucht, Aggression, diversive und spezifische Exploration), welche die Art und Weise der Zielerreichung, sprich die Auswahl von Handlungsoptionen, bestimmen.

Wie man sich das konkret vorstellen kann, wurde bereits im Rahmen der Amalgamisierung (Kap. 17.2.8.) beschrieben: Wenn der Durst groß und die

Kompetenz hoch ist, so wird beim Suchen nach einer Handlungssequenz zur Durststillung kein Anspruch an die damit einhergehende Kompetenzerhöhung gestellt bzw. der Lust-Unterschied zwischen einer Handlungssequenz mit großem oder kleinem Kompetenzgewinn (bspw. Kokosnuss zerschlagen oder Wasser aus dem Bach trinken) ist ziemlich gering; ist jedoch der Durst groß und die Kompetenz niedrig und besagt zudem die Erfahrung, dass es in der Vergangenheit häufig möglich war, die Durststillung mit einem Kompetenzzuwachs zu verbinden, so wird beim Suchen nach einer Handlungssequenz zur Durststillung zudem ein Anspruch an die damit einhergehende Kompetenzerhöhung gestellt werden bzw. der Lust-Unterschied zwischen einer Handlungssequenz mit großem oder kleinem Kompetenzgewinn ist relativ hoch.

Hiermit wären aber nicht nur qualitative Unterschiede zwischen verschiedenen Handlungsoptionen erklärt, sondern auch quantitative; denn wenn eine Handlungsoption bspw. zusätzlich zur Durststillung noch Kompetenzgewinn verspricht, so kann man meistens die zu treffende Maßnahme noch ‚dosieren‘, d.h. diese mehr oder weniger ‚energisch‘ durchführen und dabei mehr oder weniger starke Effekte hinsichtlich der Umweltveränderung erzielen. (Bspw. könnte man bei einem Fahrzeug mehr oder weniger stark das Lenkrad einschlagen, um einem Hindernis auszuweichen.) Das nach links oder nach rechts Ausweichen wären sicherlich unterschiedliche Handlungsoptionen, insbesondere dann, wann links bzw. rechts unterschiedliche Nebenwirkungen zu erwarten sind. Aber sind das mehr oder weniger stark Ausweichen zwei unterschiedliche Handlungsoptionen? Und wie weit will man diese Differenzierung treiben?

Diese Fragen können hier nicht allgemein diskutiert werden, sondern man sollte sie je nach Anwendungsbereich und Modellierungsziel spezifisch in einer Implementierung berücksichtigen. Dies ist in einer strukturierten Arbeitsumgebung relativ einfach, da es hier vorgeschriebene Prozedere mit mehr oder minder großen Gestaltungsräumen gibt. Diese könnte man als erlernte Verhaltensprogramme interpretieren, wobei die Gestaltungsräume durch Varianten abgebildet würden, die je nach Stand der Steuergrößen und Modulatoren während der Ausführung gewählt würden und deren Durchführung entsprechende Konsequenzen hinsichtlich der Steuergrößen hätte. Dies würde durch eine Art Typisierung zu einer Vereinfachung der möglichen Varianten führen; dies ist aber etwas, was man bei jeder Modellierung in Kauf nehmen muss, und es ist bei der Wahl des Auflösungsgrades der Modellierung darauf zu achten, dass ein dem Modellierungsziel angemessener Auflösungsgrad gewählt wird.

Zudem wird angeregt, dabei nicht nur Bestimmtheit und Kompetenz, sondern auch die Affiliation zu bedenken.

17.3.5. Verlässlichkeit von Fremd-Effektorik

Dies bedarf keiner besonderen Auslegung oder Erweiterung der PSI-Theorie: Wie angenommen, lernt man die Verteilung der Erfolgswahrscheinlichkeit hinsichtlich möglicher Konsequenzen von Operatoranwendung und die Eintrittskonsequenzen von Geschehnisschemata. Wenn also bspw. die eigene Handlung darin besteht, den Hebel umzulegen, was zur gewünschten Konsequenz X führen sollte, lernt man zum einen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Druck auf den Hebel (eigene Operation) zu der Konsequenz umgelegter Hebel führt, und man lernt zum anderen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Konsequenz X auf den umgelegten Hebel folgt (Geschehnisschemata). Durch Makrobildung können dann diese beiden Wahrscheinlichkeiten zusammengezogen werden.

17.3.6. Verlässlichkeit von Fremd-Sensorik und -Wissen

Es wird vorgeschlagen, dass man mit der Zuverlässigkeit oder Verlässlichkeit von externen Informationsquellen (also mit Informationen, die nicht aus der eigenen Wahrnehmung oder Erfahrung stammen, sondern von technischen Sensoren, aus Aussagen anderer Menschen, aus Nachschlagewerken etc.) ähnlich wie mit der Bestimmtheit der eigenen Wahrnehmung umgeht.

Denn auch HYPERCEPT arbeitet mit einer mitlaufenden Messung, die die Anzahl der von HYPERCEPT vorgenommenen Setzungen (bspw. aufgrund von Verdeckung) verarbeitet und so die ‚Bestimmtheit‘ des Situationsbildes ermittelt. (Dies wirkt auf das Bestimmtheitsbedürfnis.) Diese ‚Bestimmtheit‘ kann man auch als eine Zuverlässigkeit interpretieren und es wird angenommen, dass das Sicherungsverhalten (=Hintergrundkontrolle), d.h. das Auffrischen des Situationsbildes, um so öfter erfolgt, je weniger zuverlässig das Situationsbild bestimmbar ist, d.h. je niedriger die u.a. daraus resultierende Bestimmtheit ist.

Man könnte daher annehmen, dass jeder externen Informationsquelle eine aus Erfahrung resultierende Zuverlässigkeit zugeschrieben wird und dass mit dieser ‚Bestimmtheit‘ die gelieferte Information in das Situationsbild aufgenommen wird.

Wie häufig dann wiederum eine Informationsquelle getestet und mit anderen Quellen verglichen wird, bis sich eine ‚gebrauchsfertige‘ Einschätzung ihrer Zuverlässigkeit eingestellt hat, ist eine ganz andere Frage, die in den Bereich der Lernpsychologie gehört. Inwieweit man diese Entwicklung durch ein Modell nachbilden möchte, hängt von der Zielsetzung der Modellkonstruktion ab: Ist diese auf Grundlagenforschung ausgerichtet, so wäre dies gegebenenfalls zu fordern. Ist die Modellentwicklung jedoch wie im vorliegenden Fall anwendungsorientiert motiviert, so wird die Ansicht vertreten, dass man von einer gegebenen Zuverlässigkeit der Informationsquellen ausgehen kann.

17.3.7. Verhaltensregulation und Feinmotorik, insbesondere Arbeiten mit dem Computer

Die Aktiviertheit resultiert unmittelbar aus dem Bedürfnisdruck, d.h. je mehr und je stärkere Absichten es gibt, desto höher ist die Aktiviertheit. Dies erhöht sowohl die Leistungsfähigkeit des kognitiven als auch des physiologischen Systems:

- Die Aktiviertheit bewirkt eine Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch eine Erhöhung des Stoffwechsels. Dadurch wird zugleich die kognitive Leistungsfähigkeit gesteigert, denn die Bearbeitungskapazität steigt, da pro Zeiteinheit durch den gesteigerten Stoffwechsel mehr Bearbeitungsschritte erfolgen können.
- Die Aktiviertheit senkt zudem den Auflösungsgrad. Dadurch kann mit der gleichen Bearbeitungskapazität mehr Leistung im Sinne der Abarbeitung eines Verhaltensprogramms gebracht werden, da die Ausführungsüberwachung weniger sorgfältig erfolgt, d.h. dass mit weniger und gröberen Überwachungsschritten in kürzerer Zeit ein größerer Teil des Verhaltensprogramms ausgeführt wird. Dadurch erfolgt aber auch eine deutlich geringere Fehlerkontrolle und somit steigt die Fehleranfälligkeit.
- Die Aktiviertheit erhöht die Sicherungs- und die Selektionsschwelle; dadurch wird eine Absicht unterbrechungsfreier bearbeitet, da zum einen die Häufigkeit des Sicherungsverhaltens sinkt und da zum anderen andere Absichten weniger wahrscheinlich an die (teilweise) Handlungsleitung gelangen.

Diese Regulation sorgt dafür, dass man bei Bestehen eines sehr starken Bedürfnisses schnell, aber auch weniger sorgfältig vorgeht; dies macht gerade auf der Flucht vor einer existentiellen Gefahr großen Sinn, denn zum einen sollte man möglichst schnell weglaufen und zum anderen kleinere Unannehmlichkeiten (wie Brennesseln, Dornen etc.) ignorieren, sich nicht groß mit Entscheidungen wie ‚links oder rechts um den Baum‘ herum aufhalten und sich auch nicht leicht von der Flucht ablenken lassen.

Die Steigerung der kognitiven und physiologischen Leistungsfähigkeit bei einem hohen Bedürfnisdruck durch Bestehen mehrerer Bedürfnisse ist ebenfalls sinnvoll. Das Erniedrigen des Auflösungsgrades und das Erhöhen der Sicherungs- und der Selektionsschwelle können aber in diesem Fall dazu führen, dass günstige Gelegenheiten übersehen werden, was gerade bei mehreren im einzelnen nicht so hohen Bedürfnissen nicht sinnvoll ist.

Diese beiden Fälle werden in der PSI-Theorie nicht explizit differenziert: Auf der einen Seite wird für die Erhöhung der Sicherungs- und der Selektionsschwelle bei Gefahr argumentiert, wie zuvor dargestellt; auf der anderen Seite wird wegen des Übersehens von günstigen Gelegenheiten auch dafür argumentiert, dass ein hoher Bedürfnisdruck und die dadurch verursachte hohe Aktiviertheit die Sicherungs- und die Selektionsschwelle senken müssten. (Dies

wäre für die Flucht vor einer Gefahr, d.h. für ein einziges sehr starkes Bedürfnis, nicht sinnvoll.)

Zudem werden in Krisensituationen ‚Fehler‘ beschrieben, die zum einen aus einer zu hohen Selektionsschwelle (bspw. Rigidität) und zum anderen aus einer zu niedrigen Selektionsschwelle (bspw. thematisches Vagabundieren) resultieren.

Was bedeutet dies nun für unsere moderne Arbeits- und Lebenswelt?

Schaut man sich einfache körperliche Tätigkeiten an wie bspw. ‚Deck schrubben‘ an, so kann man durch ein ‚schneller machen‘ durchaus eine höheren Leistung erbringen, d.h. hier ist eine Steigerung der physiologischen Leistungsfähigkeit durchaus hilfreich und ein Senken des Auflösungsgrades wäre insbesondere bei hoch geübten Tätigkeiten nicht unbedingt störend.

Ist jedoch feinmotorische Koordination wie bspw. die Bedienung komplexer Instrumente gefragt, sind eine hohe körperliche Aktivierung und ein damit einhergehender niedriger Auflösungsgrad kontraproduktiv, da dann zu viele Fehler gemacht werden und die Bedienung der Instrumente somit nicht erfolgreich ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Instrumente bestimmte Antwortzeiten haben, d.h. wenn die erfolgreiche Gerätebedienung nicht nur durch das eigenen Arbeitstempo, sondern auch durch das Arbeitstempo des Instruments vorgegeben wird, da dies eine zusätzliche Synchronisationsleistung erfordert.

D.h. gerade in kritischen Situationen sind die natürlichen Adaptionsprozesse des kognitiven Systems in Umwelten, die feinmotorische Bewältigungsprozesse fordern, höchst kontraproduktiv.

Abschließend sei angemerkt, dass gegebenenfalls auch ‚Müdigkeit‘ zu berücksichtigen ist, von der ausgegangen wird, dass sie senkend auf die körperliche Aktivierung und den Auflösungsgrad wirkt. Somit kann ‚fatigue‘ in Arbeitswelten, die feinmotorische Bewältigungsprozesse erfordern, großen Einfluss haben und ist dementsprechend in der Modellierung zu berücksichtigen.

Teil IV: Anwendungsorientierte Ergebnisse

Im zweiten Teil dieser Arbeit wurde hergeleitet, warum die Modellierung mithilfe eines Multiagentensystems erfolgen soll, und es wurden allgemeine Anforderungen an das Agentenmodell formuliert. Dementsprechend wurden im dritten Teil der Arbeit relevante psychologische Theorien und Modelle beleuchtet, es wurde zusammenfassend die Entscheidung für die Verwendung der PSI-Theorie begründet und abschließend eine notwendige theoretische Differenzierung der PSI-Theorie ausgearbeitet. In diesem vierten Teil werden nun die anwendungsorientierten Arbeitsergebnisse vorgestellt und damit die drei vorhergehenden Teile zusammengeführt:

Grundlegend für den Forschungsansatz und alle Arbeitsergebnisse auf der anwendungsorientierten Ebene ist das umfassende Systemverständnis, welches im Wesentlichen im Rahmen des SysMob-Projektes 1994-1999 (Brüggemann & Lehmann, 2001) entwickelt und im Zuge des SimVV-Projektes 2000-2002 (Brüggemann, 2003) und des ILUMASS-Projektes 2001-2004 (Beckmann et al., 2007) verfeinert wurde. Da dieses bislang (Kap. 6.1.) nur mit Fokus auf die Herleitung des Forschungsansatzes dargestellt wurde, erfolgt zunächst eine detaillierte Darstellung des umfassenden Systemverständnisses städtischer Mobilität (Kap. 18.1.).

Dieses allgemeine Systemverständnis führte zur Entscheidung, das System ‚Städtische Mobilität‘ durch ein Multiagentensystem abzubilden. Entwirft man nun ein solches Multiagentensystem, so sind zunächst folgende Fragen zu stellen: Wie ist die relevante Umwelt strukturiert? Welche Eingriffs- und/oder Bewegungsmöglichkeiten hat der durch den Agenten abzubildende Mensch und wie wiederum wirken sich diese Eingriffs- und/oder Bewegungsmöglichkeiten auf die Umwelt und den Menschen aus? Denn erst mit den Antworten auf diese Fragen sind einerseits die Handlungsbedingungen und -möglichkeiten des Menschen – und damit des zu entwerfenden Agenten – geklärt und andererseits ist auf dieser Basis zu fragen, welche Ziele der Mensch bzw. der ihn abbildende Agent in dieser Umwelt verfolgt. In diesem Zuge ist die Aufgabe bzw. das Problem zu spezifizieren, das in dieser Umwelt erledigt bzw. gelöst werden soll: Erst damit ist die Anforderungsspezifikation an den Agenten vollständig und man kann sich auf den Entwurf des eigentlichen Agenten konzentrieren. Genau genommen sind also zwei Modelle und eine Schnittstelle zu erstellen:

- Zum Ersten ist es notwendig, ein Umweltmodell zu schaffen, welches den Anwendungsbereich abbildet und in dem der Agent als Modell des Menschen agiert.
- Zum Zweiten ist es notwendig, ein Agenten-Modell zu schaffen, welches den in der Umwelt agierenden Menschen mit seinen Bedürfnissen, Zielen, Wissen etc. abbildet.

- Zum Dritten ist es notwendig, eine Schnittstelle zwischen dem Umweltmodell und dem Agenten-Modell zu schaffen, welche die benötigten Informationen aus der Umwelt an das Agenten-Modell gibt und umgekehrt die Handlungen des Agenten-Modell auf die Umwelt wirken lässt.

Nun wurden zwar einerseits die Fragen nach der grundsätzlichen Struktur der Umwelt und den Handlungsbedingungen und -möglichkeiten der Agenten im grundlegenden Systemsverständnis geklärt, aber andererseits ergaben sich 1) drei Typen von zu unterscheidenden Akteuren und damit Agentenmodellen (privat, wirtschaftlich, politisch), 2) drei Zeitskalen des Handelns und Entscheidens (kurz-, mittel- und langfristig) und 3) zwei gänzlich unterschiedliche Funktionsbereiche des Agenten, nämlich einerseits die psychische Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung des Einzelnen und andererseits das gleichzeitige Durchführen der beabsichtigten Handlungen aller Agenten. Die Modellierung des Gesamtsystems erfordert also sehr unterschiedliche Modellierungskompetenzen und sehr verschiedenes Fachwissen.

Daher erfolgten zwei forschungsstrategische Entscheidungen: Einerseits wurden die eigenen Arbeiten auf die Modellierung der Verkehrsnachfrage konzentriert, also auf die Abbildung der kurzfristig wirksamen psychischen Prozesse der Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung. Andererseits erfolgte der Zusammenschluss mit anderen Forschungseinrichtungen zum ILUMASS-Forschungsverbund, in dem Forschungspartner Modelle

- der städtischen Umwelt,
- der mittelfristigen Handlungsplanung und Entscheidungsfindung der privaten Akteure,
- der kurz- und mittelfristigen Handlungsplanung und Entscheidungsfindung der wirtschaftlichen Akteure und
- der gleichzeitigen kurz- und mittelfristigen Handlungsausführung der privaten und wirtschaftlichen Akteure

stellten. Folglich steht das in dieser Arbeit beschriebene Mob- Ψ -Modell, welches die Alltagsorganisation von Menschen abbildet, nicht im ‚luftleeren Raum‘, sondern ist Teil eines umfassenderen Modellierungsansatzes, in dem es als Verkehrsnachfragemodell in einem Gesamtmodell ‚Städtischer Mobilität‘ fungiert.

Die angeführten Überlegungen führen also einerseits zu Ergebnissen auf einer analytischen Ebene (Kap. 18.) und bedingen andererseits – durch die Eingliederung in einen Forschungsverbund – technisch-organisatorische Rahmenbedingungen hinsichtlich der Implementierung (Kap. 19.):

So war zunächst auf der analytischen Ebene das allgemeine Systemverständnis (Kap. 18.1.) im Hinblick auf das Systemverständnis des privaten Akteurs (Kap. 18.2.) zu differenzieren. Dieses ist im Bezug auf die Schritte einer Systemanalyse (vgl. Kap. 3.2.) als ein erstes, sehr grobes, alltagssprachlich formuliertes,

qualitatives Modell zu sehen. Für die Überführung in ein Computersimulationsmodell musste es viel stärker präzisiert werden und insbesondere mussten 1) die Fragen nach den Eingriffs- und/oder Bewegungsmöglichkeiten, 2) die Fragen nach der Handlungsagenda des Agenten und 3) die Frage nach der Wechselwirkung von Agent und Umwelt diskutiert werden. Hierfür bot sich das im Rahmen der Denkpsychologie eingeführte Paradigma des Zustands- bzw. Problemraums an (vgl. Kap. 12.1.), da dieses Paradigma einerseits eine objektive Analyseperspektive zur Beschreibung von Realitätsbereichen darstellt und da insbesondere die PSI-Theorie (vgl. Kap. 15.) davon ausgeht, dass Menschen ihr Wissen über die Umwelt in dieser Form repräsentieren. Daher erfolgte eine Zustandsraumanalyse der Alltagsorganisation (Kap. 18.3.) mit dem Ziel,

- a) die Handlungsbedingungen und -möglichkeiten des privaten Agenten in der städtischen Umwelt modellmäßig zu präzisieren,
- b) die Überprüfung und Weiterentwicklung der Implementierung einer entsprechenden Situations- und Handlungsrepräsentation seitens des Agentenmodells vorzubereiten und
- c) die durch die Alltagsorganisation gestellten Anforderungen und damit die Aufgabe des Agenten detailliert zu spezifizieren.

Im Anschluss an die Ergebnisse auf der Analyseebene (Kap. 18.) geht es um die technischen und organisatorischen Rahmendbedingungen im Zuge der Implementierung des Systemverständnisses (Kap. 19.): So werden das im ILUMASS-Projektverbund verwendete Gesamtsimulationskonzept (Kap. 19.1.) und das Simulationskonzept des Verkehrsnachfrage-Agenten (Kap. 19.2.) geschildert.

Diese Konzepte stellen die Ausgangsbasis für die technische Weiterentwicklung und die psychologische Überprüfung des AVENA-Modells im Rahmen des ILUMASS-Projekts dar. All diese Überlegungen und Vorarbeiten kumulieren schließlich in der psychologischen Überprüfung und Weiterentwicklung des AVENA-Modells und insbesondere in seiner Verschmelzung mit der PSI-Theorie zum Mob- Ψ -Modell (Kap. 20.).

Den Ergebnisteil abschließend wird das entwickelte Mob- Ψ -Modell mit der Zielsetzung verglichen und zusammenfassend bewertet (Kap. 21.).

18. Ergebnisse auf der analytischen Ebene

18.1. Systemverständnis des Gesamtsystems ‚Städtische Mobilität‘ im Allgemeinen

Im Folgenden wird ein alltagssprachlich formuliertes Wort-Modell des Gesamtsystems ‚Städtische Mobilität‘ formuliert, das im Wesentlichen im Projekt SysMob 1994-1999 (Brüggemann & Lehmann, 2001) entwickelt und

anschließend im SimVV-Projekt 2000-2002 (Brüggemann, 2003) und im ILUMASS-Projekt 2001-2004 (Beckmann et al., 2007) verfeinert wurde. Dieser Modellierungsansatz wird als *akteursorientierter Ansatz* bezeichnet, da er das System ‚Städtische Mobilität‘ Bottom-Up konzipiert, dabei den Menschen in den Fokus der Betrachtung stellt, das System im Wesentlichen als Resultat menschlicher Handlungen und damit einhergehender Entscheidungen ansieht und dementsprechend die im Mobilitätssystem agierenden Menschen, die sogenannten *Akteure*, als Träger dieser Handlungen und Entscheidungen modelliert:

Gemäß diesem Ansatz entsteht das System ‚Städtische Mobilität‘ (siehe Abb. 30) aus dem Zusammenspiel des Handelns und Entscheidens vieler einzelner Akteure, die in drei Akteursgruppen eingeteilt werden, nämlich in individuelle Akteure in den privaten Haushalten, in wirtschaftliche Akteure und in politische Akteure. (Jeder Einwohner ist ein privater Akteur; einige sind zusätzlich noch wirtschaftliche und/oder politische Akteure.) Diese Akteure agieren auf drei unterschiedlichen Zeitskalen, nämlich kurz-, mittel- und langfristig.

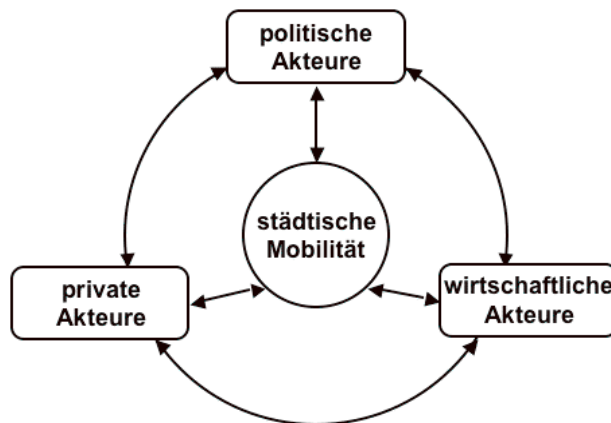


Abb. 30: Das System ‚Städtische Mobilität‘
Quelle: eigene Darstellung

Das Zusammenspiel wird als eine sich beständig reorganisierende Angebots-Nachfrage-Konstellation (hinsichtlich der Möglichkeiten zu Aktivitätsdurchführungen und der Möglichkeiten von Transporten) interpretiert:

Die Handlungsnotwendigkeiten der Akteure ergeben sich durch den Wunsch nach *Aktivitätsdurchführungen*³⁷. Je nach Zeitskala (kurz-, mittel- oder langfristig) und Akteurgruppenzugehörigkeit (privat, wirtschaftlich oder politisch) sind dies unterschiedliche Aktivitäten. Durchführungen sind an *Funktionsstandorte* gebunden, die für eine Aktivität im Allgemeinen zahlreich in der Stadt verortet sind. Physisch können diese Standorte mit den *Verkehrsmittel-*

³⁷Aktivitätsdurchführungen sind das Ausüben von Aktivitäten wie Schlafen, Essen, Einkaufen, einen Film sehen, Sport treiben etc.

*typen*³⁸ erreicht werden, die sich auf entsprechenden *Verkehrsnetzen*³⁹ bewegen. Die Verortung von Aktivitätsdurchführungen erfolgt innerhalb des Stadtraums und der Zeit; daraus resultiert ein akteursspezifischer Ablauf von Aktivitätsdurchführungen und Wegen. Dies ist das Ergebnis einer *Handlungsplanung* und einer *Entscheidungsfindung*.

Weiterhin wird davon ausgegangen, dass individuelle Akteure (auf der sogenannten *Mikroebene*) auf der Basis eines subjektiven Stadtbildes und eines subjektiven Bewertungsgefüges ihre mobilitätsrelevanten Entscheidungen rational treffen: Auf Basis einer subjektiven Wahrnehmung des Systems ‚Städtische Mobilität‘ sind die Akteure in der Lage, über die Konsequenzen ihrer Handlungen zu reflektieren. Begrenzte Wahrnehmungs-, Gedächtnis- und Verarbeitungskapazitäten führen bei jedem Akteur zu einer *subjektiven Repräsentation der Stadt* – dem sogenannten *Environmental View* –, d.h. der städtischen Funktionsstandorte und des städtischen Verkehrsnetzes. Entsprechend nehmen die Akteure ihre Umwelt nie direkt wahr, sondern immer durch den ‚Filter‘ ihrer durch Vorwissen beeinflussten Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Aufbereitungsprozesse, d.h. ihre Erfahrung beeinflusst die Aufnahme der (neuen) Eindrücke: Aus den Wahrnehmungen wird ein subjektives Abbild der Stadt konstruiert, das durch jede Erfahrung des Akteurs ‚aufgefrischt‘ und/oder korrigiert wird. Theoretisch könnte dieses Abbild fehlerfrei sein, aber es muss davon ausgegangen werden, dass es diverse systematische Fehlerarten wie Ausblendungen, Verzerrungen etc. aufweist⁴⁰. D.h.: Ein objektives Stadtbild steht nicht zur Verfügung; es wird immer auf Basis des subjektiven Stadtbildes, d.h. unter Berücksichtigung unvollständiger Information und Unsicherheit, *rational* gehandelt und entschieden.

Die Gesamtheit der auf der Mikroebene ausgeführten Entscheidungen kumuliert auf der sogenannten *Makroebene* in den städtischen Infrastrukturen (Funktionsstandorte und Transportmöglichkeiten) und in deren Auslastung. Rückkoppelnd beeinflusst die Erfahrung bei der Durchführung der Entscheidungen (Teilnahme am Verkehr, Aktivitätsdurchführungen in Funktionsstandorten) das zukünftige Entscheidungsverhalten des einzelnen Akteurs:

Die individuellen Akteure in den privaten Haushalten (im Folgenden verkürzt als *private Akteure* bezeichnet) und die wirtschaftlichen Akteure sind Nachfrager von Möglichkeiten zur Aktivitätsdurchführung und Nachfrager von Transportdienstleistungen zwischen den Funktionsstandorten der möglichen Aktivitäts-

³⁸Unter *Verkehrsmitteltypen* werden die unterschiedlichen Typen von Fortbewegungsmitteln verstanden, also Auto, Fahrrad, ÖPNV oder eben auch die eigenen Füße.

³⁹Verkehrsnetze sind z.B. das Straßennetz oder das Busnetz.

⁴⁰So ist z.B. die Umgebung der eigenen Wohnung, des Arbeitsplatzes und anderer häufig besuchter Gelegenheiten und der dazwischen liegenden Wege besonders gut bekannt, während hingegen mit zunehmender Entfernung nur noch Hauptstraßen oder besonders markante, bedeutende Gelegenheiten bekannt sind.

durchführungen. Diese Standorte werden per definitionem von *wirtschaftlichen Akteuren* angeboten. Auch deren Handlungen und Entscheidungen werden auf individueller Ebene gefällt; sie bestehen im Betreiben bzw. Schließen von Funktionsstandorten und Transportdienstleistungsunternehmen, die in der Stadt ‚installiert‘ bzw. ‚deinstalliert‘ werden, d.h. die in der Summe das Stadtbild auf der Makroebene ergeben. Wirtschaftliche Akteure können zudem *Meta-Funktionsstandorte* anbieten, das sind Angebote, die andere wirtschaftliche Akteure nutzen können, um Funktionsstandorte zur Aktivitätsdurchführung für die privaten und wirtschaftlichen Akteure einzurichten (so wäre z.B. die Vermietung eines Ladenlokals das Anbieten eines *Meta-Funktionsstandorts*). Die *politischen Akteure* entscheiden per definitionem über Randbedingungen für die Handlungen und Entscheidungen aller Akteure und können selbst auch als wirtschaftliche Akteure agieren.

Zusammengefasst: Die privaten und wirtschaftlichen Akteure nehmen die Stadt und damit die Angebote durch ihren spezifischen Filter, den Environmental View, wahr und wählen auf der individuellen Ebene aus diesen Angeboten aus. Auf der Makroebene ergeben sich als akkumuliertes Resultat das Angebot an und die Auslastung von Funktionsstandorten und Transportmöglichkeiten (Verkehrsnetze). Die Erfahrungen, die die Akteure bei der Durchführung ihrer Entscheidungen machen (im Wesentlichen Auslastung der angebotenen Kapazität und dadurch bedingte Gewinne und Verluste), bestätigen oder verändern ihren Environmental View und ändern damit potentiell ihr Entscheidungsverhalten.

Auf einer *kurzfristigen Zeitskala* (wenige Tage oder auch Wochen) sind die Versorgungs-, Arbeits-, Ausbildungs- und Freizeitaktivitäten der *privaten Akteure* angesiedelt. Es werden Entscheidungen über die Orte der Ausübung (Funktionsstandorte hinsichtlich Versorgungs- und Freizeitaktivitäten), die dazugehörigen Routen und Verkehrsmittel sowie über die Ausführungszeiten gefällt. *Wirtschaftliche Akteure*, d.h. Verkehrsunternehmen, Unternehmer(innen), Immobilienhändler(innen) oder Geschäftsinhaber(innen) etc., fällen logistische Entscheidungen, deren Folge der Wirtschaftsverkehr ist. Dies ist die Zeitskala, auf der sich der eigentliche Verkehr abspielt: Private Akteure und wirtschaftliche Akteure fällen Entscheidungen über die Annahme von Angeboten (bezüglich Funktionsstandorten und Transportmöglichkeiten), die ihnen von wirtschaftlichen Akteuren gemacht werden.

Auf einer *mittelfristigen Zeitskala* (Wochen bis Jahre) findet eine Änderung der Nutzung der Infrastruktur statt. Individuelle Akteure entscheiden über Wohnstandorte und Arbeits- bzw. Ausbildungsplätze (d.h. über Art und Umfang ihrer Wohn-, Arbeits-, Ausbildungsaktivitäten), Autos werden gekauft, Jahresabonnements für den ÖPNV abgeschlossen (d.h. Rahmenbedingungen für ihre Transportmöglichkeiten festgelegt). *Wirtschaftliche Akteure* entscheiden über die Neueröffnung oder die Schließung von Funktionsstandorten und Transportmöglichkeiten. D.h. ihre Aktivitäten sind das Betreiben von derartigen

Angeboten bzw. das Schaffen von Möglichkeiten für andere wirtschaftliche Akteure, derartige Angebote zu betreiben im Sinne von Meta-Funktionsstandorten (z.B. Ladenlokale erstellen und vermieten, Straßenbahnwagen bauen, ein entsprechendes Schienennetz anbieten etc.). *Politische Akteure* nehmen verkehrliche Umstrukturierungen vor und entscheiden über die Rahmenbedingungen, innerhalb derer die individuellen wirtschaftlichen Akteure entscheiden. Private Akteure und wirtschaftliche Akteure fällen also zum einen Entscheidungen über die Annahme von Angeboten bezüglich Funktionsstandorten, die über einen langen Zeitraum genutzt werden, und zum anderen über die Zugangsvoraussetzungen zu Transportmöglichkeiten; diese Angebote werden ihnen von wirtschaftlichen und politischen Akteuren gemacht. Wirtschaftliche Akteure entscheiden über die Annahme von Meta-Funktionsstandorten und Transportdienstleistungen, die ihnen von anderen wirtschaftlichen Akteuren gemacht werden. Insgesamt handelt es sich hier um Aktivitäten, welche die Nutzung der Stadt (bei gleicher Infrastruktur) verändern.

Demgegenüber stehen Infrastrukturveränderungen (also bauliche Veränderungen wie neu erbaute Brücken oder neu erschlossene Siedlungsareale), die im Wesentlichen Änderungen auf einer *längerfristigen Zeitskala* bewirken: Hier geht es um Prozesse, die Jahre bis Jahrzehnte benötigen. Politische Akteure treffen auf dieser Zeitskala Entscheidungen über Rahmenbedingungen und über Angebote an die individuellen und wirtschaftlichen Akteure.

18.2. Systemverständnis des ‚privaten Akteurs‘

Im Folgenden wird das alltagssprachlich formulierte Wort-Modell des Gesamtsystems ‚Städtische Mobilität‘ im Hinblick auf den privaten Akteur aufgegriffen und differenziert.

Wie zuvor (Kap. 18.1.) ausgeführt, wird von individuellen Akteuren auf der Mikroebene ausgegangen, deren Bedürfnisse ihre Handlungen und Entscheidungen motivieren mit dem Ziel, diese Bedürfnisse zu befriedigen. Auf der Basis eines subjektiven Stadtbildes und eines subjektiven Bewertungsgefüges treffen sie ihre mobilitätsrelevanten Entscheidungen rational. Die Summe der ausgeführten Entscheidungen ergibt auf der Makroebene die Auslastung der städtischen Verkehrsnetze und der Funktionsstandorte. Rückkoppelnd beeinflussen die Erfahrungen bei der Durchführung der Entscheidungen (Teilnahme am Verkehr, Aktivitätsdurchführungen in Funktionsstandorten) das zukünftige Entscheidungsverhalten der einzelnen Akteure.

Träger der angesprochenen *Handlungsorganisation*, *-planung* und *Entscheidungsfindung* sind die sogenannten *Akteure*, d.h. die modellmäßige Abbildung der im Mobilitätssystem agierenden Menschen.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die raum-zeitliche Organisation von Tages- und Wochenabläufen einzelner Menschen im sozialen Geflecht des Haushalts erfolgt. Jeder *Haushalt* besteht aus einer Menge von *Personen*. Eine Kernannahme ist die, dass jede Person ein *Aktivitätsrepertoire* hat, d.h. eine Menge von *Aktivitätsvorhaben*: Sie sind der Wunsch nach (oder die Notwendigkeit oder Verpflichtung zu) Aktivitäten (wie etwa ‚Essen‘, ‚Schlafen‘, ‚Arbeiten‘, ‚Aufräumen‘, ‚Einkaufen‘, ‚Kinobesuch‘), die in Abhängigkeit von biologischen (z.B. Alter) und sozialen (z.B. Arbeitnehmer) Charakteristika in mehr oder minder großem Umfang durchgeführt werden sollen. Diese Durchführungen unterliegen zeitlichen, räumlichen, sozialen und technischen Bedingungen, die bei der Alltagsorganisation zu berücksichtigen sind.

Aktivitätsvorhaben können durch unterschiedliche *Handlungsoptionen* (z.B. Essen in unterschiedlichen Restaurants) erfüllt werden. Welche Optionen wahrgenommen werden können, wird einerseits objektiv beschränkt durch die (raum-zeitlichen Bedingtheiten der) Stadt, andererseits subjektiv durch die individuelle Kenntnis von der Stadt, also durch den Environmental View.

Die Akteure (= Personen = Haushaltsmitglieder) sind nun gefordert, durch ihr Handeln und Entscheiden ihre Alltagsorganisation zu bewältigen: Sie organisieren sich so, dass in ihrem Alltag ein zeitlicher Ablauf (von Aktivitätsdurchführungen und Wegen) zustande kommt, der *Aktivitätsvorhaben* innerhalb ihrer objektiven und subjektiven Restriktionen (der Stadt und ihrer subjektiven Vorstellung und Bewertung davon) so gut wie möglich erfüllt:

Die Lösung dieser Anforderung resultiert in einem *Alltagsablauf*. Hierdurch wird die funktionale Aufgabe für das erarbeitete Verhaltensmodell definiert: Es muss einen solchen Alltagsablauf als Ergebnis des Handelns und des Entscheidens der Akteure konstruieren. Bei der Durchführung eines Alltagsverlaufs werden Erfahrungen gemacht, welche die ‚Weltsicht‘ bzw. die ‚Umweltrepräsentation‘ (den bereits angesprochenen ‚Environmental View‘) des Akteurs verändern. Dies führt beim zukünftigen Handeln und Entscheiden zu veränderten Ausgangsbedingungen und damit zu einer Variation des Alltagsverhaltens.

18.3. Zustandsraumanalyse der ‚Alltagsorganisation‘

Im Folgenden wird die Zustandsraumanalyse der Alltagsorganisation dargestellt mit dem Ziel

- a) die Handlungsbedingungen und -möglichkeiten des privaten Agenten in der städtischen Umwelt modellmäßig zu präzisieren,
- b) die Überprüfung und Weiterentwicklung der Implementierung einer entsprechenden Situations- und Handlungsrepräsentation seitens des Agentenmodells vorzubereiten und
- c) die durch die Alltagsorganisation gestellten Anforderungen und damit die Aufgabe des Agenten detailliert zu spezifizieren.

Hierfür werden zunächst die bisherigen Einsichten noch mal kurz alltags-sprachlich aufgegriffen und differenziert (Kap. 18.3.1.), bevor sie dann im Paradigma des Zustandsraums detailliert und formalisiert werden (Kap. 18.3.2.).

Da das Ziel dieser Arbeit die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere sozio-technische Realitätsbereiche jenseits ‚Städtischer Mobilität‘ ist, erfolgt dabei die Analyse zwar immer konkret am Anwendungsfall ‚Alltagsorganisation‘, gleichzeitig wird aber auch immer die Verallgemeinerbarkeit der Analyse aufgezeigt.

18.3.1. ... alltagssprachlich ausgedrückt

Welchen Anforderungen sieht sich eigentlich ein Mensch gegenüber, der in einer Stadt sein Leben lebt, indem er seinen Alltag organisiert (oder allgemeiner ausgedrückt, in einem bestimmten Realitätsausschnitt agiert, um selbst und/oder fremdgestellte Aufträge zu erfüllen)?

Nun, da gibt es zunächst eine Menge von Verhaltensweisen – präziser gesagt *Aktivitäten* – , die ein Mensch erledigen muss oder möchte, da sie ihm in irgendeiner Form ein mehr oder weniger an *Nutzen* im Sinne einer – teilweise existentiell notwendigen – Bedürfnisbefriedigung einbringen: Schlafen, Essen, Einkaufen, Freizeitaktivitäten, soziale Kontakte pflegen, diverse Arbeitstätigkeiten usw. Die Ausübung dieser Aktivitäten ist jedoch nur an bestimmten Orten und unter Umständen nur zu bestimmten Zeiten möglich. Häufig hängt die Qualität der Aktivitätsausübung von Ort, Dauer und Zeitpunkt der Ausübung ab. Teilweise sind diese Aktivitäten nur an einem Ort möglich, teilweise an mehreren. Teilweise werden die Aktivitäten allein durchgeführt, teilweise erfordert dies, von demjenigen selbst oder von anderen initiiert, die Abstimmungen mit oder die Anwesenheit von anderen Menschen.

Aber auf jeden Fall werden die Orte der Aktivitätsausübung (zumindest teilweise) räumlich verteilt sein und die Erreichung dieser Orte wird mit mehr oder weniger *Aufwand* verbunden sein. Die *Wege* zwischen den Orten werden entweder mit den eigenen Füßen oder einem Verkehrsmittel (allgemein ein Transport- oder Beförderungsmittel) zurückgelegt. Das Beförderungsmittel kann von dem Fahrenden selbst gelenkt werden oder Mitfahrende unentgeltlich oder gegen Entgelt befördern. Im Falle des Selbstlenkens kann das Beförderungsmittel Eigentum des Fahrenden sein oder geliehen oder gemietet werden; auf jeden Fall muss ein solches Beförderungsmittel geparkt werden. Sowohl beim Selbstlenken als auch beim Befördertwerden kann die Bereitstellung des Beförderungsmittels am Startort des Weges Abstimmung mit anderen erfordern.

Demzufolge gilt es – sowohl hinsichtlich der Aktivitäten als auch hinsichtlich der Wege – eine Menge Randbedingungen zu beachten, unter denen in irgendeiner Form ein ‚Ablauf‘ oder auch ‚Zeitplan‘ von durchgeführten

Aktivitäten und resultierenden Wegen ‚gefunden‘ wird, der unter mehr oder minder großem Verbrauch der vorhandenen Ressourcen die vorhandenen Bedürfnisse mehr oder weniger gut erfüllt, d.h. dieser Ablauf ist das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Abwägung.

Würde man jemanden fragen, warum er oder denn nun so und nicht anders gemacht hat, würde der- oder diejenige argumentieren, dass der von ihm oder ihr durchgeführte Ablauf *vernünftig* und sinnvoll ist, da er großen Nutzen mit niedrigem Aufwand erreicht. Dies würde einem anderen Menschen, z.B. dem Beobachtenden, aber unter Umständen ganz anders erscheinen, denn wie die Entscheidungspsychologie zeigt, ist das Entscheidungsverhalten interpersonell (von Person zu Person) als auch intrapersonell (die gleiche Person unter unterschiedlichen Bedingungen / zu unterschiedlichen Zeitpunkten betreffend) unterschiedlich (vgl. Kap. 13.): Würde man zwei Menschen vor dieselbe (Alltags)Organisationsaufgabe stellen, d.h. sie auffordern, in einer gegebenen Stadt (einem gegebenen Realitätsbereich) bei Ausstattung mit den gleichen Mitteln die gleichen Aktivitäten zu erledigen, so würden unter Umständen sehr unterschiedliche Abläufe herauskommen. Denn sowohl die Erfahrungen der Menschen als auch ihre Bewertungen von Nutzen und Aufwand sind unterschiedlich: Was für den einen sinnvoll und vernünftig erscheint, mag für einen anderen sinnlos und unvernünftig sein.

18.3.2. ... im Paradigma des Zustandsraums formalisiert

Im Rahmen der Ausführungen zur Denkpsychologie (Kap. 12.) wurde bereits auf einige grundlegende Charakteristika von Realitätsbereichen eingegangen und an Hand von Spielen wie dem Turm von Hanoi erläutert. Überträgt man nun das Beschreibungs- und Analyse-Paradigma des Zustands- bzw. Problemraums auf ein sozio-technisches System wie die ‚Alltagsorganisation,‘ sind einige weitere Aspekte solcher Realitätsbereiche relevant und somit zu differenzieren:

Zum Ersten ist der Begriff der Situation im Paradigma des Problemraums aus der Analogie des Spielbretts eines klassischen Ein-Personen-Spiels wie bspw. ‚Turm von Hanoi‘ oder ‚Patiencen legen‘ entstanden, bei dem die möglichen Züge tatsächlich nur durch die Position der Spielfigur(en) bzw. -karten auf dem Spielbrett bedingt sind. Aber bei Spielen wie bspw. ‚Monopoly‘ oder ‚Siedler von Catan‘, bei denen mehrere Spieler auf dem gleichen Spielbrett agieren und bei denen es so etwas wie Spielgeld gibt, mit dem für bestimmte Züge gezahlt werden muss, umfasst die Spielsituation nicht nur die Positionen der Spielfiguren auf dem Spielbrett, sondern auch den ‚Zustand‘ des Spielers selbst und seiner Mitspieler. Dazu gehören neben ‚Ressourcen‘, insbesondere bei strategischen Spielen, auch Wissen und Fähigkeiten. Die Situation im Paradigma des Problemraums ist aber eine reine Zustandsbeschreibung, die nicht zwischen ‚inneren‘ und ‚äußeren‘ Bedingungen, also zwischen Person und Umwelt differenziert. Diese Differenzierung in eine ‚interne‘ und eine

‚externe‘ Situation erscheint aber bei Anwendung auf menschliches Handeln naheliegend, selbstverständlich und unverzichtbar.

Daran anknüpfend, ist zum Zweiten zu thematisieren, dass in einem Realitätsbereich ein Handelnder im Regelfall nicht allein, sondern mit anderen (inter)agieren wird, d.h. in der Spielbrettanalogie mit Mitspielenden auf dem gleichen Spielbrett spielt. Aus der Perspektive eines Handelnden bzw. eines Spielenden stellen andere Handelnde bzw. Spielende jedoch einen Teil der Umwelt und damit des Problemraums dar: Sie sind somit Situationsaspekte, die unter Umständen Voraussetzungen für Operatoranwendungen sein können und Einfluss auf Operatorwirkungen nehmen können. Sofern die Handlungen der Mitspielenden bzw. Mitspielenden für die eigenen Operationen relevant sind, stellt sich das Problem der Voraussage von deren Handlungen und die Einbeziehung dieser Handlungen in die eigene Handlungsplanung. Diese sich aus Kommunikation und Interaktion ergebende Problematik wird im Rahmen der Spieltheorie vertieft behandelt (Jungermann et al., 2005, S.335). Für die Anwendung des Problemraumparadigmas auf sozio-technische Systeme bedeutet dies, dass zum einen die Differenzierung der ‚externen‘ Situation in ‚Gegenständliches‘ und ‚Mitakteure‘ sinnvoll und notwendig erscheint und dass zum anderen die Frage aufzuwerfen ist, welche Formen der Interaktionen es im Allgemeinen gibt, welche Formen der Kommunikation es im Speziellen gibt und welche Folgen dies im Hinblick auf die Beschreibung von Situationen und Operatoren hat.

Zum Dritten ist zu berücksichtigen, dass Menschen im Regelfall hinsichtlich eines sozio-technischen Realitätsbereichs nicht allwissend sind, sondern über eine eingeschränkte und subjektive Repräsentation ihrer Umwelt verfügen, die im Rahmen der Systemanalysen als Environmental View bezeichnet wurde.

Zum Vierten haben Menschen, wie die Ausführungen zur PSI-Theorie (Kap. 15.) gezeigt haben, immer irgendeine Art von Zukunftserwartung, die insbesondere einen beabsichtigten Ablauf eigener Handlungen (Abfolge von Situationen und Operatoren) enthält.

Diese Differenzierungen und Ergänzungen berücksichtigend, wird also im Folgenden der Realitätsbereich ‚Alltagsorganisation‘ formal als Zustandsraum beschrieben, d.h. es werden Fragen beantwortet, wie: Welche Eigenschaften hat der Realitätsbereich ‚Alltagsorganisation‘? Wie lassen sich die Situationen dieses Realitätsbereich beschreiben und wie sind diese Situationen durch Operatoren vernetzt? Welche Eigenschaften haben diese Operatoren? Was ist die Start- und was ist die Zielsituation oder, anders ausgedrückt, was ist das in diesem Realitätsbereich zu lösende Problem? Dabei soll soweit wie möglich die Verallgemeinerbarkeit mitgedacht werden, indem die ‚Alltagsorganisation‘ als Spezialfall eines sozio-technischen Systems behandelt wird.

Insbesondere wird hergeleitet, dass in sozio-technischen Systemen durch die hier angesprochenen zusätzlichen Aspekte eine über lokomotiv und manipulativ hinausgehende Differenzierung der Operatoren sinnvoll ist.

18.3.2.1. Situationen

Fasst man die bislang nur skizzierten und im Folgenden detailliert ausgeführten Aspekte einer Situation zusammen, so lässt sich eine Situation in einen sozio-technischen Realitätsbereich wie folgt charakterisieren (Erläuterung in den folgenden Kapiteln):

- interne Situation (Zustand des Akteurs)
 - personelle Situation im engeren Sinne
 - *Bedürfnisstand* des Akteurs (wird durch die Trägervariable Zeit automatisch und durch manipulative Operatoren gezielt verändert)
 - *Informiertheit* des Akteurs hinsichtlich Situationen und Operatoren (im Sinne des *Environmental View*; dies ist die Summe seiner Erfahrungen über die Umwelt, d.h. Wissen, Präferenzen, Werte etc.; wird durch *informative* Operationen gezielt verändert)
 - *Erwartungshorizont* des Akteurs (im Sinne von erwarteten Ereignissen und eigenen beabsichtigten Handlungen; hiermit erfolgt in einem gewissen Sinne eine zeitliche Orientierung; der Erwartungshorizont wird durch kognitive Prozesse des Akteurs gebildet)
 - Verfügbarkeitssituation bzw. interner *Ressourcenbestand*
 - im Sinne des *Verbrauchsmittelbestands*, über den der Akteur verfügt (wird durch manipulative Operationen gezielt verändert)
 - im Sinne von *mobilen Hilfsmitteln*, über die der Akteur verfügt (im Sinne von *mobilen Arbeits- und Transportmitteln*, die vorhanden sein müssen, damit gegebenenfalls eine gezielte manipulative bzw. lokomotive Operatoranwendung möglich ist; wird durch manipulative Operationen gezielt verändert)
- externe Situation
 - der *Ort*, an dem sich der Akteur befindet, im Sinne einer räumlichen Koordinate, die durch Anwendung eines lokomotiven Operators gezielt verändert wird
 - der *externen Ressourcenbestand*
 - im Sinne der *Objektconfiguration*, d.h. der Anwesenheit und des Zustands externer Objekte und/oder des *Verbrauchsmittelbestands*, der vorhanden ist, und
 - im Sinne von *immobilen Hilfsmitteln*, die vorhanden sein müssen, damit gegebenenfalls eine manipulative Operatoranwendung möglich ist
 - die *Anwesenheit* anderer Akteure (wird durch *kommunikative* Operationen gezielt verändert)

Auf den *Bedürfnisstand* im Zusammenhang mit dem *Ressourcenbestand* und auf den *Ort* im Zusammenhang mit dem *externen Ressourcenbestand* wird in den beiden folgenden Kapiteln (Kap. 18.3.2.2. bzw. Kap. 18.3.2.4.) eingegangen. Anschließend geht es um manipulative und lokomotive Operatoren, die u.a. diese Zustandskomponenten gezielt verändern (Kap. 18.3.2.4.). Die *Informiertheit* des Akteurs im Sinne der Bekanntheit von Situationen und Operatoren und damit die Repräsentation seiner Umwelt wird anschließend als eigener Punkt behandelt (Kap. 18.3.2.5.); in diesem Zusammenhang werden *informative* Operatoren eingeführt, die die Informiertheit gezielt verändern. Dann wird die *Anwesenheit* anderer Akteure, die sowohl die Anwendung von manipulativen als auch von lokomotiven Operatoren bedingen kann, im Zusammenhang mit Interaktionen diskutiert (Kap. 18.3.2.6.). Der *Erwartungshorizont* des Akteurs im Sinne beabsichtigter eigener Operatoranwendungen, der erwarteten Anwesenheit anderer Personen und der erwarteten Bereitstellung von Arbeitsmitteln wird abschließend sowohl im Zusammenhang mit Kommunikation (Kap. 18.3.2.7.) als auch im Zusammenhang mit der Problemstellung (Kap. 18.3.2.8.) angesprochen; in diesem Zusammenhang wird ein *kommunikativer* Operator eingeführt.

18.3.2.2. Bedürfnisse und Ressourcen

Zunächst einmal hat der Akteur bestimmte Bedürfnisse, die es in gewissen Abständen und Ausmaßen zu erfüllen gilt, z.B. so grundlegende Bedürfnisse wie Hunger, Durst oder Müdigkeit, aber auch abgeleitete Bedürfnisse wie z.B. Gelderwerb oder Arbeitstätigkeiten, die im Hinblick auf die Deckung der grundlegenden Bedürfnisse instrumentellen Charakter haben (vgl. Kap. 9.). (Auf den Zusammenhang zwischen grundlegenden und instrumentellen Bedürfnissen bzw. Zielen wurde bereits im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie detailliert eingegangen (Kap. 17.).) Die Erfüllung der abgeleiteten Bedürfnisse führt zu einem Bestand an *Verbrauchs- und mobilen Hilfsmitteln*, die sowohl zur Erfüllung der grundlegenden als auch der abgeleiteten Bedürfnisse benötigt werden. Ein Beispiel für ein Verbrauchsmittel ist das bereits angesprochene Geld, das durch Arbeiten erworben und für Essen ausgegeben wird. Analog der Unterscheidung von manipulativen und lokomotiven Operatoren und gemäß ihrem Einsatz sollten die mobilen Hilfsmittel in *Arbeitsmittel* und *Transportmitteln* unterschieden werden. Ein Beispiel für ein mobiles Arbeitsmittel wäre ein Messgerät, welches für eine Messung benötigt wird. Ein Beispiel für ein Transportmittel ist ein Auto, welches zum Autofahren benötigt wird.

Verbrauchs-, mobile Arbeits- und Transportmittel werden zusammenfassend als Ressourcen bezeichnet, denn die Bedürfniserfüllung geschieht durch die Anwendung von Operatoren, deren Einsatz Ressourcen verbraucht (Verbrauchsmittel) oder die Anwesenheit bestimmter (im)mobiler Hilfsmittel verlangt, die nicht verbraucht werden, aber deren Abnutzung gegebenenfalls

beachtet werden muss. Die Anwendung von Operatoren bedeutet aber eben auch, dass Bedürfnisse erfüllt und Ressourcenbestände (Verbrauchs-, mobile Arbeits- und Transportmittel) erhöht werden, um in Zukunft Bedürfnisse weiterhin oder besser erfüllen zu können.

Sowohl für die Bedürfnishöhen als auch für die Ressourcenbestände (Verbrauchs-, mobile Arbeits- und Transportmittel) gibt es im Regelfall Minimum- und Maximumwerte, die aus unterschiedlichen Gründen nicht unter- bzw. überschritten werden können oder dürfen, sei es, dass der Akteur dann sterben würde, nicht satter als satt sein kann oder Transport- oder Lagerkapazitäten überschritten würden. Da eine Operatoranwendung im Regelfall immer einen bestimmten Mindestbetrag hinsichtlich der Bedürfnishöhen bzw. Ressourcenbestände ändert, führt dies zusammen mit den nicht überschreitbaren Minimum- und Maximumwerten dazu, dass unter Umständen (in der Nähe der Extrema) eine Operatoranwendung nicht möglich ist.

Zusammenfassend sei also festgestellt, dass ein Akteur zu jedem Zeitpunkt durch einen Zustandsvektor der Bedürfnishöhen und der verfügbaren Ressourcenbestände (Verbrauchs-, mobile Arbeits- und Transportmittel) beschrieben werden kann. Durch die Sachlogik und durch das motivationale System des Akteurs werden Bandbreiten vorgegeben, innerhalb derer sich diese Werte bewegen können und/oder müssen, und es werden anzustrebende Zielwerte für die Bedürfnishöhen und die Ressourcenbestände vorgegeben. Letztere sind hierbei als abgeleitete bzw. instrumentelle Bedürfnisse bzw. Ziele zu interpretieren. Hierauf wurde detailliert im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) eingegangen; vereinfachend sei vorausgeschickt, dass der Akteur das Bestreben hat, möglichst niedrige Bedürfnisse und möglichst hohe Ressourcenbestände zu haben.

Der Zeit kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu, denn sie ist zum Ersten die einzige dem Akteur zur Verfügung stehende Ressource, für deren Beschaffung er nichts tun muss: Jedem Akteur stehen jeden Tag 24 Stunden unabänderlich und kostenfrei zur Verfügung. Zum Zweiten fungiert Zeit für manche Bedürfnis-Komponenten des Zustandsvektors, wie z.B. Hunger, Durst oder Müdigkeit, als Trägervariable: Der Wert solcher Komponenten verändert sich einfach dadurch, dass Zeit verstreicht, auch wenn der Akteur keinerlei Operationen durchführt. Dies ist auch für Ressourcen-Komponenten des Zustandsvektors vorstellbar, sei es, dass sich ein Verbrauchsmittel wie Geld auf der Bank durch Zinsen vermehrt, Verbrauchsmittel wie gelagerte Lebensmittel verderben oder dass an den Arbeits- und Transportmitteln der Zahn der Zeit in Form von Verschleiß nagt. Auch kann diese zeitlich bedingte Bedürfniserhöhung (oder Ressourcenbestandsveränderung) durch den Akteur nicht durch Anwendung bestimmter

Operatoren verhindert werden.⁴¹ Hieraus resultiert die Notwendigkeit, mehr oder minder regelmäßig bestimmte manipulative Operationen (siehe Kap. 18.3.2.4.) durchzuführen, um die Bedürfnisse zu erfüllen und so der nicht beeinflussbaren zeitabhängigen Bedürfniserhöhung bzw. Ressourcenbestandsveränderung entgegenzuwirken. Zum Dritten benötigt jede Operatoranwendung eine bestimmte Zeit, d.h. in diesem Sinne wird die Ressource Zeit durch Operationen ‚verbraucht‘.

18.3.2.3. Der Ort

Der Akteur befindet sich zu einem bestimmten Zeitpunkt immer an einem bestimmten *Ort*, der durch eine bestimmte Objektkonfiguration charakterisiert ist, d.h. durch das Vorhandensein, die Zustände und die Anordnung bestimmter Objekte. Analog der Verfügbarkeitssituation von Verbrauchs- und Hilfsmitteln sollte auch hier zwischen Beständen von Verbrauchsmitteln (bspw. Lebensmitteln im Supermarkt, Papier im Büromateriallager) bzw. bestimmten Zuständen von Objekten (bspw. gepackte, adressierte und frankierte Päckchen) und der Anwesenheit immobiler Hilfsmittel (bspw. Fitnessgeräte im Fitnessstudio, Kopierer im Kopierraum) unterschieden werden. Durch welche Komponenten die externe Situation beschrieben wird und welche Veränderungen durch den Akteur bewirkt werden können (präziser gesagt, welche Veränderung im Rahmen der Modellierung betrachtet werden sollen), hängt sehr stark vom Anwendungsbereich ab: Dieser bestimmt, ob abzubilden ist, dass die zu erledigenden Aktivitäten die Umwelt dahingehend manipulieren, ob sie Ressourcen auf- oder abbauen, ob sie bestimmte (Gruppen) von Objekten anordnen oder umwandeln etc.

Nicht nur im Hinblick auf die ‚Alltagsorganisation‘ ist ein Ort ein Synonym für Funktionalitäten, die sich grob in zwei Kategorien teilen lassen:

Zum einen erlauben Standorte (im Regelfall durch das Vorhandensein immobiler Hilfsmittel) die Durchführung bestimmter *Aktivitäten*, also bspw. im Falle der Alltagsorganisation Essen und Trinken in einem Restaurant, Schlafen zu Hause, Arbeiten in der Firma, Sporttreiben im Fitnessstudio usw. Im Falle einer Arbeitsumwelt könnten die Funktionsstandorte bspw. verschiedene Maschinen sein, an den die Aktivitäten ‚Drehen‘, ‚Fräsen‘, ‚Schleifen‘, ‚Bohren‘

⁴¹ Bei genauer Betrachtung ist es natürlich so, dass z.B. durch höhere körperliche Aktivität mehr Kalorien verbraucht werden, und der Hunger somit schneller steigt. Dieser Auflösungsgrad ist aber im Hinblick auf ‚Leben in der Stadt‘ nicht notwendig (und wird es auch in vielen anderen Realitätsbereichen nicht sein): Es geht darum, dass in regelmäßigen Abständen Orte aufgesucht werden müssen, an denen die Aktivität Essen möglich ist, und nicht darum, den Verlauf von Hungergefühl und Kalorienaufnahme abzubilden. Übertragen gilt das auch für andere grundlegende Bedürfnisse wie Durst oder Müdigkeit. Auch im Hinblick auf die Ressourcen ist dieser Auflösungsgrad nicht notwendig: Es geht darum, für die (Alltags)organisation relevante, nicht beeinflussbare evtl. zeitbedingte Veränderungen der Ressourcenbestände zu berücksichtigen, und nicht darum, die Verderblichkeitsraten von Lebensmitteln oder das Finanzmarktverhalten der Akteure abzubilden.

etc. vorgenommen werden können. Zum anderen fungieren Standorte als Lager für Verbrauchsmittel, mobile Arbeits- und Transportmittel, d.h. diese müssen hier abgeholt und hierhin zurückgebracht werden.

Was im vorhergehenden Kapitel für die Anwendung von Operatoren hinsichtlich der Bedürfnisse und des Ressourcenbestandes gesagt wurde, gilt in übertragenem Sinne auf für die an einem Ort befindlichen Objekte: Eine Operatoranwendung kann die Anwesenheit bestimmter Ressourcen und/oder immobiler Arbeitsmittel erfordern und die vorgefundene Umwelt gegebenenfalls zielgerichtet verändern. Auch hier kann die Zeit wiederum als Trägervariable bestimmter unbeeinflussbarer Veränderungen wirken (bspw. das Altern einer Maschine, dem man durch Wartungsarbeiten teilweise begegnen kann).

Zusammenfassend sei festgestellt, dass auch ein ‚Ort‘ zu jedem Zeitpunkt durch einen Zustandsvektor beschrieben werden kann, wobei die Definition der Komponenten dieses Zustandsvektors und die möglichen Zustände dieser Komponenten sehr stark vom Anwendungsbereich bestimmt werden.

18.3.2.4. Manipulative und lokomotive Operatoren

Die beiden ‚klassischen‘ manipulativen und lokomotiven Operatoren unterscheiden sich zwar in ihrer Zielrichtung, sind sich aber nichtdestotrotz so ähnlich, dass sie hier gemeinsam behandelt werden:

Während lokomotive Operatoren (aus der Sicht des Akteurs) auf die Veränderung des Ortes abzielen, zielen manipulative Operatoren (aus der Sicht des Akteurs) auf die Veränderung (daher Manipulation) des internen Bedürfnisstandes, des internen Ressourcenbestandes (Verbrauchsmittel, mobile Arbeits- und Transportmittel) und/oder auf die Veränderung der externen Gegebenheiten (Verbrauchsmittel, Objektzustände und -anordnungen, immobile Arbeitsmittel). Im Regelfall gibt es jedoch keine ‚unimodalen‘ Operatoren, d.h. mit der beabsichtigten Veränderung von Bedürfnissen, Ressourcenbeständen oder externen Zuständen werden im Regelfall auch immer weitere Veränderungen hinsichtlich der Bedürfnishöhen oder Ressourcenbestände einhergehen.

Im hier gegebenen Fall der ‚Alltagsorganisation‘ sind die an einem Ort in den Funktionsstandorten durchführbaren Aktivitäten manipulative Operatoren, die nur einen der drei genannten Aspekte verändern: Sie erfüllen die Bedürfnisse eines Akteurs. In anderen Realitätsbereichen sind gegebenenfalls auch die anderen Aspekte zu beachten: Ein manipulativer Operator kann die externe Situation verändern, denn wenn man bspw. einen Baum aberntet, ist nicht nur der Verbrauchsmittelbestand aufgefüllt, sondern es gibt anschließend an diesem Ort (zumindest eine Weile lang) nur noch einen abgeernteten Baum, der keine Auffüllung des Verbrauchsmittelbestandes erlaubt. Im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ ist dies nicht der Fall (denn man kann davon ausgehen,

dass der Supermarkt immer gefüllte Regale haben wird und auch die Abnutzung eines Fitnessgeräts interessiert in diesem Zusammenhang nicht), aber in Arbeitsumwelten werden die anderen Aspekte häufig vorkommen, bspw. ist das Lager anschließend aufgeräumt, die Lieferung verpackt (jeweils Veränderung der externen Zustände und Bedürfnisbefriedigung im Sinne einer Aufgabenerledigung) oder man hat anschließend ein Messgerät bei sich (Arbeitsmittelbestand) und dieses befindet sich nicht mehr an seinem Aufbewahrungsplatz (Veränderung des externen Zustands).

Im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ sind die zurückgelegten Wege die lokomotiven Operationen. Hierbei wäre genau genommen jede Kombination von Start- und Zielort, die mit einem bestimmten Verkehrsmittel auf eine bestimmte Art und Weise zurückgelegt wird, ein lokomotiver Operator und jeder Weg eine Kette von solchen lokomotiven Operationen:

Dies resultiert aus der räumlichen Auflösung und der Art und Weise der Abbildung von Räumlichkeit, die bestimmen, wie ein Ort definiert wird. Üblich sind Raster- und Netzwerkansätze: Bei einem Rasteransatz wird über den abzubildenden Raum irgendeine Art von Raster gelegt und ein Ort entspricht einer Rasterzelle. Bei einem Netzwerkansatz werden die relevanten Orte als Knoten abgebildet, die durch Kanten verbunden sind. In beiden Fällen bestünde ein Weg von Rasterzelle bzw. Knoten A nach Rasterzelle bzw. Knoten B aus einer Kette von lokomotiven Operationen, da im Regelfall A und B nicht direkt nebeneinander liegen bzw. nicht direkt mit einer Kante verbunden sein dürften.

Zu beachten ist außerdem, dass jedes sozio-technische System durch verschiedene Verkehrsnetze erschlossen sein dürfte (im Falle der Stadt ein Wege- und Straßennetz und evtl. ein Schienennetz), die nur mit bestimmten Transportmitteln benutzt werden können, die die Erreichbarkeit eines bestimmten Ortes durch ein Transportmittel festlegen und die an bestimmten Stellen den Wechsel zwischen verschiedenen Transportmitteln und -netzen erlauben. Wie ‚fein‘ die Abbildung dieser Netze durch ein Modell gesponnen wird, ist eine Frage des Anwendungsbereichs und insbesondere ein Frage des Modellierungsziels.

Weiterhin ist zu beachten, dass gleiche Transportmittel – so wie jede Art von mobilen Hilfsmitteln – unterschiedlich genutzt werden können; dies sei exemplarisch am Beispiel von Verkehrsmitteln im Anwendungsfall ‚Alltagsorganisation‘ erläutert: Ein PKW kann sich im Privatbesitz befinden und von dem Besitzenden genutzt werden oder an andere ausgeliehen werden, einem Car-Sharing-Unternehmen gehören und von dessen Kunden gemietet werden oder mit einem Fahrer oder einer Fahrerin (Taxi) als Dienstleistung in Anspruch genommen werden. Es gibt mehrere ‚Autonomiedimensionen‘, auf denen sich die Nutzungsformen hinsichtlich der Freiheitsgrade – und damit auch hinsichtlich der notwendigen Entscheidungen seitens des Nutzenden – unterscheiden:

- Ist das Transportmittel im Besitz des Nutzenden oder muss es gemietet, ausgeliehen oder im Rahmen einer Dienstleistung in Anspruch genommen werden (bspw. das eigene Auto oder Fahrrad vs. Car-Sharing, Taxi oder ÖPNV)?
- Muss das Transportmittel geparkt – und somit von einem ‚Heimathafen‘ abgeholt, evtl. zwischenzeitlich geparkt und auch wieder zu einem ‚Heimathafen‘ zurückgebracht – werden oder muss es gar nicht geparkt werden (bspw. Zufußgehen oder Taxifahren vs. eigenes Auto selbst fahren oder Fahrrad fahren)?
- Legt der Nutzende Abfahrtsort, Abfahrtszeit, Route und Ankunftsort fest, oder tut dies ein anderer für ihn (bspw. Taxi vs. ÖPNV)?
- Lenkt der Nutzende das Transportmittel selbst, oder tut dies ein anderer für ihn (selbst Auto oder Fahrrad fahren vs. Taxi fahren oder mitgenommen werden)?
- Legt der Nutzende fest, wer ihm (im Fahrzeug) Gesellschaft leistet, oder nimmt er ein Angebot in Anspruch, welches auch andere Personen in Anspruch nehmen können (bspw. selbst Taxi oder Privat-PKW fahren vs. Bus fahren oder mitgenommen werden)?

Immer dann, wenn eine Nutzungsform in einer ‚Autonomiedimension‘ nicht vollständig selbst bestimmt ist, ergibt sich die Notwendigkeit einer Absprache mit anderen Akteuren (bzw. einem entsprechenden Dienstleistungsunternehmen); dies wird weiter unten im Zusammenhang der Interaktion und Kommunikation diskutiert (18.3.2.6. und 18.3.2.7.).

Außerdem müssen genau genommen sogar noch verschiedene Wochentage und Tageszeiten unterschieden werden.

Da für die Modellierung der Alltagsorganisation Kosten und Nutzen eines Weges im Gegensatz zu seinem genauen räumlichen Verlauf die wesentliche Rolle spielen, scheint es ausreichend, die Art und Weise der Nutzung eines bestimmten Verkehrsmittels als lokomotive Operation abzubilden, die durch die Parameter Startort, Zielort, Startzeit, Dauer des Weges und Kosten des Weges beschrieben wird.

Sowohl für die Anwendbarkeit manipulativer als auch lokomotiver Operatoren gibt es in der Situation liegende Bedingungen. Zum einen ist davon auszugehen, dass eine Operatoranwendung auf jeden Fall Zeit und im Regelfall auch andere Verbrauchsmittel aufzehrt, d.h. diese müssen in ausreichendem Umfang vorhanden sein. Zum anderen wird es häufig vorkommen, dass eine Operatoranwendung das Vorhandensein eines Hilfsmittels erfordert, d.h. (im)mobile Arbeitsmittel für manipulative Operationen und Transportmittel für lokomotive Operationen:

So kann bspw. der lokomotive Operator ‚Auto fahren‘ oder ‚Fahrrad fahren‘ nur dann angewendet werden, wenn ein Auto oder Fahrrad dem Akteur am Startort seines Weges zur Verfügung steht. D.h. der Akteur muss ein Auto bzw. Fahrrad

beschaffen können, Auto bzw. Fahrrad fahren können und das Auto bzw. Fahrrad des Akteurs muss sich am Startort des Weges befinden. Im Gegensatz dazu ist die Nutzung der eigenen Füße oder des öffentlichen Personennahverkehrs (incl. Taxi) prinzipiell immer möglich, da diese Verkehrsmittel immer verfügbar sind. Im Falle eines Arbeitsumfeldes wäre z.B. ein Messgerät ein Beispiel für ein Arbeitsmittel, das zwingend vorliegen muss, um eine Messung durchzuführen.

Zusätzlich setzen manipulative Operatoren offensichtlich die externen Zustände voraus, die sie ändern sollen, d.h. sie können nur in solchen Situationen (und damit nur an bestimmten, räumlich verteilten Orten) angewandt werden, in denen die zu verändernden Objekte in einem bestimmten Zustand vorliegen bzw. die notwendigen Arbeitsmittel verfügbar sind (man kann nur einen Baum abernten bzw. eine Maschine bedienen, wenn ein Früchte tragender Baum oder die Maschine da sind). Hieraus resultiert, wie bereits angedeutet, die Notwendigkeit, Wege zurückzulegen; dies sind die lokomotiven Operatoren, die den Ortsaspekt der externen Situation verändern.

Zu berücksichtigen ist aber auch, dass bestimmte Zustände die Anwendung eines bestimmten manipulativen oder lokomotiven Operators ausschließen können, bspw. kann ein Einkauf von zwei Getränkekästen (Ressourcenbestand) im Regelfall nicht mehr mit dem Fahrrad befördert werden. Insbesondere bei manipulativen Operatoren, die den Ressourcenbestand erhöhen, ist zu beachten, dass die entsprechenden ‚Aufnahmekapazitäten‘ vorhanden sein müssen.

Zu ergänzen bleibt noch eine Eigenschaft von Operatoren, die aus der Unterscheidung von instrumentellen und tätigkeitszentrierten Handlungen herrührt (vgl. Kap. 9.4.). Instrumentelle Handlungen zielen auf den Abschluss der Handlung, da dieser Abschluss mit der eigentlichen Bedürfnisbefriedigung einhergeht, während hingegen tätigkeitszentrierte Handlungen auf die Durchführung der Handlung zielen, da die Handlung an sich Bedürfnisbefriedigend ist. Dementsprechend gilt es zwei ‚Wirkungsformen‘ von Operatoren hinsichtlich der Veränderung von Bedürfnissen zu unterscheiden, die als ‚*analog*‘ bzw. ‚*diskret*‘ bezeichnet werden sollen: Bei analoger Wirkung ist die Veränderung zeitabhängig ist, d.h. vereinfacht gesagt, je länger der Operator angewendet wird, desto stärker verändern sich die Bedürfnishöhen bzw. die Ressourcenbestände. (Bspw. verringert sich die Müdigkeit mit wachsender Schlafdauer.) Bei diskreter Wirkung benötigt die Operation einfach eine bestimmte Zeit zur Durchführung und führt dann nach Ablauf dieser Zeit zu einer sprunghaften Veränderung der Bedürfnishöhen bzw. der Ressourcenbestände. (So benötigt z.B. der Besuch beim Friseur eine bestimmte Zeit und der Abbruch dieser Aktivität bedeutet nicht, dass das Ziel Verschönerung teilweise erreicht wäre, sondern im Gegenteil: halb frisiert ist schlimmer als gar nicht frisiert.)

Es ist jedoch davon auszugehen, dass Operatoren selten rein ‚analog‘ oder rein ‚diskret‘ wirken, sondern beide Wirkungsformen mehr oder minder stark in sich vereinen, wobei eine Form im Regelfall dominieren wird. So hat zwar ein lokomotiver Operator prinzipiell eine diskrete Wirkung, aber er kann auch noch eine analoge Wirkung haben, wie z.B. Fahrrad fahren neben der Ortsveränderung auch noch einen sportlichen Aspekt haben kann. Aber selbst hier kann der tätigkeitszentrierte Anreiz überwiegen, d.h. es erfolgt ein Fahren um des Fahrens willen (analoge Wirkung) und der Ortswechsel wird zur Nebensache (diskrete Wirkung).

Der Unterschied zwischen der analogen und der diskreten Wirkung von tätigkeitszentrierten bzw. instrumentellen Handlungen hat jedoch auch noch eine andere Konsequenz, die damit zusammenhängt, dass man seine ‚Aktiviertheit‘ erhöhen, sprich ‚sich beeilen‘, kann. Dies ist nur für instrumentelle Handlungen sinnvoll (genau gesagt, für den diskret wirkenden Teil der Handlung), da hier der Abschluss der Handlung die Bedürfnisbefriedigung bringt. Zudem müssen die instrumentellen Handlungen dies auch erlauben, so kann man zwar bspw. schneller putzen, aber nicht schneller einen Volkshochkurs besuchen (dieser dauert nun mal eine bestimmte Zeit); auch mag die Dauer der Handlung nicht nur vom eigenen Beeilen, sondern auch oder ausschließlich von dem Funktionsstandort abhängen (bspw. könnte die Dauer des Einkaufens nicht nur von einem selbst, sondern auch von der Übersichtlichkeit des Angebots und der Anzahl und der Besetzung der Kassen abhängen). Bei tätigkeitszentrierten Handlungen (genau gesagt, für den analog wirkenden Teil der Handlung) bringt es nichts, sich zu beeilen, da damit eine geringere Bedürfnisbefriedigung einhergeht und dies teilweise auch nicht möglich ist. (Man kann nicht ‚schneller schlafen‘, auch wenn Großmütter dies für kurze Nächte zu empfehlen pflegen.)

Zusammenfassend gilt also, dass jeder manipulative oder lokomotive Operator für jede Komponente des Zustandsvektors entweder eine Veränderungsrate oder einen Veränderungsschritt hat (die hinsichtlich mancher Komponenten Null sein mag), d.h. es ist zwischen einer ‚analogen‘ und einer ‚diskreten‘ Wirkungsform des Operators zu unterscheiden, wobei ein Operator durchaus beide Wirkungsformen haben kann. Im diskreten Fall hängt dabei die Dauer der Durchführung von situativen Gegebenheiten ab: im Falle der Alltagsorganisation bei manipulativen Operatoren, also den Aktivitäten, von der Ausgestaltung der Funktionsstandorte und bei lokomotiven Operatoren, also Wegen, von der Ausgestaltung der Verkehrsmittel und der Verkehrsnetze. (Bspw. könnte angenommen werden, dass die Dauer des Einkaufens von der Übersichtlichkeit des Angebots und der Anzahl und der Besetzung der Kassen abhängt.) Für alle Komponenten des Zustandsvektors sind aber festzulegende Bandbreiten zu berücksichtigen, jenseits derer eine weitere Operatoranwendung zu keiner Veränderung führt bzw. unmöglich wird.

18.3.2.5. Informiertheit: Bekanntheit von Situationen und Operatoren

Nun war bislang allgemein die Rede davon, welche Arten von Situationen und Operatoren es in einem Realitätsbereich wie bspw. ‚Leben in der Stadt‘ gibt und wodurch sie sich auszeichnen.

Auf die psychische Repräsentation der städtischen Umwelt, d.h. auf die Frage, welche Funktionsstandorte und Operatoren dem Akteur bekannt sind und wie gut er die Operatorkonsequenzen abschätzen kann, wird im Rahmen der Darstellung des Mob- Ψ -Modells eingegangen. In diesem Zusammenhang wird auch auf den Verzicht einer detaillierten Modellierung von Wahrnehmung und dabei gegebenenfalls auftretender Fehler eingegangen (siehe Kap. 20.3.; vgl. auch Einleitung Teil III.)

Hier soll es darum gehen, wie der Akteur überhaupt (und nicht nur im Falle ‚Alltagsorganisation‘) an Informationen gelangt:

Diese Informationen lassen sich entweder durch Ausprobieren, also durch Anwendung und Konsequenzerlernung von manipulativen und lokomotiven Operatoren, erlangen; oder aber sie werden durch Befragung oder Mitteilung von externen Informationsquellen beschafft, d.h. sie werden von anderen Akteuren oder aus Medien (gelbe Seiten, Fahrpläne, Internet, Zeitung, Fernsehen etc.) erfragt bzw. ausgelesen. Das Informieren ist in dem Sinne eine manipulative Operation, als dass es den Situationsaspekt Informiertheit verändert. Im Falle der Befragung von externen Informationsquellen tritt das Informieren isoliert von anderen Operationen auf; bei der Anwendung von manipulativen und lokomotiven Operatoren – also der Durchführung von Aktivitäten und Wege – tritt es immer als Begleiteffekt auf, denn es werden immer vorhandene Informationen bestätigt oder widerlegt werden.

Der Informiertheit kommt eine Sonderstellung zu, da der Zustands- oder Problemraum aus der Perspektive des Akteurs immer nur so groß und so ausgestaltet sein wird, wie der Akteur dies aufgrund seines Wissens über die Umwelt – des Situationsaspekts Informiertheit – zu wissen glaubt. Dies ist in etwa so, als ob jeder Akteur seine eigene, selbst gezeichnete Karte des Problemraums mit sich herum trüge und diese permanent durch externe Informationsquellen erweitere bzw. diese bei jeder Operatoranwendung automatisch aktualisiere. Die Handlungen des Akteurs – also seine Operatoranwendungen – sind in seiner Sicht der Umwelt – dem sogenannten *Environmental View* – begründet und damit nur aus dieser Perspektive heraus erklärbar.

Wegen der besonderen Bedeutung der Informiertheit wird vorgeschlagen, den Vorgang des Informierens formal nicht als manipulative Operation anzusehen, sondern dafür eine eigene Art von Operator, nämlich den *informationellen Operator*, einzuführen. Diese Art von Operatoren würde isoliert und gezielt eingesetzt (externe Informationsbeschaffung, d.h. nicht der Begleiteffekt des Sammelns von Erfahrungen bei Operatoranwendung). Hierbei sind zum einen

Fragen des Akteurs nach Anwendungsbedingungen und -konsequenzen von einem vorgegebenen Operator vorstellbar und zum anderen Fragen nach Operatoren, die vorzuziehende Anwendungsbedingungen und / oder -konsequenzen erfüllen.

Außerdem ist zu beachten, dass automatisch bei jeder Anwendung von manipulativen, lokomotiven oder informativen Operatoren (d.h. beim Ausprobieren) gleichzeitig ein Informieren stattfindet, d.h. das unwillkürliche Erfahren der Operatoranwendung liefert Informationen über den angewandten Operator. Neben Informationen über den angewandten Operator können auch über nicht angewandte Operatoren Informationen anfallen. Bspw. könnte beim Vorbeifahren das neue Kino, beim Besuch eines Kaufhauses eine neue Abteilung, beim Lesen der Zeitung die neue Buslinie oder beim Surfen im Internet eine neue Website wahrgenommen werden.

Die Anwendung von Operatoren führt also formal zu Lernprozessen, die die Repräsentation der Umwelt modifizieren. Das Ergebnis dieser Lernprozesse hinsichtlich Existenz und Anwendungsbedingungen und -konsequenzen von manipulativen, lokomotiven und informationellen Operatoren ist der Situationsaspekt Informiertheit, d.h. der Environmental View. Darüber hinaus gibt es noch Lernprozesse, die den motivationalen Zustand – bzw. dessen Verknüpfung mit dem Environmental View – betreffen wie z.B. die Verknüpfung von Bedürfnissen mit bedürfnisstillenden Operatoren (Wirkwelt, vgl. Kap. 15. zur PSI-Theorie) oder die Entwicklung von abgeleiteten instrumentellen Bedürfnissen, die der Befriedung der grundlegenden Bedürfnisse indirekt dienen (detailliert in Kap. 17. Differenzierung der PSI-Theorie).

Beide Arten von Informationsbeschaffung (Ausprobieren bzw. Anwendung informationeller Operatoren = Befragung) verbrauchen Ressourcen, insbesondere Zeit. Dabei wird die Anwendung informationeller Operatoren im Regelfall weniger zeitaufwendig sein als das Ausprobieren durch Anwendung manipulativer und lokomotiver Operatoren. Da jedoch Ressourcen, die für Informationsbeschaffung aufgewendet werden, nicht für die Bedürfnisbefriedigung zur Verfügung stehen, muss hier eine Abwägung erfolgen, die sowohl einen sinnvollen Umfang der Informationsbeschaffung an sich findet als auch für die stattfindende Informationsbeschaffung eine sinnvolle Aufteilung zwischen dem Ausprobieren und der Befragung findet. Auch dies sind Fragen, auf die im Rahmen einer Differenzierung der PSI-Theorie (siehe Kap. 17.) eingegangen wurde.

Dies wird noch problematischer durch die Unterschiedlichkeit der Güte, also der Verlässlichkeit, der externen Informationsquellen. Es ist eine Sache der Erfahrung, welche Informationsquelle, d.h. welcher informationelle Operator, welche Güte hat, d.h. bis zu einem gewissen Grad muss ausprobiert werden, und zwar sowohl um das eigene Wissen zu erweitern als auch, um die Güte von informationellen Operatoren beurteilen zu können. Hinzu kommt noch, dass

bei Nutzung desselben Funktionsstandorts bzw. derselben Transportverbindung unter exakt gleichen äußeren Bedingungen nichtdestotrotz die Stärke der Bedürfnisbefriedigung der Akteure in einem mehr oder minder großen Umfang aufgrund persönlicher Faktoren schwankt, d.h. Informationen sind prinzipiell nur bedingt von einem Akteur auf einen anderen übertragbar bzw. Informationen von Medien sind prinzipiell nur bedingt nutzbar.

18.3.2.6. Interaktionen

Das Lernen, d.h. der Aufbau der Informiertheit, wird erschwert, wenn nicht immer alle Operatoren gleich wirken, wie dies bei der ‚Alltagsorganisation‘ der Fall ist und wie dies auch in vielen anderen Realitätsbereichen der Fall sein dürfte. Der Grund im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ ist, dass die Kapazitäten von Funktionsstandorten und Verkehrsverbindungen begrenzt sind und dass ein Akteur nicht allein in der Stadt operiert, sondern dass die komplette Stadtbevölkerung zuzüglich Pendler und Durchreisende bei ihrer Alltagsorganisation interagiert. Dies führt zu zeitlich unterschiedlichen Auslastungen der Kapazitäten. Hierdurch wird die Wirkung von Operatoren, also deren Konsequenzen, beeinflusst, denn wie lange bspw. der einzelne Akteur für einen Weg benötigt, hängt davon ab, wie viele andere Akteure gleichzeitig mit ihm auf der gewählten Verbindung unterwegs sind. Dieses alltägliche Erlebnis des im Berufsverkehr (Fest)steckens kennt jeder. Ist die Kapazität voll ausgeschöpft, ist die Anwendung eines Operators unter Umständen sogar unmöglich. Auch diese Alltagserfahrung hat jeder gemacht, der einmal vor einem ausverkauften Kino oder Theater gestanden hat. Das heißt, dass im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ Operatorkonsequenzen immer zeitspezifisch und mit bestimmten Unsicherheiten behaftet sind und sich permanent ändern. Diese Art von kapazitären Begrenzungen und Interaktionseffekten dürfte nicht auf den Bereich der ‚Alltagsorganisation‘ beschränkt sein, sondern wird in vielen soziotechnischen Systemen auftreten und ist daher im Rahmen der Theorie des Akteurs (Kap. 20.) im Hinblick auf die Funktionen Handlungsplanung und Lernen und Gedächtnis zu berücksichtigen.

Im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ sei der Vollständigkeit halber angefügt, dass die Existenz von Funktionsstandorten und Transportmöglichkeiten, also die Existenz manipulativer und lokomotiver Operatoren, von der Nutzung derselbigen durch die Akteure, also durch die Kapazitätsauslastung, bestimmt wird. Denn: Diese Operatoren werden von Betreibern angeboten, die entsprechend der bestehenden oder vermuteten Nachfrage diese Angebote eröffnen, weiter betreiben oder auch aufgeben. Diese Prozesse finden jedoch nicht auf der hier fokussierten kurzfristigen Zeitskala (Tag, Woche) der Alltagsorganisation statt, sondern diese Nachfrageentscheidungen der Akteure erzeugen Rückkopplungen hinsichtlich des Angebots auf einer mittel- bis langfristigen Zeitskala (Monate, Jahre).

Neben diesen eher passiv erfahrenen, durch die Gleichzeitigkeit von Operatoranwendungen entstehenden Interaktionen gibt es noch aktive gezielt herbeigeführte Interaktionen, die die Alltagsorganisation mehrerer Akteure aufeinander abstimmen und die hier exemplarisch für Abstimmungsprozesse beschrieben werden:

Zum einen gibt es mehr oder minder unselbstständige Akteure wie z.B. alte Menschen oder kleine Kinder, die bei der Ausübung von Aktivitäten betreut bzw. bei der Durchführung von Wegen begleitet werden müssen. Diese können also bestimmte manipulative oder lokomotive Operatoren nur gemeinsam mit anderen Akteuren anwenden. Zum anderen sind sowohl manipulative als auch lokomotive Operatoren vorstellbar, die von mehreren selbstständigen Akteuren nur gemeinsam angewandt werden können. Beispiele sind Mehrfachfahrkarten wie das Wochenendticket oder Gruppenkarten bei Museumseintritten.

18.3.2.7. Kommunikation

Neben den Koordinationsnotwendigkeiten, welche die Anwesenheit anderer Akteure betreffen, gibt es auch solche, welche die Bereitstellung bestimmter Verkehrsmittelnutzungsformen betreffen: Existiert nur ein Auto in einem Haushalt mit mehreren Führerscheinbesitzern, soll ein Car-Sharing-Auto oder ein geliehenes Auto genutzt werden oder wird man entgeltlich oder unentgeltlich mitgenommen, so muss die Nutzung im Wesentlichen räumlich, zeitlich und finanziell abgesprochen werden (vgl. die im Rahmen der Ausführungen zu lokomotiven Operatoren (Kap. 18.3.2.4.) angesprochenen ‚Autonomiedimensionen‘).

Hier ist also hinsichtlich der Anwendung manipulativer Operatoren eine Kommunikation zwischen den Akteuren bzw. hinsichtlich der Anwendung lokomotiver Operatoren eine Kommunikation zwischen einem Akteur und dem Betreiber einer Transportdienstleistung notwendig. Die Kommunikation als Austausch von Nachrichten ist in dem Sinne zwar eine informationelle Operation, als dass sie die Informiertheit der Akteure verändert, aber es gibt einen großen Unterschied zu den bislang eingeführten informationellen Operatoren: Bei diesen ist der Akteur nur Empfänger, auch wenn er diesen Empfang gezielt durch Aussenden einer Informationsanforderung auslöst, und nur der empfangende Akteur verändert seine Informiertheit. Der Sender ist entweder ein Akteur, dessen Informiertheit sich nicht ändert, oder ein Medium (gelbe Seiten, Fahrplan, Internet), dessen Informiertheit sich ebenfalls nicht ändert.⁴²

Bei der angesprochenen Kommunikation handelt es sich jedoch um einen wechselseitigen Prozess, bei dem die Informiertheit der beiden kommunizierenden Akteure verändert wird. Daher wird vorgeschlagen, dies

⁴²Genau genommen stimmt dies nicht, denn es ist durchaus möglich, dass ein Informationsdienst Kundendaten führt und auswertet. Dies ist hier aber nicht von Interesse.

nicht als informellen Operator anzusehen, sondern als eine ganz neue Qualität von Operation, die hiermit als *kommunikativer* Operator eingeführt wird. Diese zielen per definitionem auf die (zukünftige) Anwesenheit von anderen Akteuren und auf die (zukünftige) Bereitstellung von Hilfsmitteln wie Arbeits- oder Transportmitteln.

18.3.2.8. Problemstellung

Aber wofür hat der Akteur eine Lösung zu finden? Das Problem, das der Akteur nicht nur im Realitätsbereich ‚Alltagsorganisation‘ zu lösen hat, ist, möglichst gut zu leben. Aber was heißt dieses ‚möglichst gut leben‘? Die einfache Antwort ist: Je kleiner die Bedürfnisse, desto höher die Lebensgüte. Und: Je weniger man dafür tun muss, umso besser. Formal ausgedrückt, handelt es sich also um ein Optimierungsproblem, nämlich um das Problem, mit möglichst wenig Aufwand (Ressourcen) möglichst viel Nutzen (Bedürfnisbefriedigung) zu erreichen. Das Finden der Antwort auf dieses Optimierungsproblem stellt sich jedoch als sehr schwierig dar:

Sowohl die Zeit als auch andere Ressourcen sind begrenzt. Denn der Tag hat nur 24 Stunden und innerhalb dieser wie auch jeder anderen (Woche, Monat, Jahr) Zeitspanne sollten die bedürfnisstillenden Mittel für die innerhalb dieser Zeitspanne entstandenen Bedürfnisse beschafft werden. Hierfür werden im Regelfall wiederum ‚Ressourcen‘, also Arbeits- und Transportmittel und die ebenfalls in dieser Zeitspanne zu beschaffenden Verbrauchsmittel, benötigt. Auch diese sind, sofern man sich nicht gerade im Paradies befindet, begrenzt, d.h. dass nur eine bestimmte Menge pro Zeiteinheit erschlossen werden kann. Durch Vorratshaltung sowohl von Ressourcen als auch von bedürfnisstillenden Mittel lassen sich zwar Beschaffung und Verbrauch von Mitteln zeitlich entzerren, dies ändert aber nichts an der prinzipiellen Tatsache, dass innerhalb der Zeitspanne, in der ein Bedürfnis entstanden ist, dieses auch gedeckt werden sollte. Dies ist hinsichtlich existentieller Bedürfnisse für das Überleben absolut und hinsichtlich abgeleiteter Bedürfnisse für das ‚Wohlbefinden‘ (positive Lust-Unlust-Bilanz) notwendig. Dies wurde im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) ausführlicher diskutiert.

Aufgrund dieser Einschränkungen müssen Kompromisse gefunden werden, d.h. ein Bedürfnis muss hinter einem anderen zurückstehen, und es muss abgewogen werden, ob eine Bedürfnisbefriedigung den dafür benötigte Ressourcenaufwand wert ist. Bei diesen Abwägungen spielen wiederum persönliche Faktoren eine Rolle, denn die Wichtigkeit insbesondere abgeleiteter Bedürfnisse variiert von Person zu Person. Die Abwägungen wiederum bedeuten, dass ein Zeitmanagement, also eine (Alltags)Organisation, erfolgen muss, die zum einen Art und Umfang der Informationsbeschaffung (informationelle Operatoren) und der Kommunikation (kommunikative Operatoren) festlegt und die zum anderen die Aktivitäten (manipulative Operatoren) und die resultierenden Wege (lokomotive Operatoren) so in eine

zeitliche Abfolge bringt, dass der Akteur sich dabei möglichst ‚gut‘ fühlt, d.h. im Resultat die Bedürfnisse möglichst niedrig und die Ressourcenverfügbarkeiten möglichst hoch sind.

Dies ist ein *dialektisches* Problem, d.h. ein Problem, bei dem die Zielsituation nicht genau bekannt ist. Denn das Ziel, möglichst gut leben, ist relativ ausgedrückt: Den Idealzustand – keine Bedürfnisse zu haben – gibt es nicht. Durch den Realitätsbereich werden die möglichen Lösungen und damit auch das erreichbare Optimum vorgegeben. Das bedeutet aber, dass erst dann, wenn die beste Lösung gefunden ist, ihre Beschaffenheit bekannt ist, d.h. erst dann ist bekannt, welche Güte überhaupt erreichbar ist.

Die dialektische Problematik wird noch verschärft durch die Kontinuität der (Alltags)Organisation: Diese hat keinen Anfang und kein Ende, denn solange man lebt, solange muss dieses Leben auch organisiert werden. Somit wird der Akteur also immer wieder vor das gleiche Problem gestellt und die Zielsituation, in die ihn eine ‚Lösung‘ geführt hat, ist die Startsituation für das nächste Problem. Jede Einteilung dieses Kontinuums in zu planende Zeitabschnitte, wie Tag oder Woche, ist artifiziell, muss aber für die Modellierung und Simulation eines Realitätsbereichs gefunden werden. (Die Wahl des Zeitabschnitts Woche wurde im Rahmen der Herleitung des Forschungsansatzes (Kap. 7.3.1.) begründet.)

Auf Basis der Kenntnis der Dynamik der eigenen Bedürfnisentstehung und der (eingeschränkten) Kenntnis der Situationen und Operatoren des Realitätsbereichs kann der Akteur das Problem der (Alltags)Organisation lösen, indem er einen mehr oder minder konkreten Plan der beabsichtigten Bedürfnisbefriedigungen und Ressourcenbeschaffungen, also der Reihenfolge der Anwendung von Operatoren, erstellt. Hierbei soll die Verwendung des Wortes Plan keinesfalls implizieren, dass irgendjemand sich bspw. am Sonntagabend hinsetzt und einen minutiösen Stundenplan für die folgende Woche erstellt. Eher ist davon auszugehen, dass Pläne sehr vage beginnen wie bspw. „na ja, in der nächsten Woche 40 Stunden Arbeiten, 56 Stunden Schlafen, 2 mal Einkaufen und ins Kino könnte ich eigentlich auch mal wieder gehen“, sich über Zwischenschritte verdichten („Schlafen nachts, Arbeiten werktags, Dienstag und Freitag auf dem Nach-Hause-Weg von der Arbeit einkaufen und Mittwoch Abend ins Kino gehen“) und immer mehr zu einem dann zeitlich und räumlich absolut konkreten (beabsichtigten) Ablauf werden. Dieser sich immer weiter konkretisierende Ablauf bildet zusammen mit den aufgrund von Kommunikation eintretenden Ereignissen (Anwesenheit anderer Personen, Bereitstellung von Arbeits- und Transportmitteln) den ‚Ablaufplan‘ des Akteurs.

Wie bereits im Zuge der Herleitung des Forschungsansatzes erläutert wurde (Kap. 5.8.), ist das vorliegende Optimierungsproblem – einen möglichst guten Ablauf zu erstellen – ein NP-Problem, d.h. es kann weder seitens eines Menschen noch seitens eines Computersimulationsmodells durch das Erstellen und Bewerten aller möglichen Abläufe gelöst werden, da diese zu vielfältig sind.

Es muss also eine Reduktion des Lösungsraums stattfinden, sodass eine handhabbare Menge von Informationen verarbeitet werden kann. Dies wird weiter unten (Kap. 18.3.2.10.) aufgegriffen.

18.3.2.9. Weitere Operator- und Problemraumeigenschaften

Die kognitive Reduzierung des Problemraums durch Informationsbegrenzung und Planung erfordert eine Differenzierung bestimmter Operator- und Problemraumeigenschaften:

Ein durchgeführter Plan, also die Anwendung von Operatoren ist *irreversibel*, denn nichts kann ungeschehen gemacht werden. Solange ein Plan jedoch noch nicht durchgeführt wurde, also nur mehr beabsichtigt ist, kann er jederzeit geändert werden, d.h. im Planungsstadium sind alle Operatoren *reversibel*.

Im Falle der ‚Alltagsorganisation‘ haben die beschriebenen Operatoren *keine Totzeiten*. Ihre Wirkungsbreite auf der kurzfristigen Zeitskala ist bekannt. Auf der mittel- und langfristigen Zeitskala können jedoch durch die Nutzungsentscheidungen intransparente Fern- und Nebenwirkungen auftreten, da die Anbieter von Funktionsstandorten und Transportmöglichkeiten auf die Auslastung ihrer Kapazitäten reagieren und sich damit der Problemraum für den Akteur verändert.

Das Erstellen eines Wochenablaufs ist aus Sicht des Akteurs insofern ein *Transformationsproblem*, als dass durch jede Operatoranwendung ein Teil des Problems gelöst wird, indem ein Bedürfnis erfüllt, Ressourcen beschafft bzw. notwendige Lokomotionen durchgeführt werden. Aus der Perspektive eines Beobachters kann es jedoch auch als *Konstruktionsproblem* betrachtet werden, denn ein Wochenablauf stellt eine als Ganzes konstruierte Gesamtlösung dar, bei der durch jede beabsichtigte Operation das zu konstruierende Gebilde ‚Alltagsablauf‘ immer detaillierter wird.

18.3.2.10. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass der Realitätsbereich ‚Leben in der Stadt‘ hinsichtlich der Situationen und Operatoren sehr vierteilig und vernetzt und somit komplex, intransparent, dynamisch und unsicher ist und durch gezielte Informationsbeschaffung aufgeklärt werden muss.

Die Tabelle 2 fasst die eine Situation charakterisierenden Aspekte noch einmal zusammen und gibt einen Überblick, auf die Veränderung welchen Aspekts die Operatoranwendung – gegebenenfalls per definitionem (def) – zielt (Z) und inwiefern diese Situationsaspekte typischerweise Anwendungsbedingungen für die unterschiedlichen Operatorarten darstellen (B) können bzw. welche Situationsaspekte die unterschiedlichen Operatorarten üblicherweise verändern (K). Prinzipiell kann jedoch jeder Situationsaspekt für alle Operatoren

Anwendungsbedingung sein und durch die Anwendungskonsequenzen verändert werden.

	manipulativ	lokomotiv	informativ	kommunikativ
Interne Situation				
Bedürfnisstand	Z	K	K	K
Ressourcen	Z, B	B, K	B, K	Z (def), B
Informiertheit	K	K	Z (def)	K
Externe Situation				
Räumliche Koordinate		Z (def)		
Relevante Zustände	Z, B			
Anwesenheit anderer	B		B	Z (def)

Tabelle 2: Überblick über Ziel (Z), typische Anwendungsbedingungen (B) und -konsequenzen (K) der unterschiedlichen Operatorarten

Manipulative Operatoren zielen auf die Bedürfnisbefriedigung, auf die Veränderung des Ressourcenbestandes und/oder auf die Veränderung externer Zustände; lokomotive Operatoren zielen per definitionem auf die Veränderung des Ortes; informative Operatoren zielen per definitionem auf die Veränderung der Informiertheit; kommunikative Operatoren zielen per definitionem auf die (zukünftige) Anwesenheit anderer Akteure und die (zukünftige) Bereitstellung von Arbeits- und/oder Transportmittel durch andere Akteure. Alle Operatoren verändern im Regelfall den Bedürfnis- und Ressourcenbestand und immer auch die Informiertheit, da in jedem Fall Erfahrungen mit der Operatoranwendung gesammelt werden.

Das zu lösende Problem – das Finden eines ‚möglichst guten‘ Ablaufs – ist dialektisch, da das erreichbare Optimum nicht bekannt ist. Beim Finden der Problemlösung finden zwei Informationsreduktionen statt: Zum Ersten ist das System Stadt zu groß, als dass es vollständig bekannt wäre. Hierfür ist zum einen die Informationsmenge zu groß, als dass sie durch den Akteur handhabbar wäre, und zum anderen wäre der Ressourceneinsatz für die Informationsbeschaffung zu groß. Der Akteur reduziert hier die Informationen, indem er sich selbst auf die Kenntnis eines Teilausschnitts begrenzt (siehe Ausführungen zu Mob- Ψ , Kap. 20.) und damit das *synthetische* Problem, d.h. Finden einer Lösung unter Unkenntnis der Operatoren, auf ein *interpolatives* Problem, d.h. auf das Finden einer Lösung unter Kenntnis der Operatoren, begrenzt. Zum Zweiten ist auch bei Reduktion der Systemkenntnis die Anzahl der möglichen Lösungen, d.h. möglicher Abläufe, zu groß, als dass alle erstellt und verglichen werden könnten. Hier findet eine zweite Informationsreduktion statt, indem durch die Begrenzung auf lokale Entscheidungen, die auf die

Erreichung eines Teilziels fokussieren, das Konstruktionsproblem der Erstellung eines global optimalen Ablaufs auf ein Transformationproblem reduziert wird (vgl. auch Mob- Ψ , Kap. 20.).

19. Simulationskonzept und technisch-organisatorische Setzungen und Rahmenbedingungen

19.1. Das Gesamtsimulationskonzept ‚Städtische Mobilität‘ (ILUMASS)

Die Umsetzung des zuvor beschriebenen Systemverständnisses ‚städtischer Mobilität‘ in ein Computersimulationsmodell ist sehr umfangreich und fordert daher verschiedenste Fachkenntnisse und die Aufteilung auf mehrere Arbeitsgruppen. Daher erfolgte die Entwicklung eines solchen Modells im Rahmen des Projektverbundes ILUMASS (Integrated Land Use Modeling and Transportation System Simulation, Beckmann et al., 2007). Im Zuge eines im Folgenden beschriebenen Gesamtkonzeptes verteilte dieser Projektverbund die zu erledigenden Arbeiten auf mehrere unabhängige Programm-Module (siehe Abb. 31), die auf der sogenannten kurzfristigen Zeitskala von einer Woche das alltägliche Verkehrsgeschehen und auf der sogenannten mittelfristigen Zeitskala von einem Jahr die Entwicklung der Flächennutzung abbilden. Das Mob- Ψ -Modell fungiert dabei als eines der eingesetzten Verkehrsnachfragemodule, welche das Handeln und Entscheiden der privaten Akteure auf der kurzfristigen Zeitskala abbildet.

Das Ziel von ILUMASS ist die integrierte Modellierung und Simulation von Flächennutzung und Verkehrsgeschehen auf einer durchgehenden mikroskopischen Ebene: Auf der Ebene von in Haushalten organisierten Personen werden auf einer mittelfristigen Zeitskala (Monate, Jahre) Nutzungsentscheidungen hinsichtlich Funktionsstandorten und Verkehrsmitteln und -netzen getroffen; auf der Ebene von Personen wird auf der kurzfristigen Zeitskala (Tage, Woche) die Entstehung der alltäglichen Verkehrsnachfrage – resultierend aus Aktivitätsvorhaben, Funktionsstandorten und Nutzungsentscheidungen – simuliert. Die so erzeugte Verkehrsnachfrage wird in einer Verkehrsflusssimulation auf der Ebene von einzelnen Fahrzeugen realisiert.

Zu diesem Zweck werden die entsprechenden Module der beteiligten Projektpartner integriert:

Ein Simulationslauf beginnt mit dem Modul des Instituts für Raumplanung der Universität Dortmund (IDPUD), das zum einen eine synthetische Stadt erzeugt. Diese besteht aus zwei Arten von Infrastrukturen: den Verkehrsnetzen und in Rasterzellen von 100*100 Meter Größe verorteten Gelegenheiten. Hierbei handelt es sich in der Sprache des unterlegten Datenmodells (vgl. Abb. 32) um die Funktionsstandorte, an denen die Durchführung von Aktivitätstypen (verschiedene Arten von Arbeiten, Ausbildung, Einkäufe, Freizeit etc.) möglich

ist. Das IRPUD- Modul erzeugt zum anderen die synthetische Bevölkerung dieser synthetischen Stadt⁴³.

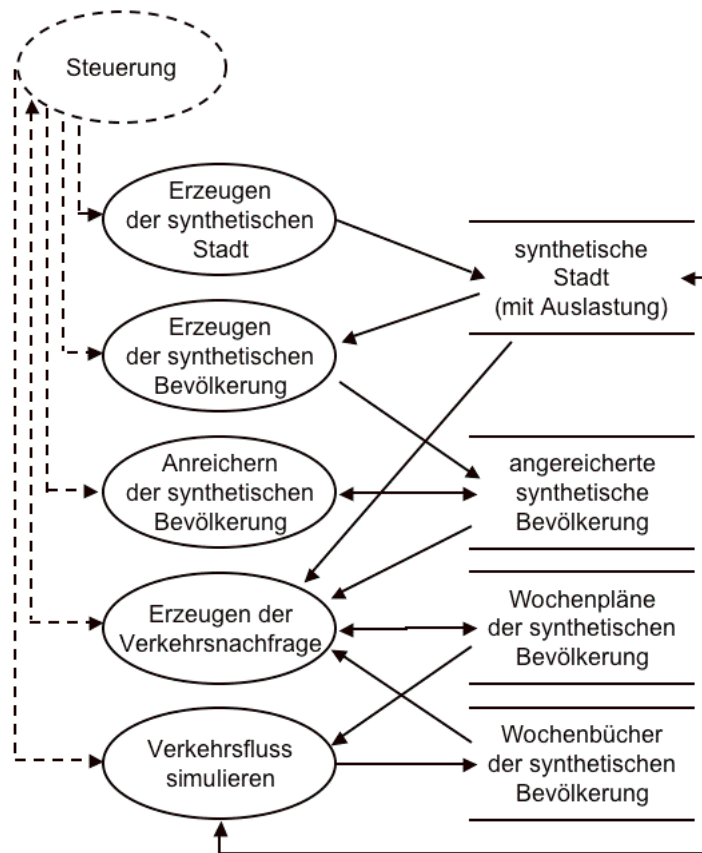


Abb. 31: Integration der Module des Gesamtprojekts
Quelle: eigene Darstellung

Die Bevölkerung wiederum besteht aus Haushalten und darin zusammenlebenden Personen. Die Haushalte sind ebenfalls in Rasterzellen verortet. Die Information über die synthetische Bevölkerung wird durch das Modul des Instituts für Stadtbauwesen der RWTH Aachen (ISB) ‚angereichert‘ mit verfügbaren Verkehrsmitteln, zu erfüllenden Aktivitätsvorhaben und bekannten Gelegenheiten (Funktionsstandorte), in welchen die Aktivitätstypen der zugewiesenen Aktivitätsvorhaben durchführbar sind. Die Aktivitätsvorhaben enthalten Informationen darüber, wie oft, wie lange, in welchen Zeiten, mit

⁴³Die Bezeichnung ‚synthetisch‘ im Sinne von künstlich rührt daher, dass die datenmäßige Basis dieses Prozesses nicht etwa eine Menge von Einzeldatensätzen ist, die eine Menge von realen Einzelpersonen beschreibt, sondern dass die datenmäßige Basis statistische Kennwerte einer realen Stadt und ihrer Bevölkerung sind, die durch entsprechende Verfahren aus einer als repräsentativ angesehenen Stichprobe gebildet wurden. Aus diesen statistischen Kennwerten wird nun mit entsprechenden Verfahren eine Menge von Einzeldatensätzen gebildet, die in ihren statistischen Kennwerten mit den in der Realität gewonnenen Werten übereinstimmen, die also – vereinfacht gesagt – den gleichen Durchschnitt aufweisen. D.h. diese virtuelle Bevölkerung entspricht in ihren statistischen Kennwerten jedoch nicht in der Ausprägung einzelner Personen empirisch erhobenen Daten.

welchen zeitlichen Abständen usw. ein bestimmter Aktivitätstyp ausgeübt werden soll. Sie drücken indirekt die Bedürfnisse der Personen aus: Zusammen mit den bekannten Gelegenheiten (Funktionsstandorten) modellieren sie aus Erfahrung entstandene Handlungsziele, d.h. die Person hat diese Handlungsziele, da sie ‚weiß‘, dass die Erreichung dieser Handlungsziele ihre Bedürfnisse erfüllt (nach z.B. Essen, Trinken und sozialen Kontakten). (Die psychologische Überprüfung, Beurteilung und Bestätigung der Interpretation von Aktivitätsvorhaben und zugeordneten Gelegenheiten als Handlungsziele wird im Kapitel Kap. 20. diskutiert.) Aus der räumlichen Verteilung der Gelegenheiten (Funktionsstandorte) entsteht die Verkehrsnachfrage, d.h. diese ist ein Produkt der Alltagsorganisation der Aktivitätsdurchführungen, welche die Bedürfnisse der Menschen erfüllen.

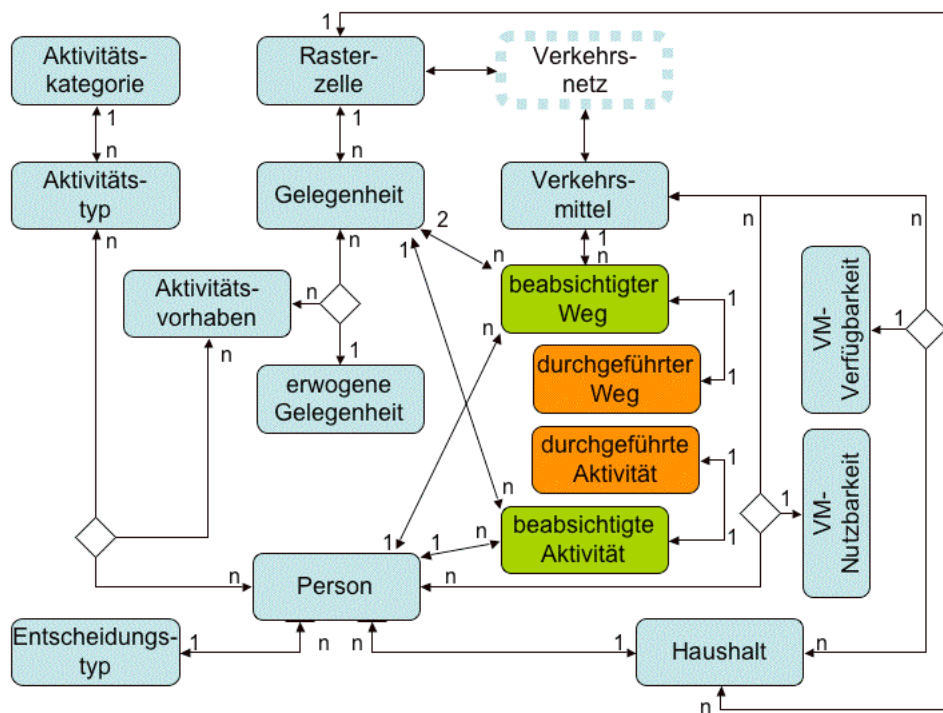


Abb. 32: Das Datenmodell

Quelle: eigene Darstellung

Das Datenmodell gibt einen Überblick über die Objektklassen und ihre Beziehungen: Ein Haushalt besteht aus mehreren Personen, während hingegen eine Person genau einem Haushalt zugeordnet ist. Jeder Person ist genau ein Entscheidungstyp zugeordnet, der ihre Gewichtung von mobilitätsrelevanten Entscheidungskriterien wie Geld und Zeit für Wege abbildet; demselben Entscheidungstyp können mehrere Personen zugeordnet sein. Eine Person muss und/oder möchte mehrere Aktivitäten (bspw. Schlafen, Essen, Arbeiten, Sport treiben etc.) durchführen; das Bestehen einer solchen Zielsetzung wird durch ein Aktivitätsvorhaben abgebildet, das diese Relation durch weitere Attribute wie bspw. gewünschte Dauer und/oder Häufigkeit der Aktivitätsdurchführung beschreibt; einer Person können für einen Aktivitätstyp mehrere Aktivitätsvorhaben zugeordnet sein, wenn es mehrere unterschiedliche Anforderungsmuster bezüglich der Durchführung und/oder der zugeordneten erwogenen Gelegenheiten (Erläuterung folgt) gibt. Die Zuordnung von Gelegenheiten (Funktionsstandorte, welche die Durchführung von Aktivitäten erlauben) zu einem Aktivitätsvorhaben bildet ab, welche Gelegenheiten für die Durchführung des Aktivitätsvorhabens in Erwägung

gezogen werden. Gelegenheiten und Haushalte sind in Rasterzellen verortet. Die Datenstruktur, durch die die Verkehrsnetze abgebildet werden, ist eine interne Angelegenheit der Verkehrsflusssimulation und ist für die anderen Module zunächst einmal eine Black Box; im Rahmen der Datenschnittstelle ist vereinbart, welche Verkehrsmittel es gibt (Zufußgehen, Fahrrad fahren, Auto fahren, ÖPNV nutzen, Taxi fahren), die sich auf den Verkehrsnetzen bewegen; auch die Verkehrsnetze sind in irgendeiner Form verortet, die kompatibel mit der Abbildung der räumlichen Verortung durch Rasterzellen ist. Den Haushalten sind Verkehrsmittel zugeordnet, über die der Haushalt verfügt (bspw. für jede Person das zu Fuß gehen, mehrere Fahrräder, ein Auto etc.); jeder Person sind nun wiederum Nutzungsfähigkeiten bezüglich der Verkehrsmittel zugeordnet, denn nicht jede Person kann bspw. Auto fahren (weil sie keinen Führerschein hat). Auf weitere beschreibende Attribute der jeweiligen Objekte wird an geeigneter Stelle in den folgenden Kapiteln, insbesondere im Rahmen Ausführungen zum Mob- Ψ -Modell (Kap. 20.) eingegangen. Instanzen der bislang beschriebenen (blau dargestellten) Datenobjekte bilden die Eingangsdaten für das Mob- Ψ -Modul. Es erzeugt die Wochenpläne, die aus beabsichtigten Aktivitätsdurchführungen und Wegen bestehen, d.h. jeweils mehrere sind genau einer Person zugeordnet; die (grün dargestellten) Wochenpläne bilden die Ausgangsdaten des Mob- Ψ -Modul. Ist bereits die Verkehrsflusssimulation gelaufen, gibt es für jede im vorangegangenen Relaxationsschritt geplante Aktivitätsdurchführung und für jeden im vorangegangenen Relaxationsschritt geplanten Weg eine durchgeführte Aktivitätsdurchführung bzw. einen durchgeführten Weg (beide orange dargestellt), von denen mehrere genau einer Person zugeordnet sind und die gemeinsam das Wochenbuch bilden; auch dies ist ein Eingangsdatum. Durch Vergleich von Wochenplan und Wochenbuch wird entschieden, ob der Plan für diesen Relaxationsschritt übernommen oder neu erstellt wird.

Sowohl das Mob- Ψ -Modul des Instituts für Theoretische Psychologie der Universität Bamberg (IfTP) als auch ein zweites ISB-Modul erzeugen aus der angereicherten synthetischen Bevölkerung die Verkehrsnachfrage in Form von sogenannten *Wochenplänen*; diese bestehen aus beabsichtigten Aktivitätsdurchführungen und resultierenden Wegen und werden spezifisch für jede Person der synthetischen Bevölkerung erstellt. Der Unterschied zwischen den Modulen von IfTP und ISB liegen in Anspruch und Erklärungsmächtigkeit: Das ISB-Modul arbeitet statistisch und deskriptiv und relativ schnell, während hingegen das IfTP-Modul kausal, erklärend und vergleichsweise langsam arbeitet, d.h. das ISB-Modul wird eher dem anwendungsorientierten Ziel gerecht, ein Untersuchungswerkzeug zu erstellen, das in einer sinnvollen Laufzeit Ergebnisse produziert, während hingegen das IfTP-Modul eher dem forschungsorientierten Ziel gerecht wird, mobilitätsrelevante Prozesse zu verstehen und zu erklären (Details siehe Kap. 20.7. und 21.).

Die von dem Mob- Ψ -Modul erstellten Wochenpläne werden von dem Modul des Zentrums für angewandte Informatik der Universität Köln (ZAIK) – einer Verkehrsflusssimulation – auf das Verkehrsnetz und die Gelegenheiten (Funktionsstandorte) der synthetischen Stadt umgelegt, sodass zum einen die Auslastung dieser Infrastrukturen entsteht und zum anderen sogenannte Wochenbücher erzeugt werden, die mit Bezug auf die Wochenpläne Informationen über deren Realisierbarkeit im Rahmen der Verkehrsflusssimulation enthalten. Hierbei werden von der Verkehrsflusssimulation neben dem durch das Mob- Ψ -Modul erzeugten Personenverkehr auch der

Wirtschaftsverkehr (Fahrten von Handwerkern, Lieferfahrten etc.) und der Pendler- und Durchgangsverkehr berücksichtigt⁴⁴.

Die beiden letzten Schritte (Verkehrsnachfrageerzeugung und Verkehrsflusssimulation) werden mehrfach in einer Relaxationsschleife wiederholt, die sicherstellt, dass alle Wochenpläne gleichzeitig konsistent durchgeführt werden. Diese Relaxation ist notwendig, da zum einen Reisezeiten – und damit die Dauer der Wege in den Wochenplänen – von der Auslastung der Verkehrsnetze abhängig sind und da zum anderen die Benutzbarkeit der Gelegenheiten (Funktionsstandorte) – in denen die Aktivitätsdurchführungen der Wochenpläne stattfinden – von der Auslastung der Gelegenheiten bestimmt wird; in beiden Fällen ist diese Auslastung jedoch erst dann bekannt, wenn die Wochenpläne aller Personen gleichzeitig durchgeführt werden.

Daher erstellt die Verkehrsnachfrageerzeugung zunächst auf Basis einer geschätzten Netzwerk- und Gelegenheitsauslastung Wochenpläne für alle Personen und veranlasst dann die Umlegung dieser Wochenpläne durch die Verkehrsflusssimulation. Aus der Verkehrsflusssimulation ergibt sich dann eine errechnete Netzwerk- und Gelegenheitsauslastung, auf Basis derer Wochenbücher für die Verkehrsnachfrageerzeugung erzeugt werden, die für jeden Wochenplaneintrag die Reisezeiten (für Wege) bzw. die Gelegenheitsauslastung (für Aktivitätsdurchführungen) enthalten. Durch Vergleich der Wochenpläne und der Wochenbücher für alle Personen durch die Verkehrsnachfrageerzeugung wird festgestellt, welche Pläne neu zu erstellen sind (weil sie nicht wie geplant durchführbar sind, da Reisezeiten zu lang oder Gelegenheiten zu voll sind) bzw. welche Pläne unverändert übernommen werden können (siehe Abb. 33).

Anschließend wird wiederum die Verkehrsflusssimulation gestartet, welche die Netzwerk- und Gelegenheitsauslastung aktualisiert, auf dieser Basis Wochenbücher erzeugt und an die Verkehrsnachfrageerzeugung weiterreicht. Diese prüft wiederum, ob Neuplanungen erforderlich sind, die einen erneuten Aufruf der Verkehrsflusssimulation erforderlich machen, die wiederum einen Aufruf der Verkehrsnachfrageerzeugung bedeuten usw. Diese beiden Schritte (Verkehrsnachfrageerzeugung und Verkehrsflusssimulation) werden solange wiederholt, bis die sich ergebenden Änderungen unterhalb einer festzulegenden Toleranzschwelle liegen.

Diese Relaxationsschleife erzeugt das Verkehrsgeschehen auf der sogenannten kurzfristigen Zeitskala. Das Ergebnis ist eine (teilweise) Erfüllung der Aktivitätsvorhaben der Bevölkerung, eine Auslastung der Infrastrukturen (Verkehrsnetz und Gelegenheiten) und eine Emissions- und Immissions-

⁴⁴Das Institut für Verkehrsforschung (IVF) des Deutschen Zentrums für Luft- u. Raumfahrt e.V. (DLR) stellt eine Güterverkehrssimulation, die den Wirtschaftsverkehr erzeugt. Das Zentrum für angewandte Informatik der Universität Köln (ZAIK) stellt Daten über Pendler- und Durchgangsverkehre.

situation (ermittelt durch das ZAIK und durch das Modul des Lehrgebiets Umweltverträgliche Infrastrukturplanung, Stadtbauwesen der Bergischen Universität – GH Wuppertal (LUIS)), die als repräsentativ angesehen wird.

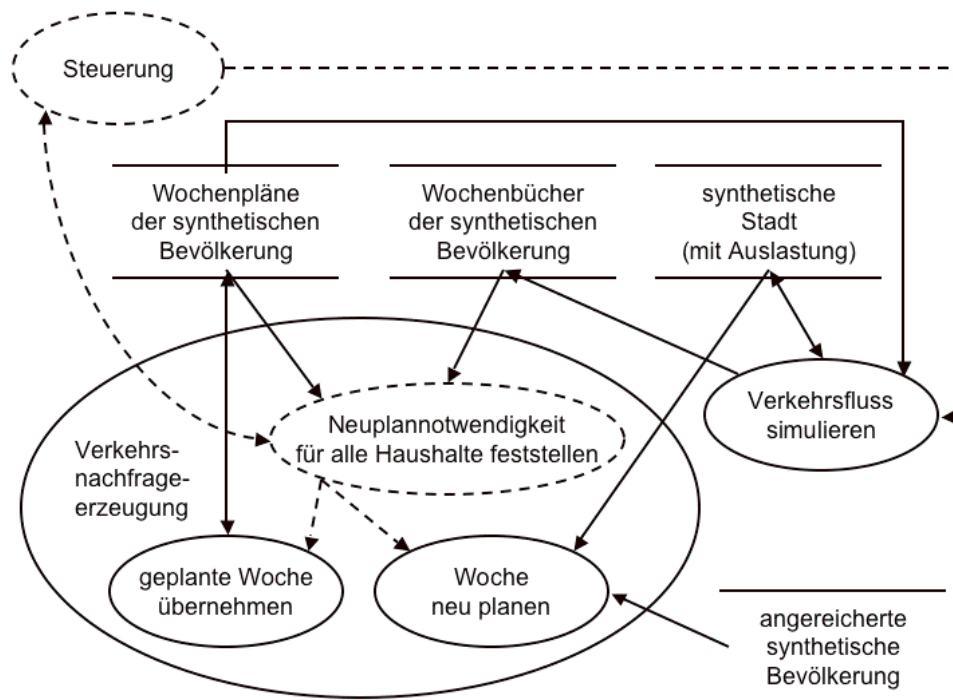


Abb. 33: Die Relaxationsschleife

Quelle: eigene Darstellung

Auf Basis dieser repräsentativen Woche erfolgt dann die Abbildung der Entwicklung auf der sogenannten mittelfristigen Zeitskala: Sowohl die angereicherte synthetische Bevölkerung als auch die Flächennutzung, d.h. die räumlich verortete Infrastruktur der Stadt, werden durch das Bevölkerungs-Modul des IRPUD und das Bevölkerungsanreicherungs-Modul des ISB fortentwickelt, d.h. Menschen werden geboren, eingeschult, heiraten, bekommen Kinder, lassen sich scheiden und sterben. Sie ziehen um, wechseln den Job, nutzen andere Gelegenheiten und Verkehrsmitteln usw. Zudem ändert sich die Flächennutzung, d.h. Gelegenheiten (zum Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Erholen etc.) und Verkehrsverbindungen (Buslinien, Straßen etc.) werden eröffnet oder geschlossen.

Anschließend erfolgt wiederum die Relaxationsschleife (bestehend aus Verkehrsnachfrageerzeugung und Verkehrsflusssimulation), welche die repräsentative Bedürfnisbefriedigung der Bevölkerung, die repräsentative Auslastung der Infrastrukturen und die repräsentative Emissions- und Immissionssituation für die veränderte Flächennutzung erzeugt, auf Basis derer wiederum die Flächennutzung angepasst wird usw.

Die Ablaufsteuerung erfolgt durch ein Modul des Instituts für Verkehrsforschung (IVF) des Deutschen Zentrums für Luft- u. Raumfahrt e.V. (DLR).

Die durch das Simulationskonzept vorgenommene zeitliche Trennung von ‚Planen‘ (durch die Verkehrsnachfrageerzeugung), ‚Durchführen‘ (durch die Verkehrsflusssimulation) und ‚Erfahren‘ (durch die Verkehrsnachfrageerzeugung) ist künstlich: Natürlich wird ein Mensch bereits im Rahmen der Durchführung von beabsichtigten Aktivitäten und Wegen Erfahrungen machen und ab sofort bei ‚Planungen‘ berücksichtigen und seine gemachten Erfahrungen nicht erst nach dem Verstreichen einer bestimmten Zeitdauer ‚auswerten‘. Auch muss nicht jede Erfahrung tatsächlich gemacht werden: Es reicht, in eine zugestaute Straße hineinzuschauen oder von dem Stau im Verkehrsfunk zu hören und sich die Fahrzeit vorzustellen, statt tatsächlich durch die zugestaute Straße hindurchzufahren, um eine andere Route zu ‚planen‘; es reicht, absehbar sehr lange nach einem kostenlosen Parkplatz suchen zu müssen, um auf die Suche nach einem bewirtschafteten Parkplatz umzuschwenken. Das Simulationskonzept ist eine technische Vereinfachung, die diese drei Schritte künstlich entzerrt und das Durchführen einer Handlungsoption nur durch buchstäbliche ‚Erfahrung‘ statt durch ‚Erdenken‘ zulässt. Dieser Kunstgriff ändert aber nichts an dem grundlegenden Verständnis des ineinander verschränkten Planens, Durchführens und Erfahrens. Es kommt lediglich zu einer künstlichen Verzögerung des Lernens, da der ‚Aha‘-Effekt erst zu einem bestimmten Zeitpunkt eintritt und der Akteur (unnötigerweise) alles ‚erfahren‘ muss. (Dieses Konzept wurde als Resultat einer psychologischen Überprüfung und Beurteilung beibehalten; Details siehe Kap. 20. Mob-Ψ.)

Als Zeitrahmen für die Verschränkung der Schritte ‚Fällen einer Entscheidung‘, ‚Durchführen einer Entscheidung‘ und ‚Erfahren einer Entscheidung‘ wurde die Woche gewählt, da die Systemanalyse im Forschungsverbund ‚Ökologisch verträgliche Mobilität in Stadtregionen‘ zeigte, dass der Zeithorizont eine Woche – sowohl hinsichtlich der Formulierung als auch der absehbaren Umsetzung von Aktivitätsvorhaben – sinnvoll ist. Dies wurde auch durch Überlegungen gestützt, die aus der Zielsetzung, den Menschen möglichst umfassend in seinen Handlungskompetenzen abzubilden, resultieren: Viele Aktivitäten der Menschen finden nicht täglich statt, sondern haben einen wöchentlichen (oder sogar noch längerfristigen) Bezugszeitrahmen. Handlungskompetenzen bei der Ausübung dieser Aktivitäten erfordern also, als ‚Planungshorizont‘ die Woche zu berücksichtigen.

19.2. Das Simulationskonzept des ‚privaten Akteurs‘

Das Mob-Ψ-Modul erzeugt die Wochenpläne aus den Eingangsdaten mittels eines Modells der Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung und unter Anwendung einer Kosten-Nutzen-Abwägung. Der dafür benutzte Wochenplanungsalgorithmus simuliert psychische Prozesse, indem er Handlungsoptionen erdenkt und probierhalber ‚ausübt‘, d.h. deren

Konsequenzen ermittelt, damit er schon vor der eigentlichen Handlung eine Vorstellung über deren vermutliche Auswirkungen bekommt.

Die Wochenplanung beruht auf dem Prinzip der Erweiterung. Ein Wochenplan wird nach der Initialisierung sukzessiv um weitere Aktivitätsdurchführungen und daraus resultierende Wege ergänzt. Für jede zu ergänzende Aktivitätsdurchführung mit den damit verbundenen Wegen erfolgt ein *Planungsschritt*, d.h. eine Menge von *Unterbringungsoptionen* (für die Aktivitätsdurchführung und die resultierenden Wege) wird ermittelt und bewertet. Anschließend wird eine Unterbringungsoption ausgewählt und in den Wochenplan eingetragen. (Das Konzept der sukzessiven Füllung wurde als Resultat einer psychologischen Überprüfung und Beurteilung beibehalten; Details siehe Kap. 20. Mob- Ψ .)

Konkret durchläuft der Wochenplanungsalgorithmus sechs Schritte, um eine Aktivität in den Wochenplan einzutragen (siehe Abb. 34):

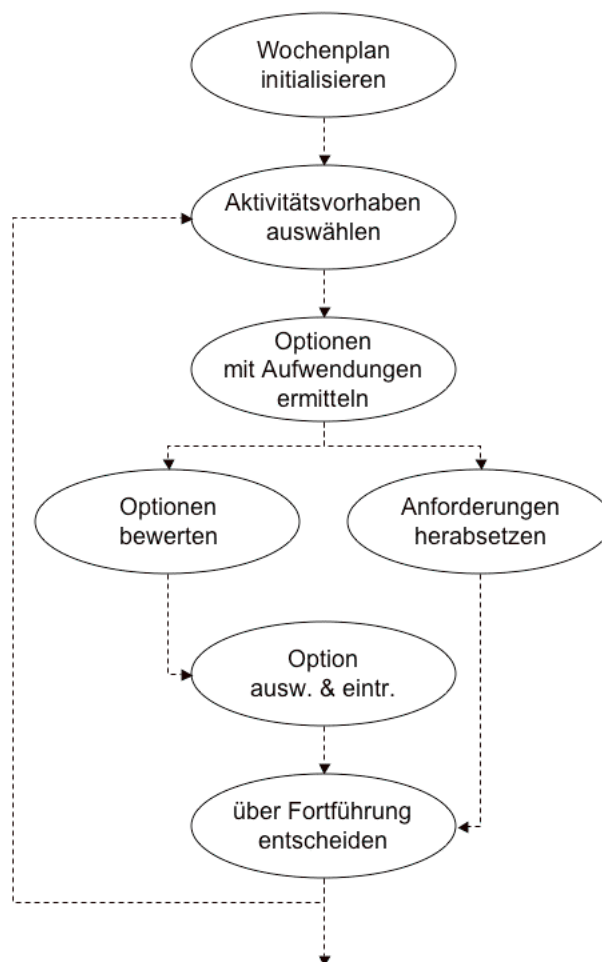


Abb. 34: Der Wochenplanalgorithmus im Überblick

Quelle: eigene Darstellung

1. *Aktivitätsvorhaben und Unterbringungstag auswählen*: Jeder Akteur hat ein Repertoire von Aktivitätsvorhaben, in dem alle Aktivitäten enthalten sind, die ausgeführt werden sollen. Aus diesem Repertoire wird diejenige Aktivität ausgewählt, für die als nächstes eine Durchführung in den Wochenplan

einzutragen ist. Welche Aktivität gewählt wird, bestimmt die *Planungspriorität*, in die die Planungspriorität des Aktivitätsvorhabens an sich und seine Erfülltheit (tatsächliche Durchführungen im Verhältnis zu den durch das Aktivitätsvorhaben geforderten Durchführungen) einfließen. Es wird versucht, die Aktivitätsdurchführung im Wochentag mit der niedrigsten Erfülltheit unterzubringen; gegebenenfalls (bei nicht Erfolg) wird dies nacheinander für die anderen Wochentage in der Reihenfolge ihrer Erfülltheit versucht.

2. *Für alle erwogenen Gelegenheiten mögliche Startzeitpunkte bilden:* Die Durchführung einer Aktivität ist dann möglich, wenn im Wochenplan Zeit (frei schiebbar) ist, wenn die erwogene Gelegenheit (Funktionsstandort) geöffnet ist und die Durchführung zu diesem Zeitpunkt (Eigenschaft des Aktivitätsvorhabens) üblich ist. Die diese Bedingungen erfüllenden Startzeitpunkte werden in eine Reihenfolge gebracht, und zwar nach möglichst geringen Verschiebungen im Wochenplan und einer möglichst optimalen Lage bezüglich der Durchführungsüblichkeit. (Diese Sortierung ist Resultat der psychologischen Überprüfung und Weiterentwicklung des Modells und wird als Gedächtnisstärke bzw. kognitiver Aufwand interpretiert; Details siehe Kap. 20. Mob- Ψ .)

3. *Unterbringungsoptionen mit Aufwendungen ermitteln:* Eine Unterbringungsoption besteht aus einem Zeitfenster, innerhalb dessen der Hin- und Rückweg zur Gelegenheit mit den verfügbaren Verkehrsmitteln und die Aktivität selbst mit einer bestimmten Dauer untergebracht werden kann. Bei Hin- und Rückweg werden An- und Abwege (zu Fuß zum Autoparkplatz oder zur Bushaltestelle) mit berücksichtigt.

Die Liste der möglichen Startzeitpunkte wird entsprechend der gebildeten Rangfolge so lange abgearbeitet, bis 7 Startzeitpunkte erfolgreich Optionen gebildet haben⁴⁵. Für einen Startzeitpunkt werden zunächst alle möglichen Verkehrsmittel für Hin- und Weiter- bzw. Rückweg ermittelt. Auch diese werden in eine Rangfolge gebracht, und zwar zunächst nach der Planungspriorität der Verkehrsmittel und innerhalb desselben Werts für Planungspriorität nach der Beliebtheit der Verkehrsmittel. Auch hier werden wieder die Optionen in der Reihenfolge dieser Rangfolge gebildet. Kann ein Startzeitpunkt auf der höchsten Verkehrsmittel-Prioritätsstufe Optionen bilden, werden für niedrigere Verkehrsmittel-Prioritätsstufen keine Optionen mehr gebildet. (Auch diese Sortierung ist Resultat der psychologischen Überprüfung und Weiterentwicklung des Modells und wird als Gedächtnisstärke bzw. als kognitiver Aufwand interpretiert; Details siehe Kap. 20. Mob- Ψ). Maximal werden 27 Optionen pro Startzeitpunkt gebildet⁴⁶.

⁴⁵Die Anzahl wird durch einen Parameter festgelegt; dieser ist momentan auf den Wert 7 gesetzt (Begründung siehe Kap. 20.),

⁴⁶Die Anzahl wird durch einen Parameter festgelegt; dieser Wert ist momentan so gesetzt, dass alle Möglichkeiten abgearbeitet werden.

Für jede gebildete Option werden zwei Arten von Aufwendungen ermittelt: der Reisezeitaufwand und der monetäre Wegeaufwand. Der voraussichtliche Reisezeitaufwand und die Wegelänge werden durch eine Schnittstelle ermittelt, die wahlweise mit einem Schätzverfahren und einer Software-Schnittstelle arbeiten kann, die auf einer Mikrosimulation des Verkehrsflusses basiert; diese Schnittstelle liefert die Wegezeit und die Wegelänge; aus Letzterer wird mithilfe eines personenspezifischen Kilometer-Preises der monetäre Wegeaufwand berechnet.

Hierbei werden noch lokale Schnittkriterien angewandt: Für die Wegelänge für Zuzußgehen und mit dem Fahrrad gibt es Entfernungsobergrenzen; für die Wegezeit und die Wededauer gibt es aktivitätsspezifische Obergrenzen. (Diese lokalen Schnittkriterien sind Resultat der psychologischen Überprüfung und Weiterentwicklung des Modells und werden zum einen als satisfying und zum anderen als Prinzip der lokalen Entscheidung interpretiert, d.h. es erfolgt keine globale Optimierung, sondern Menschen haben lokale Entscheidungsprinzipien gelernt; Details siehe Kap. 20. Mob.)

Können für ein Aktivitätsvorhaben keinerlei *Unterbringungsoptionen* ermittelt werden, wird das Anforderungsniveau des Aktivitätsvorhabens herabgesetzt und es wird mit Schritt 1 fortgefahren.

4. *Unterbringungsoptionen bewerten*: Die Handlungsoptionen werden entsprechend ihrer zeitlichen und monetären Aufwendungen und der Beliebtheit des Verkehrsmittels und der Gelegenheit durch eine aktorspezifische Gewichtungsfunktion bewertet, d.h. für jede Option ergibt sich eine Bewertungszahl. (Auch dies kann man als Prinzip der lokalen Entscheidung interpretieren; Details siehe Kap. 20. Mob- Ψ . Die Entscheidungskriterien Geld, Zeit und Beliebtheit wurden als Resultat einer psychologischen Überprüfung und Beurteilung beibehalten; Details siehe ebenfalls Kap. 20. Mob- Ψ .)

5. *Eine Unterbringungsoption stochastisch auswählen und in den Wochenplan eintragen*: Die Handlungsoptionen erhalten eine dem Quadrat ihrer Bewertungszahl entsprechende Auswahlwahrscheinlichkeit. Dann wird eine Option stochastisch ausgewählt. Die so gewählte Handlungsoption wird in den Wochenplan eingetragen. (Dieses Konzept wurde als Resultat einer psychologischen Überprüfung und Beurteilung beibehalten; Details siehe Kap. 20. Mob- Ψ .)

6. *Wochenplanung fortführen oder abbrechen*: Sollte der Wochenplan voll, das Mobilitätsgeld- oder -zeitbudget oder das Aktivitätszeitbudget erschöpft oder bereits alle Aktivitätsvorhaben erfüllt sein, so wird die Wochenplanung abgebrochen. Der Wochenplan ist dann fertig erstellt. Andernfalls wird erneut beim 1. Schritt begonnen.

20. Mob-Ψ

20.1. Motivationales System

20.1.1. Fragen und Probleme

Wie bereits angekündigt, erfolgen in diesem Kapitel 20.1. die psychologische Überprüfung, Beurteilung und Übernahmeentscheidung bezüglich der verwendeten motivationalen Konzepte; auf Basis dieser Diskussion werden dann die vorgenommenen psychologischen Weiterentwicklungen begründet und erläutert.

So ist aus psychologischer Perspektive

- auf die Interpretation von Aktivitätsvorhaben und zugeordneten Gelegenheiten als Handlungsziele,
- auf die Differenzierung von häufig- und dauercharakterisierten Aktivitätsvorhaben,
- auf die Differenzierung von Min-, Pref- und Max-Werten in den Aktivitätsvorhaben und
- auf die verwendeten Entscheidungskriterien einzugehen.

Außerdem wird die psychologische Lösung zweier Probleme vorgestellt, die sich im Rahmen des ‚vorpsychologischen‘ AVENA-Modells ergaben, nämlich

- das Problems des ‚Wollen vs. Können‘ und
- das Problems der Kompensierbarkeit.

Diese Probleme stellten sich wie folgt dar:

Der ursprüngliche Wochenplaner (AVENA-Modell) realisierte soweit wie möglich alle vorgegebenen Aktivitätsvorhaben, koste es an Geld und Zeit, was es wolle. Die einzige Begrenzung war, dass ein Tag nur 24 Stunden hat, d.h. jede Minute des Tages wurde genutzt, sofern es Aktivitätswünsche in Form von unerfüllten Aktivitätsvorhaben gab, und zwar egal, wie viel Wegegeld und -zeit die daraus resultierenden Wege beanspruchten. Es wurde nur insofern sparsam mit diesen Ressourcen umgegangen, als dass die Durchführungsoptionen hinsichtlich der Entscheidungskriterien Geld- und Zeitverbrauch bewertet und dementsprechend ausgewählt wurden. Erfahrungsbedingte Anforderungs- bzw. Toleranzniveaus (siehe Kap. 17.) führen zwar unter Umständen zu ‚sparsamerem‘ Verhalten, ändern aber prinzipiell nichts daran, dass so viel gemacht wird wie irgend möglich.

Aktivitätsvorhaben wurden also so interpretiert, als ob Menschen nur das tun wollen, was sie auch tun können, d.h. was aus Erfahrung mit ihren zeitlichen und finanziellen Ressourcen vereinbar ist. Es wurde aber bereits erläutert, dass es bei der Wochenplanung im Wesentlichen um die Verwirklichung instrumenteller Ziele geht (Kap. 16.) und dass im Gegensatz zu physiologischen

Bedürfnissen das kognitive System für instrumentelle Ziele definiert, was ‚genug‘ ist und welche Aufwendungen dafür akzeptabel sind (Kap. 17.). Insbesondere kann man eigentlich nie genug von derartigen Ressourcen haben (Kap 17.). Im Regelfall wollen Menschen also immer mehr, als sie können, und es findet ein permanenter Abgleich zwischen Wollen und Können statt, der durch das Agentenmodell abzubilden ist.

Hinzu kommt das Problem der Kompensierbarkeit: Es gibt unter Umständen mehrere Aktivitäten, die in ähnlicher Weise zugrunde liegende basale Bedürfnisse befriedigen. Dies gilt insbesondere im Bereich Freizeit, d.h. hier kommt es häufig nur darauf an, dass eine Freizeitaktivität gemacht wird, aber nicht welche: Man möchte zwar gerne zweimal in der Woche zum Schwimmen gehen und dreimal zum Joggen gehen und zweimal Fahrrad fahren und ... und ... (denn bei diesen ‚fakultativen‘ Aktivitäten kann man, wie bereits mehrfach geschrieben, eigentlich nicht genug bekommen). Aber eigentlich würden einem dreimal schwimmen oder joggen oder Fahrrad fahren ausreichen, um das zugrunde liegende Bedürfnis zu befriedigen, d.h. in gewisser Weise kompensieren sich diese Aktivitätsdurchführungen untereinander. Dies gilt für ‚obligate‘ Aktivitäten im Regelfall nicht, so kann man das Haarewaschen nicht durch Zähneputzen ersetzen, die Erwerbsarbeit nicht durch Einkaufen usw.

20.1.2. Theoriebasierte Interpretation und Weiterentwicklung

Im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) wurde bereits erläutert, wie instrumentelle Bedürfnisse nach dem Besitz bzw. der Verfügbarkeit von Werkzeugen und Ressourcen entstehen, d.h. es wurde eine theoretische Erklärung für die Entstehung eines Zielsystems gegeben. Wie sowohl die allgemein- als auch mobilitätspsychologischen Ausführungen zur Motivation (Kap. 9.5. und 14.1.) zeigen, wird die Annahme eines Zielsystems nicht bezweifelt, und sowohl die Motivationspsychologie im Allgemeinen als auch die Mobilitätspsychologie im Speziellen kommen durchaus zu Listen von Zielkategorien (= Motiven); gleichzeitig haben diese Ausführungen jedoch auch gezeigt, dass bezüglich der konkreten Hierarchisierung (und damit auch der Gewichtung der Motive) sowohl im Allgemeinen als auch im speziellen Fall Mobilität noch Forschungsbedarf besteht.

Da die Modellentwicklung im vorliegenden Fall anwendungsorientiert motiviert ist, wird eine differenzierte Modellierung der Entstehung und der Hierarchieebenen des Zielsystems nicht angestrebt. Stattdessen muss man sich, wie bereits im Rahmen der Ausführungen zur Modellierung (Kap. 3.3.) erläutert, für eine Aggregationsebene, konkret also für eine Hierarchieebene des vorgefundenen motivationalen Bedürfnis- und Zielsystems, entscheiden. Da es sich ob des Anwendungsbereichs Alltagsorganisation nicht um basale Lebensvollzüge, sondern um die menschliche Handlungsorganisation im Rahmen eines gesellschaftlich organisierten arbeitsteiligen Zusammenlebens handelt,

wird diese Aggregationsebene deutlich oberhalb der basalen existentiellen, sozialen und informationellen Bedürfnisse (vgl. Kap. 15.1.9.) liegen. Hier bietet sich die Ebene der *Aktivitäten* an, die a) wegen der zugrundeliegenden gesellschaftlichen Arbeitsteilung (die den Verkehr auslöst) sachlogisch nahe liegt, die b) dementsprechend auch von der Verkehrsmodellierung aufgegriffen wurde (vgl. Kap. 5.7.) und für die c) eine relativ gute empirische Datenbasis hinsichtlich der Art und des durchgeführten Umfangs von Aktivitäten vorliegt (bspw. Merz & Ehling, 2001; Axhausen et al., 2002).

Erwünschte Aktivitätsdurchführungen, sogenannte *Aktivitätsvorhaben*, stellen also Ziele dar, wobei bereits im Zuge der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) drei Komponenten von Zielen eingeführt wurden, nämlich die situative Komponente, die Handlungskomponente und die Zeit-Komponente: Ziele sind nicht nur durch die zu erreichende oder herzustellende Situation und die darin durchzuführende konsummatorische oder instrumentelle Handlung charakterisiert, sondern auch durch die Zeitdauer dieser Handlung; denn Menschen lernen nicht nur, welche Zielsituationen anstrebenswert und somit zu erreichen bzw. herzustellen sind, sondern auch, wann, wie häufig und wie lange sie sich in diesen Situationen aufhalten und eine bestimmte Handlung ausführen müssen, um bestimmte Bedürfnisse zu befriedigen (vgl. Abb. 36). Insbesondere wird davon ausgegangen, dass ein Repertoire (vgl. Abb. 35) von solchen zeitlich differenzierten und aufeinander abgestimmten Zielen entsteht, die gemeinsam alle Bedürfnisse in akzeptabler Art und Weise befriedigen und somit insgesamt zu einer akzeptablen Lustbilanz führen.

Wie bereits angesprochen (Kap. 16.), wird das Zielsystem, im vorliegenden Fall das Repertoire von Aktivitätsvorhaben, nicht nur durch eigene Erfahrung und Besinnungsprozesse aufgebaut, sondern wird insbesondere auch durch sozio-kulturelle Interaktion, also durch Erziehung und sonstige soziale Interaktion, weitergegeben und geformt und ist durch die gesellschaftliche Organisation bedingt und auf diese abgestimmt. So geht die Handlungstheorie davon aus (detailliert siehe Kap. 10.1.2.), dass für die meisten alltäglichen Situationen fertige Intentionen (Aktivitätsvorhaben) vorliegen, die bei passender Gelegenheit nur noch abgerufen werden müssen.

Aus dieser psychologischen Perspektive können also die Modellierung des motivationalen Systems auf der Ebene von Aktivitäten und die Formulierung der Handlungsziele in Form von Aktivitätsvorhaben voll bestätigt werden:

- Die Aktivitätsdurchführung ist das instrumentelle Bedürfnis,
- die Aktivität an sich ist die Handlungs-Komponente,
- die Zeit-Komponente wird durch Attribute des Aktivitätsvorhabens abgebildet, welche die anzustrebende Anzahl und/oder Dauer der durchzuführenden Aktivitätsdurchführungen spezifizieren, und
- die situative Komponente wird durch die Zuordnung von potentiellen Durchführungsstandorten, sogenannten erwogenen Gelegenheiten, abgebildet.

Teil IV: Anwendungsorientierte Ergebnisse

Aktivitätszeitbudget (Summe max. Zeiten pro Oberkategorie): 10080 = 07:00:00 (3000 / 0 / 1080 / 4440 / 1560 / 0)
 Summe der Mindesttagesdurchf.dauer aller zugew. Vorh. (nach Oberkategorie): 5893 = 04:02:13 (2100 / 0 / 57 / 3583 / 153 / 0)
 Summe der geforderten Tagesdurchf.dauer aller zugew. Vorh. (nach Oberkategorie): 7724 = 05:08:44 (2400 / 0 / 153 / 4631 / 540 / 0)
 gesch. notw. Zeit um Minima / Pref.-Werte zu erfüllen: 64632 = 44:21:12 / 3569 = 02:11:29

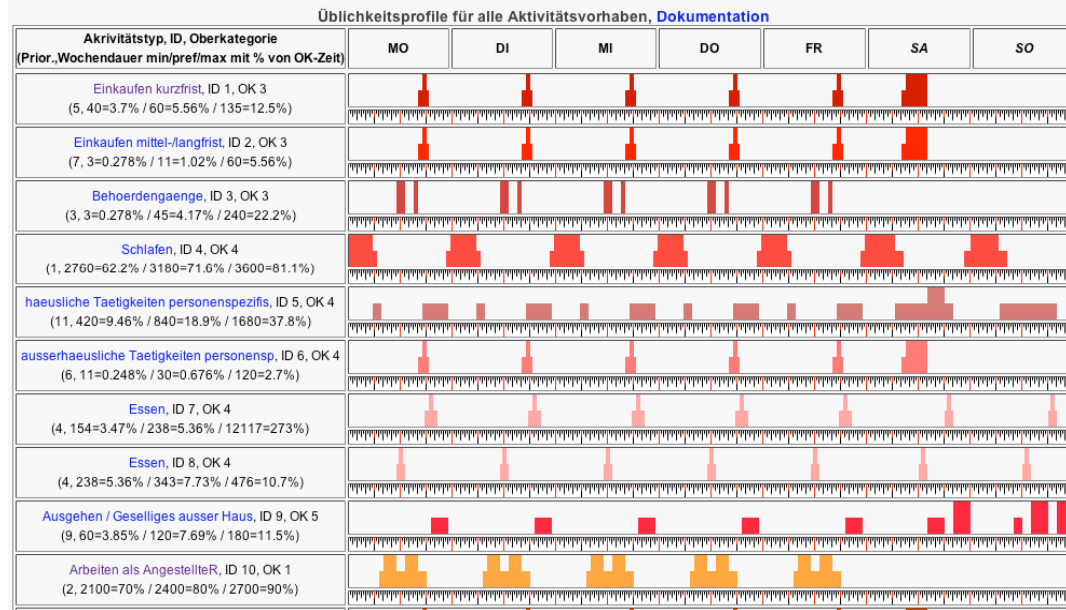


Abb. 35: Teil eines Aktivitätsvorhabenrepertoires

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus⁴⁷

Die Abbildung zeigt den Anfang einer Tabelle, die einen Überblick über alle Aktivitätsvorhaben gibt, die einer zu simulierenden, synthetischen Person (=Agent) zugewiesen sind: Oberhalb der Tabelle werden die einer Person zugestandenen Aktivitätszeitenbudgets pro Oberkategorie (Erläuterung im Laufe dieses Kapitels) und die über alle Aktivitätsvorhaben hinweg aufsummierten minimalen und präferierten Tagesdurchführungsdauern pro Oberkategorie (Erläuterung im Laufe dieses Kapitels) aufgeführt; daraus resultierend die insgesamt notwendige Zeit, die zur Erfüllung der minimalen und präferierten Durchführungsdauern benötigt wird (Erläuterung der Verwendung im Laufe dieses Kapitels). Die Tabelle selbst zeigt in der linken Spalte den ID des Aktivitätsvorhabens, den ID der Oberkategorie des entsprechenden Aktivitätstyps (Erläuterung im Laufe dieses Kapitels), die Planungspriorität (Erläuterung im Laufe des folgenden Kapitels zur Handlungsregulation) und den Prozentsatz, den die minimalen und präferierten Durchführungsdauern vom zugestandenen Aktivitätszeitenbudget pro Oberkategorie darstellen. Die rechte Spalte der Tabelle zeigt das sogenannte Üblichkeitsprofil der Durchführung (Erläuterung im Laufe des folgenden Kap. 20.2. zur Handlungsregulation).

⁴⁷Diese und alle folgenden Darstellungen aus der html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus stammen aus Testdatensätzen für zwei unterschiedliche Städte, für die unterschiedliche Aktivitätstypen und Parknotwendigkeiten definiert wurden.

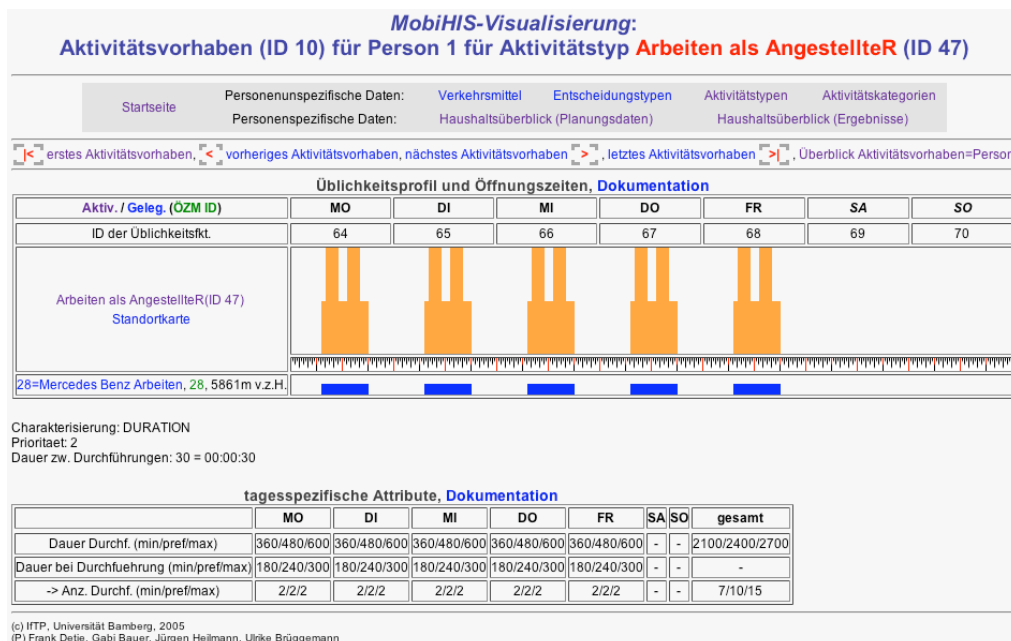
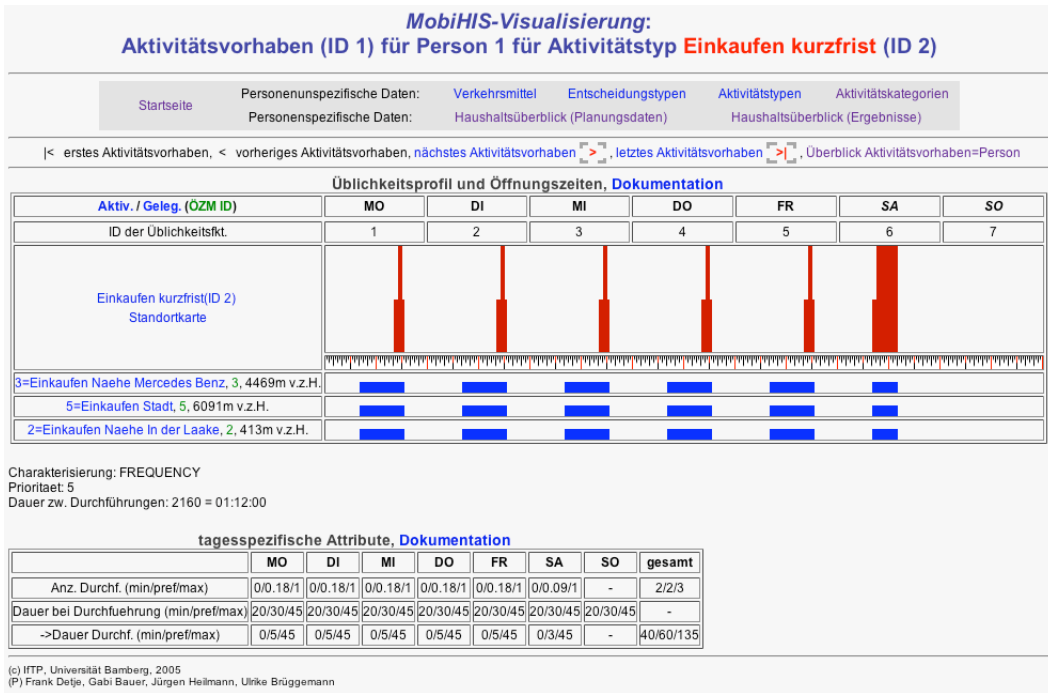


Abb. 36: Beispiel für ein häufigkeits- und ein dauercharakterisiertes Aktivitätsvorhaben

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Im oberen Teil des Fensters sieht man das sogenannte Üblichkeitsprofil des Aktivitätsvorhabens (dunkelrot, Erläuterung im Verlaufe des folgenden Kap. 20.2. zur Handlungsregulation) und darunter die Öffnungszeiten (blau) der erwogenen Gelegenheiten. (Weitere Informationen über die erwogene Gelegenheit, wie bspw. die subjektive Beliebtheit, bekommt man durch Klicken auf den Namen der Gelegenheit.) Die Planungspriorität (aufgeführt im Text zwischen den beiden Tabellen; Erläuterung im Verlaufe des folgenden Kap. 20.2. zur Handlungsregulation) ist 6; zudem wird ein Mindestabstand zwischen zwei Aktivitätsdurchführungen von einem Tag und 12 Stunden (=2160 Minuten) bzw. von 30 Minuten gefordert, der sich auf alle anderen Aktivitätsvorhaben mit Aktivitätstypen gleicher Abstandskategorie bezieht (vgl. Abb. 37).

Die untere Tabelle zeigt für ein häufigkeitscharakterisiertes Aktivitätsvorhaben die geforderten Häufigkeiten für jeden Wochentag und die ganze Woche, die Dauer der eigentlichen Durchführungen und daraus resultierend die Zeitdauer, die mit dieser Aktivität verbracht werden sollte, und zwar jeweils den minimalen absolut notwendigen Wert (min), den gewünschten Wert (pref) und den maximal sinnvollen und/oder möglichen Wert (max). Die untere Tabelle zeigt für ein dauercharakterisiertes Aktivitätsvorhaben die geforderten Dauer für jeden Wochentag und die ganze Woche, die Dauer der eigentlichen Durchführungen und daraus resultierend die Häufigkeit, mit der diese Aktivität durchgeführt werden sollte, und zwar jeweils den minimalen absolut notwendigen Wert (min), den gewünschten Wert (pref) und den maximal sinnvollen und/oder möglichen Wert (max).

MobiHIS-Visualisierung: Aktivitätstypen

[Startseite](#)
 [Personenunspezifische Daten: Verkehrsmittel](#)
 [Entscheidungstypen](#)
 [Aktivitätstypen](#)
 [Aktivitätskategorien](#)
[Personenspezifische Daten: Haushaltsüberblick \(Planungsdaten\)](#)
 [Haushaltsüberblick \(Ergebnisse\)](#)

Aktivitätstypen, Dokumentation

ID	Name	Öffnungszeiten	Farbe	Charakter	Oberkategorie	max trip/stay time ratio	max trip money (Cent)	Übertragbarkeit	Abstandskategorie	Gel. Wählbar.
1	haeusliche Taetigkeiten haushaltsspezif	=> LINK		DURATION	3	-	-	true	0	false
2	Einkaufen kurzfrist	=> LINK		FREQUENCY	3	1	500	true	0	true
3	Einkaufen mittel-/langfrist	=> LINK		FREQUENCY	3	2	-	false	0	true
4	Behoerdengaenge	=> LINK		FREQUENCY	3	-	-	true	0	false
5	Schlafen	=> LINK		DURATION	4	-	-	false	0	false
6	haeusliche Taetigkeiten personenspezif	=> LINK		DURATION	4	-	-	false	0	false
7	ausserhaeusliche Taetigkeiten personensp	=> LINK		FREQUENCY	4	2	500	false	0	false
8	Essen	=> LINK		FREQUENCY	4	1	100	false	0	true
9	Kontakte/Gespraech/Besuche	=> LINK		DURATION	5	-	-	false	0	false
10	Ausgehen / Geselliges ausser Haus	=> LINK		FREQUENCY	5	-	-	false	0	false
11	Pflege/Betreuung 0-1a	=> LINK		FREQUENCY	3	-	-	true	0	false
12	Pflege/Betreuung 2-3a	=> LINK		FREQUENCY	3	1	-	true	0	false
13	Pflege/Betreuung 4-5a	=> LINK		FREQUENCY	3	-	-	true	0	false

Abb. 37: Ausschnitt aus der Liste der festgelegten Aktivitätstypen

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die Tabelle zeigt den Anfang der Liste der festgelegten Aktivitätstypen: Die erste Spalte zeigt den ID des Aktivitätstyps; die zweite Spalte zeigt den deskriptiven Namen des Aktivitätstyps; die dritte Spalte enthält einen Link auf eine aggregierte Darstellung der Öffnungszeiten aller Gelegenheiten, in denen dieser Aktivitätstyp ausgeführt werden kann (benötigt für Konsistenzchecks); die vierte Spalte stellt den Rotton dar, mit dem dieser Aktivitätstyp in der Visualisierung dargestellt wird; die fünfte Spalte bestimmt, ob Aktivitätsvorhaben, die sich auf diesen Aktivitätstyp beziehen, dauer- oder häufigkeitscharakterisiert werden; die sechste Spalte zeigt die Oberkategorie, der dieser Aktivitätstyp zugeordnet wird; die siebte und achte Spalte zeigen die lokalen Toleranzgrenzen für Wegezeit bzw. -geld (Erläuterung siehe Text); die neunte Spalte bestimmt, ob eine Durchführung dieser Aktivität an ein anderes Haushaltsmitglied delegiert werden kann (Erläuterung siehe Kap. 20.4.1.); die zehnte Spalte bestimmt die Abstandskategorie, der dieser Aktivitätstyp zugeordnet wird (die (minimale) Dauer zwischen Durchführungen, die im Rahmen eines Aktivitätsvorhabens festgelegt wird, bezieht sich auf alle anderen Aktivitätsvorhabens mit Aktivitätstypen gleicher Abstandskategorie, vgl. Abb. 36); die elfte und letzte Spalte legt fest, ob für ein Aktivitätsvorhaben dieses Aktivitätstyps eine Gelegenheits- oder Suchraumwahl erfolgen darf (Erläuterung im folgenden Kap. 20.2. zur Handlungsregulation).

Hinsichtlich der Zeit-Komponente ist zu ergänzen, dass im Rahmen der Motivationspsychologie (Kap. 9.4.) die Unterscheidung in zweck- und tätigkeitsorientierte Handlungen eingeführt und erläutert wurde; dies wurde im Rahmen der Analyse der Anforderungen an die Handlungsregulation aufgegriffen (Kap. 18.3.2.4.) und die Unterscheidungsnotwendigkeit von ‚analogen‘ und ‚diskreten‘ Konsequenzen von Handlungen durch praktische Beispiele untermauert. Dabei wurde herausgearbeitet, dass einerseits im Regelfall jegliche Handlung sowohl ‚analoge‘ als auch ‚diskrete‘ Konsequenzen hat, dass aber andererseits im Regelfall eine Wirkform dominieren wird. Aus dieser psychologischen und pragmatischen Perspektive kann also die Unterteilung der Aktivitätsvorhaben in sogenannte dauercharakterisierte und häufigkeitscharakterisierte Vorhaben voll bestätigt werden (vgl. Abb. 36). Dabei rührt die Bezeichnung daher, dass dauercharakterisierte Aktivitätsvorhaben im Rahmen der Handlungsplanung so interpretiert werden, dass sie Aktivitätsdurchführungen einer gewissen *Dauer* zu verwirklichen suchen, während hingegen häufigkeitscharakterisierte Aktivitätsvorhaben so interpretiert werden, dass sie eine gewisse *Anzahl* von Aktivitätsdurchführungen zu erreichen suchen.

Um eine Differenzierung von Müssen und Sollen zu erlauben, d.h. um zu unterscheiden, ob Aktivitäten als physiologisch absolut notwendig oder als gesellschaftlich erwartet erachtet werden (obligate Aktivitäten) oder aber ob sie aufgrund eigener Bedürfnisse gewünscht werden (fakultative Aktivitäten), werden in den Aktivitätsvorhaben minimale (obligate) und präferierte Anforderungen (fakultativ) spezifiziert. Zudem werden Max-Werte angegeben, die als Grenzen interpretiert werden, jenseits derer eine weitere Aktivitätsdurchführung keinen zusätzlichen Nutzen oder Lustgewinn schafft (fakultative), als unzumutbar abgelehnt wird (obligate) bzw. aufgrund sonstiger Restriktionen unmöglich ist (vgl. Abb. 36).

Zusammenfassend kann man also sagen, dass sich die durch die PSI-Theorie postulierten basalen Bedürfnisse in der Zusammensetzung des Repertoires an Aktivitätsvorhaben und in der spezifischen Ausprägung der Aktivitätsvorhaben widerspiegeln. Konkret werden Aktivitätsvorhaben als Absichten interpretiert, die um die Handlungsleitung ringen (ausführlicher im anschließenden Kapitel Kap. 20.2. zur Handlungsregulation).

Desweiteren geht die PSI-Theorie davon aus, dass instrumentelle Bedürfnisse Nebenziele aktivieren, die im Rahmen der Confirmation-Prozedur wirksam werden und somit einen modulierenden Einfluss auf die Handlungsauswahl und -ausführung haben: Sie sprechen für oder gegen eine bestimmte Art und Weise der Zielerreichung, je nachdem inwieweit durch den ausgewählten bzw. erstellten Handlungsplan Nebenziele erfüllt werden. Daher können instrumentelle Bedürfnisse teilweise auch als Entscheidungskriterien interpretiert werden, die im Rahmen der Handlungsauswahl zum Tragen kommen (vgl. Kap. 17.).

Zudem ist aus motivationspsychologischer Sicht daran zu erinnern (vgl. Kap. 17.), dass instrumentelle, auf Ressourcenbeschaffung gerichtete Bedürfnisse eben nicht nur appetitiv, sondern immer auch aversiv wirksam werden: Es wird nicht nur angestrebt, diese Ressourcen zu erwerben, sondern es wird auch angestrebt, möglichst wenig dieser Ressourcen für die Befriedigung anderer Bedürfnisse aufzuwenden. Derartige aversive Vermeidungsziele können Nebenziele darstellen, die bspw. in Form von Bewertungskriterien im Rahmen der Confirmation-Prozesses zum Tragen kommen: Sie befördern die Wahl ressourcenschonender Handlungsoptionen und unterbinden gegebenenfalls als zu aufwendig empfundene Handlungen gänzlich. (So lecker das Eis auch wäre: 10 € sind einfach zu teuer.)

Weiterhin ist daran zu erinnern, dass davon ausgegangen wird (Kap. 17.), dass es erfahrungsbedingte Anforderungs- bzw. Toleranzniveaus gibt, d.h. man weiß aus Erfahrung, welches Ausmaß an Bedürfnisbefriedigung bzw. -erweckung man bei der Erfüllung eines Bedürfnisses hinsichtlich aller Bedürfnisse erwarten darf. (D.h. man weiß bspw., dass ein Eisbecher üblicherweise um die 8 € kostet.)

Einerseits führten diese theoretischen Überlegungen zu zwei Änderungen des Entscheidungsmodells: So wurden Richtwerte für Wegegeld und -zeit eingeführt, die im Rahmen des Entscheidungsmodells als übliche Aufwendungen interpretiert werden, an denen sich die Bewertung orientiert (s.u.; vgl. Abb. 39). Zudem wurden aktivitätsspezifische Wegegeld- und Wegezeitgrenzen eingeführt (vgl. Spalte max trip/stay time ratio und max trip money (Cent) in Abb. 37.), die bei der Erstellung von Handlungsoptionen (siehe auch Kap. 20.2.) dazu führen, dass Handlungsoptionen, deren Wegegeld und/oder Wegezeit höher als diese Toleranzgrenzen liegen, verworfen werden: Hier ist der Nutzen die Kosten nicht wert.

Andererseits bestätigen diese Überlegungen konkret die Verwendung der Entscheidungskriterien Wegegeld und -zeit (Ressourcen); außerdem spricht nichts gegen die Amalgamisierung weiterer Bedürfnisse zu den Entscheidungskriterien Verkehrsmittel- und Gelegenheitsbeliebtheit (vgl. Parameter ‚ass‘ in der Abb. 43 und Parameter ‚B VM‘ in der Abb. 38 bzw. subjektive Beliebtheit in der Erläuterung zu Abb. 36 und Parameter ‚B VM‘ in der Abb. 38).

Diese Entscheidungskriterien werden nun wie folgt verwendet:

- Es wird in einer bestimmten Reihenfolge (Reihenfolge der Zeilen in Abb. 38), die als Erinnerungsstärke interpretiert wird, eine Menge von Handlungsoptionen gebildet, denen eine ähnliche Erinnerungsstärke zugeschrieben wird; daher wird davon ausgegangen, dass sie gemeinsam verarbeitet werden (Details siehe Kap. 20.2.).

- Diese Handlungsoptionen sind durch das Wegegeld (in Cent), die Wegezeit (in Minuten) und die Beliebtheit von Verkehrsmittel und Gelegenheit (jeweils einheitslose Bewertungszahl) gekennzeichnet (rot dargestellte Rohwerte in Abb. 38). Handlungsoptionen, deren Wegegeld oder -zeit jenseits der jeweiligen Toleranzgrenze liegen, werden verworfen.
- Um Minuten mit Cent und den Bewertungszahlen für die Beliebtheit vergleichen zu können, werden all diese Größen über die Menge der Handlungsoptionen normiert (grün dargestellte Normierung in Abb. 38):
 - Für Wegegeld und -zeit wird jeweils der größten Aufwendung unter allen Optionen die normierte Größe 1 zugeordnet, dem Richtwert wird die normierte Größe 5,5 und der kleinsten Aufwendung unter allen Optionen wird die normierte Größe 10 zugeordnet. Dadurch werden für die Wegegeld- und -zeitaufwendungen aller Optionen zwei lineare Funktion definiert (für Optionen mit Aufwendungen \leq Richtwert und für Optionen mit Aufwendungen \geq Richtwert), die jeglichem Wegegeld- und -zeitaufwand eine normierte Größe zwischen 1 und 10 zuordnen.
 - Für die Beliebtheit von Verkehrsmitteln und Gelegenheiten wird jeweils der kleinsten Bewertungszahl unter allen Optionen die normierte Größe 1 zugeordnet, und der größten Bewertungszahl unter allen Optionen wird die normierte Größe 10 zugeordnet. Dadurch wird für die Bewertungszahlen aller Optionen eine lineare Funktion definiert, die ihnen eine entsprechende normierte Größe zwischen 1 und 10 zuordnet.
- Anschließend wird den normierten Größen durch eine sogenannte Entscheidungsfunktion eine psychische Bewertung zugeordnet (schwarz dargestellte Gewichtung in Abb. 38), die als durch die Handlungsoption ausgelöste Lust (psychische Bewertung $> 5,5$) bzw. Unlust (psychische Bewertung $< 5,5$) bezüglich der einzelnen Entscheidungskriterien interpretiert wird; diese Einzelbewertungen werden zu einer Gesamtbewertung (grau dargestellte Zusammenfassung = Zsfg. in Abb. 38) der Handlungsoption zusammengezogen:
 - Jeder Person ist für jedes Entscheidungskriterium (Wegegeld, Wegezeit, Beliebtheit des Verkehrsmittels, Beliebtheit der Gelegenheit) eine Entscheidungsfunktion zugeordnet, welche den Definitionsbereich 1 ... 10 (normierte Größen) auf den Wertebereich 0 ... 10 abbildet. Dadurch erhält jede normierte Größe eine psychische Bewertung, in der bereits die unterschiedliche Wichtigkeit der Entscheidungskriterien durch unterschiedliche Maxima der Entscheidungsfunktionen berücksichtigt ist.
 - Die psychische Bewertung der einzelnen Entscheidungskriterien wird zur Gesamtbewertung der Handlungsoption aufsummiert.

Aktivität, die erwogen wird: **Hauptwerbstätigkeit** - Dauer dieser Aktivität: **252** Anzahl der Alternativen: **7** - Gewählte Alternative: **5**

Richtwert Reisezeit: 11
Richtwert Reisegeld: 52.9815

ID		Freiraum	E-Opt.	Indizes				E-Zeit	G-ID	S-Zeit	mch	mcw	Rohwerte			Normierung				Gewichtung (Dec.-Type)			Zsfg.	Potenz.	Gesamtergebnis		Rang			
				ei	io	fs	co						fe	st	W-Geld	W-Zeit	B VM opp	B	W-Geld	W-Zeit	B VM opp	B			W-Geld	W-Zeit		B VM opp	Erg.1	Erg.2
0	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	1	0	09:03 Fr 15:14	293327(no name)	Fr 10:03 Fr 14:14	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	6
1	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	1	09:18 Fr 15:29	293327(no name)	Fr 10:18 Fr 14:29	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	5	
2	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	2	09:33 Fr 15:44	293327(no name)	Fr 10:33 Fr 14:44	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	4	
3	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	3	09:48 Fr 15:59	293327(no name)	Fr 10:48 Fr 14:59	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	3	
4	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	4	10:03 Fr 16:14	293327(no name)	Fr 11:03 Fr 15:14	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	2	
5	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	5	10:18 Fr 16:29	293327(no name)	Fr 11:18 Fr 15:29	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	1	
6	Fr 06:46 Fr 23:30	PASS	1	1	0	6	10:33 Fr 16:44	293327(no name)	Fr 11:33 Fr 15:44	3(miv) 6	3(miv) 6	159=0+159+0 /159=0+159+0 /0/0	120min (7200s) 280+3195+100 /280+3195+100 /0	40	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.705	1.705	8.1855	8.1855	19.781	391.29	0.14286	55.898	7	

Abb. 38: Demonstration der Entscheidungsfindung
Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

- Nun wird eine Handlungsoption auf Basis dieser Bewertungen ausgewählt: Dafür wird jeweils die Bewertung der Handlungsoption quadriert (oliv dargestellte Potenz in Abb. 38) und es erfolgt noch eine stochastisch notwendige Korrektur, deren Erläuterung hier zu weit führt (pink dargestellt in Abb. 38). Anschließend erfolgt eine stochastische Auswahl einer Handlungsoption; bei dieser Auswahl wird jeweils die (stochastisch korrigierte) quadrierte Bewertung einer Handlungsoption im Verhältnis zur Summe der (stochastisch korrigierten) quadrierten Bewertung aller Handlungsoptionen als Auswahlwahrscheinlichkeit dieser Handlungsoption operationalisiert.
(Auf diese stochastische Komponente wird noch einmal im Zusammenhang mit der Handlungsregulation im folgenden Kapitel Kap. 20.2. eingegangen; an dieser Stelle wird auch auf die Erfolgserwartung einer Handlungsoption eingegangen, die aus dem Handlungswissen einer Absicht resultiert und die nach dem auch von der PSI-Theorie vertretenen Erwartungs*Wert-Prinzip ebenfalls in die Auswahlentscheidung mit einfließen sollte.)

Dieses stochastische Auswahlverfahren wird u.a. dadurch gerechtfertigt, dass Menschen eine begrenzte Verarbeitungskapazität haben und daher Entscheidungen *lokal* treffen, d.h. eine begrenzte Menge von Handlungsoptionen relativ zueinander bewerten (Normierung; vgl. auch Kap. 17.). Gleichzeitig verfügen sie aber auch über erfahrungs- und besinnungsbedingte Toleranzniveaus, durch die in diese lokale Entscheidung Grenz- und Richtwerte (s.o.; vgl. Abb. 41.) einfließen (persönliche Präferenzen), durch die eine Orientierung an globalen Zielen erfolgen kann.

Letzteres ist in Zusammenhang mit einer weiteren Änderung des Entscheidungsmodells zwecks Lösung zweier Probleme zu sehen, welche sich im Rahmen der ‚vorpsychologischen‘ Wochenplanung ergaben und welche erst durch psychologische Überlegungen zufriedenstellend gelöst werden konnten. Dies sind die beiden eingangs dargestellten Probleme 1) der Abbildung des ‚Wollen vs. Können‘ durch die Aktivitätsvorhaben und 2) der Kompensierbarkeit von Aktivitäten:

Zur Lösung dieser Probleme wurden im Modell zum einen Oberkategorien für die Aktivitäten eingeführt (siehe Abb. 40) und zum anderen Budgets im Sinne von Obergrenzen (siehe Abb. 39) eingeführt. Diese Budgets gibt es a) für die Aktivitätszeit pro Oberkategorie, b) für die Zeit, die mit Wegen verbraucht wird, und c) für das Geld, das für Wege ausgegeben wird. Diese Budgets werden als das Können interpretiert, während hingegen die Aktivitätsvorhaben als das Wollen interpretiert werden. Zudem werden aus diesen Budgets die bereits angesprochenen Richtwerte (für Wegegeld und -zeit pro Weg; vgl. Abb. 39) für das Entscheidungsmodell abgeleitet. Im Detail sind diese Änderungen und ihre Anwendung wie folgt zu verstehen:

Es wurde bereits darauf eingegangen (Kap. 17.), dass im Grunde genommen jedes Tun immer auch aversiv ist, da es immer auch Ressourcen verbraucht.

D.h. es gibt eine Art ‚Ressourcenschonungsbedürfnis‘, das jeglicher Art von Aktivität entgegenwirkt und insbesondere ein bestimmtes Ausmaß an Ruhe- und Schlafphasen erzwingt.

Mobilitätskostenbudget (Cent/Woche)	3829	3829	3829	3829
Mobilitätszeitbudget	900 = 00:15:00	900 = 00:15:00	900 = 00:15:00	900 = 00:15:00
Aktivitätenzeitbudget (errechnet aus max. Zeit pro Oberkategorie u. Woche)	10080 = 07:00:00 aus: 3000*0+1080+4440+1560+0	10080 = 07:00:00 aus: 3000*0+1080+4440+1560+0	10080 = 07:00:00 aus: 3000*0+1080+4440+1560+0	10080 = 07:00:00 aus: 3000*0+1080+4440+1560+0

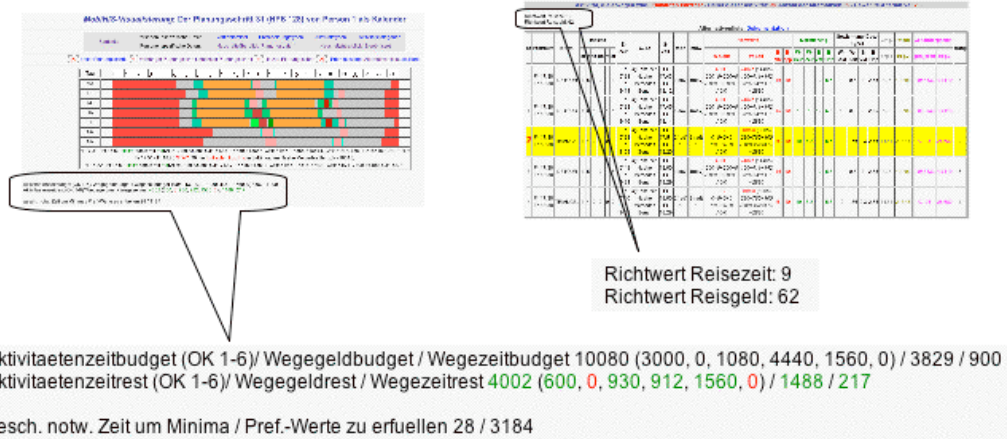


Abb. 39: Demonstration Budgetierung

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die obere Tabelle zeigt die Budgets, welche der zu simulierenden Person zugewiesen wurden. In der Mitte links sieht man, dass mit jedem Planungsschritt die Ausschöpfung der Budgets nachgehalten wird, und in der Mitte rechts sieht man die Richtwerte für Wegegeld und -zeit, die aus der Ausschöpfung der Budgets und der geschätzten Anzahl zu planender Wege bestimmt werden (Abb. 42 zeigt die linke Darstellung in vergrößerter Form; Abb. 38 zeigt die rechte Tabelle in vergrößerter Form). Darunter sieht man die Aktivitätszeit, die notwendig sein wird, um die minimalen und präferierten Anforderungen der Aktivitätsvorhaben-repertoires (vgl. Abb. 35) zu erfüllen.

MobiHIS-Visualisierung: Aktivitätskategorien

Startseite Personenspezifische Daten: [Verkehrsmittel](#) [Entscheidungstypen](#) [Aktivitätstypen](#) [Aktivitätskategorien](#)
 Personenspezifische Daten: [Haushaltsüberblick \(Planungsdaten\)](#) [Haushaltsüberblick \(Ergebnisse\)](#)

Aktivitätskategorien, Dokumentation

ID	Name	exec_dur anpassen
1	Arbeiten	false
2	Ausbildung	false
3	Versorgung	false
4	Erhaltung der physischen Funktionsfähigkeit	true
5	Freizeit	false
6	Engagement	false
7	zu_Hause_nichts_tun	false

Abb. 40: Demonstration Oberkategorien

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die Tabelle zeigt die Daten für Oberkategorien; die Spalte „exec_dur anpassen“ legt fest, ob die Oberkategorie kompensatorisch (Eintrag „true“) oder nicht kompensatorisch (Eintrag „false“) interpretiert wird.

Nun lässt sich das Schlafbedürfnis gut durch ein Aktivitätsvorhaben abbilden, welches anstrebt, eine bestimmte Zeit am Tag mit Schlafen im Bett zu verbringen. Anders sieht es dagegen mit der Vermeidung eines Zuviels an täglicher Aktivität aus, hier geht es eher um das Unterbinden einer Überforderung der eigenen Leistungsfähigkeit (den Tag zu voll gepackt zu haben) und weniger um das Anstreben eines appetitiven Ziels (x Stunden einfach nichts tun). Insbesondere ist die zeitliche Verteilung dieser Ruhephasen sehr flexibel und lässt sich daher modellgerecht nur schwer mit einem Aktivitätsvorhaben beschreiben.

Hinzu kommt die Hypothese vom konstanten Reisezeitbudget, die zwar nicht mit dem Anspruch eines Naturgesetzes vertreten wird, jedoch eine gute gesicherte Erfahrungstatsache darstellt (vgl. Kap. 1.2.).

Zudem ist auch das zur Verfügung stehende Geld begrenzt und nur eine bestimmte Menge steht für Mobilität zur Verfügung.

Daher wurden neben den beiden eher ‚lokal‘ (auf eine einzelne Handlungsplanung) wirkenden Konzepten a) Wegegeld und -zeit als Entscheidungskriterien und b) Toleranzgrenzen für Wegegeld und -zeit auch das eher ‚global‘ wirkende Konzept der Budgetierung für a) Aktivitätszeit pro Oberkategorie, b) Wegezeit und c) Wegegeld eingeführt (vgl. Abb. 39).

Aus diesen werden zum Ersten Richtwerte für die lokalen Entscheidungen gebildet, indem aus einer Abschätzung der Anzahl zu planender Aktivitätsdurchführungen (siehe Erläuterung zu Abb. 35). und der noch zur Verfügung stehenden Wegezeit und dem noch zur Verfügung stehenden Wegegeld ein Richtwert für die Zeit und das Geld pro Weg ermittelt wird (vgl. Abb. 39), an denen sich dann die psychische Bewertung orientiert (s.o.).

Zum Zweiten werden die Aufwendungen für Wegegeld und -zeit nachgehalten (vgl. Abb. 39): Ist das Wegegeldbudget erreicht, werden keine kostenpflichtige Wege mehr in Erwägung gezogen; ist das Wegezeitbudget erreicht, werden gar keine Wege mehr in Erwägung gezogen.⁴⁸

Zum Dritten wird jede Aktivität einer Oberkategorie zugeordnet, und für jede Oberkategorie wird festgelegt, ob die Durchführung der zugeordneten Aktivitäten als kompensatorisch angesehen wird oder nicht (vgl. Abb. 37 und 40).

Zum Vierten wird die Dauer der durchgeführten Aktivitäten nachgehalten, und bei Erreichung der Budgetgrenze wird die weitere Unterbringung von Aktivitäten dieser Oberkategorie eingestellt (vgl. Abb. 39).

Zum Fünften wird für non-kompensatorische Aktivitäten (also solche, die einer non-kompensatorischen Oberkategorie zugeordnet sind) die Durchführungs-

⁴⁸Genau genommen, wird hier mit einer Überschreitungsregel gearbeitet, die eine 10%ige Überschreitung zulässt, damit ein Weg nicht an einigen wenigen Minuten oder Cent scheitert.

dauer angepasst (vgl. Abb. 41): Jedes Aktivitätsvorhaben ist unter anderem durch eine präferierte Dauer bei Durchführung charakterisiert (vgl. Abb. 36), mit der eine entsprechende Aktivitätsdurchführung im beabsichtigten Wochenablauf untergebracht wird. Wenn nun aber die Summe der gewünschten Durchführungszeiten aller Aktivitätsvorhaben, die einer non-kompensatorischen Oberkategorie zugeordnet sind, das Zeitbudget dieser Oberkategorie überschreitet (vgl. Abb. 39), so wird die Dauer bei Durchführung der zugeordneten Aktivitätsvorhaben angepasst. Denn einerseits können Menschen Aktivitäten unter Umständen auch schneller durchführen (geht nur bei häufigkeitscharakterisierten), und andererseits ist evtl. eine kürzere Durchführungsdauer ausreichend, wenn auch nicht zufriedenstellend. (Bspw. nimmt man sich gern Zeit für das Frühstück, zur Not geht es aber auch in zehn Minuten.) Daher ist den Aktivitätsvorhaben neben einer präferierten Dauer bei Durchführung auch eine minimale Dauer bei Durchführung zugeordnet (vgl. Abb. 36). Herrscht nun bezüglich einer Oberkategorie ‚Zeitnot‘, so werden die unterzubringenden Durchführungsdauern so weit gekürzt, dass die Summe aller gewünschten Durchführungen dem Zeitbudget entspricht. Oder PSI-theoretisch gesprochen: Der hohe Bedürfnisdruck erhöht einerseits die Aktiviertheit, und dadurch werden die Aktivitäten schneller durchgeführt (kürzere Durchführungsdauer); andererseits führt eine gewisse Befriedigung des Bedürfnisses dazu, dass dessen Auswahldruck sinkt und dadurch andere Absichten an die Handlungsleitung kommen, bevor das Bedürfnis der abgelösten Absicht gänzlich befriedigt ist (kürzere Durchführungsdauer).

Auch in diesem Zusammenhang macht also die Differenzierung von Minimal- und Präferenz-Anforderungen bzw. -Wünschen der Aktivitätsvorhaben (vgl. Abb. 36) durchaus Sinn.

Sie macht aber auch in anderer Hinsicht mit Blick auf die Budgets Sinn: Denn Aktivitätsvorhaben stellen ja nicht nur Wünsche, sondern durchaus auch Notwendigkeiten dar. Daher erlaubt die Angabe von Min- und Pref-Anforderungen die Differenzierung in Notwendigkeiten und Wünsche und damit auch einen differenzierten Umgang mit den Budgets, die das Können abbilden. Denn das Modell sieht eine Variante vor, in der Budgetüberschreitungen für die Erfüllung von Aktivitätsvorhaben-Minima zugelassen werden. So kann je nach Formulierung der Eingangsdaten und/oder aufgrund der durch das Modell nicht berücksichtigten persönlichen Situation entweder dem Müssen der Aktivitätsvorhaben oder dem zeitlichen und finanziellen Können Vorrang eingeräumt werden.

Die ursprünglich ebenfalls vorgesehenen Max-Anforderungen machen zwar im Zusammenhang mit einer Budgetierung keinen Sinn mehr, wurden aber dennoch beibehalten, da sie im Rahmen der Übertragung von Aufgaben innerhalb eines Haushalts (vgl. Kap. 20.4.1.) als Restriktionen notwendig und wirksam sind.

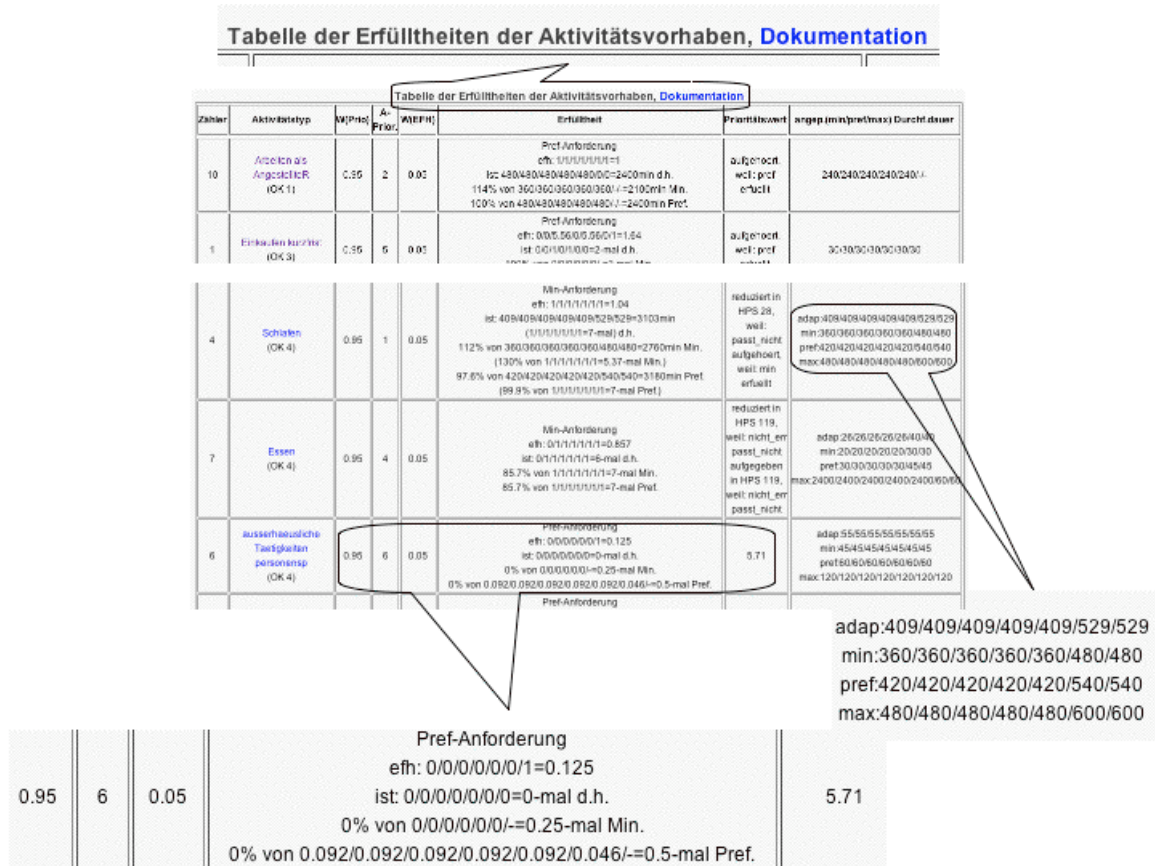


Abb. 41: Demonstration angepasster Durchführungsdauern

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die Tabelle zeigt die Erfülltheiten der Aktivitätsvorhaben für den aktuellen Planungsschritt, durch die u.a. ihre Planungspriorität bestimmt wird: diese ergibt sich zu 5% aus der Erfülltheit und zu 95% aus dem Planungsrang. (Diese Prozentanteile wurden so gewählt, dass zunächst alle Absichten eines Rangs geplant werden und sich innerhalb dieses Rangs die Reihenfolge aus der Erfülltheit ergibt.) Die Ausschnittvergrößerung zeigt die angepasste Durchführungsdauer (adap) für jeden Wochentag (jeweils getrennt durch Schrägstriche) im Vergleich zur minimalen (min), präferierten (pref) und maximalen (max) Durchführungsdauer.

20.1.3. Zusammenfassung

Folgende Konzepte wurden bestätigt:

- Formulierung von Handlungszielen als Aktivitätsvorhaben
- Differenzierung häufigkeits- und dauercharakterisierter Aktivitätsvorhaben
- Differenzierung von minimal notwendigen und gewünschten Durchführungen; Angabe von maximalen Durchführungen als Restriktion
- Implementierung instrumenteller Bedürfnisse in Form von Entscheidungskriterien
- Verwendung der Entscheidungskriterien Wegegeld und Wegezeit; Amalgamisierung sonstiger Entscheidungskriterien im Kriterium Beliebtheit
- vergleichende Bewertung einer Menge von Handlungsoptionen

Die Einführung folgender Konzepte wurde initiiert:

- Richtwerte für Wegegeld und Wegezeit

- Toleranzgrenzen für Wegegeld und Wegezeit
- Oberkategorien für Aktivitäten, in diesem Zusammenhang Unterscheidung kompensatorischer und non-kompensatorischer Oberkategorien und gegebenenfalls entsprechender Anpassung der Durchführungszeiten
- Budgets für Aktivitätszeit pro Oberkategorie, Wegegeld und Wegezeit

Diesen motivationalen Teil abschließend, noch ein Wort zur Verhaltensmodulation, wie sie von der PSI-Theorie insbesondere durch die Bedürfnisse Bestimmtheit und Kompetenz angenommen wird: Die Auflösungsebene, auf der hier gearbeitet wird, berücksichtigt diese Bedürfnisse nur insoweit, als dass sie sich in den Eingangsdaten in Form von bestimmten Aktivitäten oder Vorlieben für bestimmte Gelegenheiten oder Verkehrsmittel niederschlagen können. Insbesondere ist die aktualgenetische Verhaltensmodulation, die sich in der Art und Weise des Handlungsvollzugs niederschlägt, bspw. aggressiv vs. entspannt Auto fahren, nicht Teil dieses Modells.

20.2. Handlungsregulation

20.2.1. Fragen und Probleme

Wie bereits angekündigt, erfolgen in diesem Kapitel 20.2. die psychologische Überprüfung, Beurteilung und Übernahmeentscheidung bezüglich der verwendeten handlungstheoretischen Konzepte; auf Basis dieser Diskussion werden dann die vorgenommenen psychologischen Weiterentwicklungen begründet und erläutert.

So ist aus psychologischer Perspektive

- auf die Trennung von Planen, Durchführen und Erfahren,
- auf die sukzessive Füllung des Wochenablaufs mit Durchführungen und
- auf die Verwendung eines stochastischen Elements bei der Optionsauswahl einzugehen.

Ein großes Problem vor der Integration psychologischer Erkenntnisse in das AVENA-Modell war die extrem große Anzahl von Optionen, die erstellt und vergleichend bewertet wurden. Dies resultiert aus der Struktur des Zustandsraums, in dem sich sowohl das Traveling-Salesman- als auch das Rucksack-Problem stellen. Dieser Lösungsraum wird zwar auf ein handhabbares Maß reduziert, wenn nicht die ganze Woche, sondern nur die Unterbringung einer einzigen Aktivitätsdurchführung geplant wird, aber auch dies führt leicht zu einer Anzahl von weit über 1.000 möglichen Handlungsoptionen, die sicherlich nicht alle von einem Menschen in Erwägung gezogen werden; es stellte sich also

- das Problem der Reduktion der Anzahl der gleichzeitig berücksichtigten Handlungsoptionen unter Berücksichtigung einer Erinnerungsstärke.

20.2.2. Theoretische Wiederaufnahme

Die PSI-Theorie geht davon aus, dass die Entstehung eines Bedürfnisses zur Bildung einer Absicht führt; diese bezieht sich auf das bestehende Bedürfnis und die damit assoziierten Ziele (also das Motiv) und verknüpft darüber hinaus Wissensbestände hinsichtlich der Beseitigung des Bedürfnisses wie bspw. etablierte Automatismen und die Absichtsgeschichte (Wissen um vergangene Bewältigungen und das aktualgenetische ‚Schicksal‘ der Absicht); aus diesen die Bewältigung betreffenden Wissensbeständen ergibt sich eine mehr oder minder konkrete Erfolgserwartung, aus der sich zusammen mit der Bedürfnisstärke (Soll-Ist-Wert-Abweichung * Wichtigkeit) nach dem Erwartungs*Wert-Prinzip ein Auswahldruck ergibt, mit dem die Absicht an die Handlungsleitung drängt. Ist eine Absicht an der Handlungsleitung, so erstellt sie einen Handlungsplan (mit dem eine konkretisierte Erfolgserwartung einhergeht), den sie, im Falle des weiteren Verbleibens an der Handlungsleitung, ausführt. Bei dem Ringen um die Handlungsleitung setzt sich die Absicht mit dem stärksten Auswahldruck durch, wobei die handlungsleitende Absicht zusätzlich durch den ‚Bonus‘ der Selektionsschwelle vor der Ablösung durch eine andere Absicht geschützt ist.

Im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) wurden Vermeidungsabsichten, die per definitionem auf die Vermeidung zukünftiger antizipierter Bedürfnisentstehungen gerichtet sind, in dieses Konzept integriert, indem eine handlungsleitende Vermeidungsabsicht zunächst eine Handlungsplanung vornimmt, welche das imaginative Bedürfnis durch einen imaginativen Handlungsplan zu einem guten Teil befriedigen kann; dabei wird die Handlungsausführung gegebenenfalls auf einen erst in der Zukunft sinnvollen Zeitpunkt verschoben. In diesem Zusammenhang wurde die physische und psychische Handlungsleitung differenziert, d.h. ein Teil der Aufmerksamkeit im Sinne der geistigen Kapazität ist auf die Überwachung der Ausführung eines bestehenden Handlungsplans gerichtet (physische Handlungsleitung), während parallel dazu ein Teil der Aufmerksamkeit durch die Handlungsplanung einer ganz anderen Absicht gebunden sein kann (psychische Handlungsleitung). Zudem wird davon ausgegangen, dass mehrere Absichten denselben Handlungsplan unterstützen können und somit quasi gleichzeitig handlungsleitend sein können.

Ist nun eine Absicht handlungsleitend, so werden drei Ebenen der Handlungsregulation durchlaufen, die einen zunehmenden kognitiven Aufwand hinsichtlich der Ermittlung einer zielführenden Handlungssequenz (= Handlungsplan) erfordern: Zunächst wird das Gedächtnis nach einer bereits bekannten Handlungsfolge durchsucht, welche die Ist-Situation in die Ziel-Situation überführt. Dabei dominieren sogenannte Automatismen, also hoch geübte Verhaltensweisen, die sofort präsent sind und nahezu reflexhaft ausgeführt werden. Kann keine zielführende Handlungsweise erinnert werden, wird das getan, was man alltagssprachlich unter ‚planen‘ versteht: Es wird

versucht, bekanntes Wissen (= Handlungsfolgen) so zu rekombinieren, dass eine Zielerreichung möglich scheint. Versagt auch dies, so setzt ein Versuchs-Irrtum-Verhalten, also ein ‚Herumprobieren‘, ein. Die Verweildauer des psychischen Systems auf einer dieser Handlungsregulationsebenen (denn es könnte sich ja auch auf einer dieser Ebenen ‚tot suchen bzw. probieren‘), ergibt sich aus dem Einfluss der entsprechend benannten Modulatoren, insbesondere aus dem Auflösungsgrad und der Kompetenz.

Aus einer undifferenzierten Übernahme dieses Grundkonzepts resultieren fixe Anforderungs- und Toleranzniveaus und eine sehr scharf trennende Wirkung der Erinnerungsstärke. Denn es wird angenommen, dass beim Durchsuchen der im Gedächtnis vorhandenen Handlungsfolgen (sowohl nach Automatismen als auch nach rekombinierbaren Handlungsfolgen) diese in der Reihenfolge ihrer Erinnerungsstärke ‚auftauchen‘ und verarbeitet werden. Dies geschieht, indem ihre Tauglichkeit im Rahmen des Confirmation-Prozesses u.a. durch Berücksichtigung der Anforderungs- und Toleranzniveaus geprüft wird und je nach Ergebnis dieser Prüfung die gefundene Handlungsfolge entweder akzeptiert wird oder aber die Suche nach einer akzeptablen Handlungsfolge weitergeht.

Im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) wurde daher die Anwendung dieses basalen Konzepts auf den in der modernen Gesellschaft lebenden Menschen dahingehend differenziert, dass zum einen mehrere Handlungsfolgen (aufgrund einer ähnlichen Erinnerungsstärke) gleichzeitig ‚auftauchen‘ und vergleichend verarbeitet werden können und dass zum anderen sicherlich eine Anpassung der Anforderungs- und Toleranzniveaus dem Versuchs-Irrtum-Verhalten vorausgehen wird.

20.2.3. Theoriebasierte Interpretation und Weiterentwicklung

Kommt eine Absicht an die (psychische) Handlungsleitung, wird zunächst ein konkreter Handlungsplan ermittelt, um den die Absicht dann erweitert wird. Mit diesem Handlungsplan geht eine konkrete Erfolgserwartung einher, und die Absicht drängt zum beabsichtigten Ausführungszeitpunkt mit dem entsprechenden Auswahldruck an die (physische) Handlungsleitung zwecks Planausführung.

Da das Ziel der hier durchgeführten Modellierung nicht grundlagenforschungs-, sondern anwendungsorientiert ist, wurde darauf verzichtet, zwischen einerseits Motiven und andererseits Absichten ohne konkreten Handlungsplan explizit zu differenzieren, d.h. die Aktivitätsvorhaben werden nicht nur als Motive, sondern auch als Absichten ohne konkreten Handlungsplan interpretiert; diese ringen um die Handlungsleitung, genauer gesagt um die Planungsleitung. Denn die im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie (Kap. 17.) eingeführte Unterscheidung von psychischer und physischer

Handlungsleitung erfolgt durch das Gesamtsimulationskonzept in sehr extremer Art und Weise:

So bestätigen zwar die theoretischen Überlegungen die Trennung von Planen, Durchführen und Erfahren, die durch das Simulationskonzept vorgenommen wird. Diese drei Prozesse finden in realitas jedoch kontinuierlich und ineinander verschränkt statt (d.h. Planen A, Durchführen B, Planen C, Durchführen A etc). Das Simulationskonzept hingegen entschränkt diese Schritte vollständig (vgl. Kap. 19.1.), indem es zunächst alle Handlungen einer Woche plant, dann durchführt und anschließend erfährt. Diese Entschränkung ist künstlich und den organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen geschuldet; die Aufhebung dieser Entschränkung ist zwar technisch durchaus vorstellbar, aber sowohl die Verkehrsflusssimulation betreffend konzeptuell sehr aufwendig als auch bezüglich der erforderlichen Rechenleistung extrem anspruchsvoll. Daher ist die Verschränkung der drei Prozesse durchaus eine höchst sinnvolle Weiterentwicklungsperspektive, auf deren Realisierung jedoch wegen der genannten Gründe im Rahmen der bislang stattfindenden Projekte verzichtet wurde.

Folglich bildet das hier vorgestellte Modell den Planungsprozess ab und die Aktivitätsvorhaben ringen genau genommen um Handlungsleitung und nicht um die Handlungsleitung. (Das Durchführen des beabsichtigten Wochenablaufs erfolgt dann durch die Verkehrsflusssimulation, und das Erfahren beschränkt sich im Rahmen der Relaxation auf die Auswahl derjenigen Haushalte, deren Wochenabläufe als nicht funktionsfähig angesehen werden und die dementsprechend neu erstellt werden.) Die Aktivitätsvorhaben stellen also Absichten dar, deren einzelne Handlungspläne zu einem Gesamtplan verschmolzen sind (dem vorgesehenen Wochenablauf), dessen Ausführung von allen Absichten gestützt wird.

Dieser Gesamtplan entsteht jedoch nach und nach, sprich zunächst gelangt die Absicht mit dem stärksten Auswahldruck an die Handlungsleitung (vgl. vorletzte Spalte Prioritätswert in Abb. 41) und plant eine Durchführung; durch diese imaginative Durchführung sinkt der Auswahldruck der entsprechenden Absicht und eine andere Absicht kommt an die Handlungsleitung. Diese plant nun wiederum eine Durchführung, wobei nicht ein gänzlich unabhängiger Handlungsplan entsteht, sondern der bestehende Handlungsplan modifiziert wird, wodurch nun beide Absichten (zumindest teilweise) befriedigt sind und der Handlungsplan daher von beiden Absichten unterstützt wird. Diese theoretischen Überlegungen (vgl. auch Kap. 17.) werden auch empirisch durch Untersuchungen von Doherty et al. (Doherty et al., 2002) bestätigt, die grob vereinfachend finden, dass ca. ein Drittel aller Aktivitätsdurchführungen bereits am Anfang der Woche feststeht, dass ca. ein Drittel bis zu einigen Tage im Voraus tatsächlich geplant wird und dass sich das verbleibende Drittel spontan ergibt.

Aus dieser theoretischen und empirischen Perspektive kann also die sukzessive Füllung des beabsichtigten Wochenablaufs mit Durchführungen bestätigt werden (vgl. Abb. 42). Hieraus ergibt sich aber auch die Anforderung, dass die Reihenfolge der Planungen und der daraus resultierenden Wochenplaneinträge dem tatsächlichen Planungsverlauf möglichst nahekommen soll, auch wenn durch die oben diskutierte Einschränkung des Planens, Durchführens und Erfahrens alle Planungen unmittelbar hintereinander stattfinden und nicht durch Erfahrungen in Form von tatsächlichen Handlungen und Besinnungsphasen unterbrochen werden.

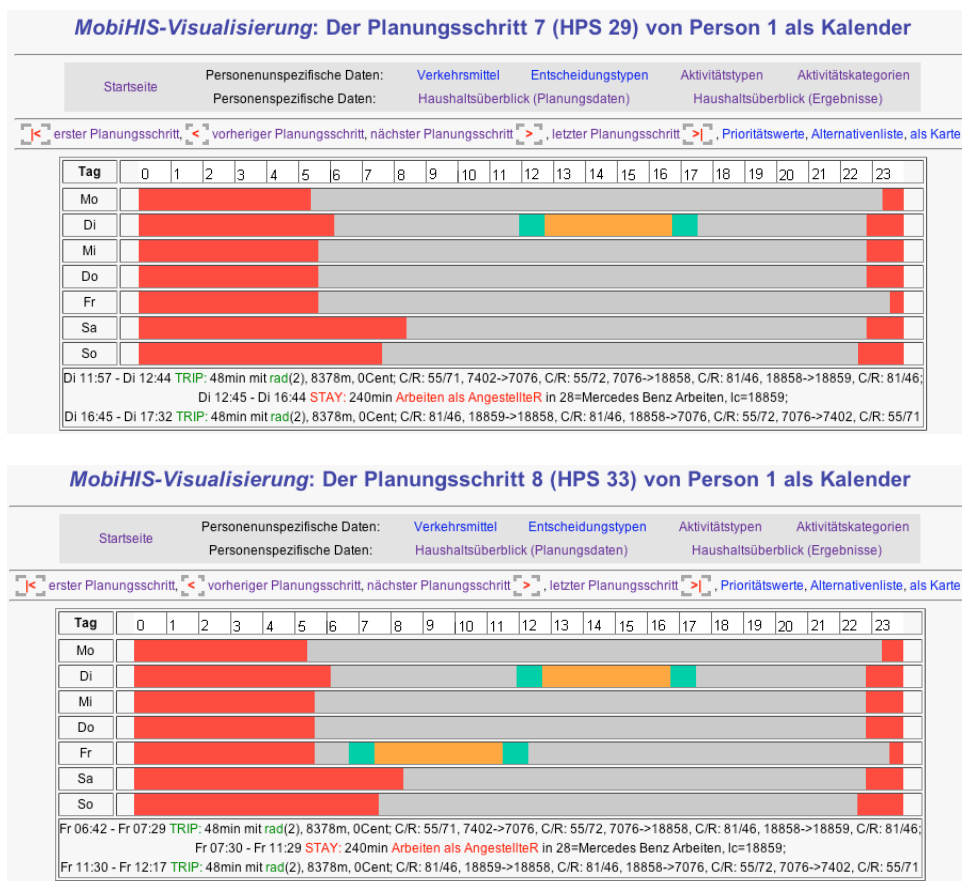


Abb. 42: Zwei unmittelbar aufeinander folgende Planungsschritte

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die beiden Abbildungen zeigen zwei unmittelbar aufeinander folgende Planungsschritte: Jede Zeile bildet die 24 Stunden eines Wochentags ab; die verschiedenen Rot- und Orangetöne symbolisieren die unterschiedlichen Aktivitäten, die durchgeführt werden (vgl. Abb. 37); die verschiedenen Grüntöne bilden Wege mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln ab (vgl. Abb. 43). Unter dieser ‚kalendarischen‘ Darstellung werden jeweils Informationen zur eingefügten Durchführungsoption angezeigt, im dargestellten Planungsschritt das Einfügen einer Aktivität ‚Arbeiten als AngestellteR‘ am Freitag Vormittag und das Einfügen von zwei Fahrradwegen (zur Arbeit und von der Arbeit nach Hause).

Welche Faktoren sollten also entsprechend diesen Überlegungen Einfluss auf die Planungsreihenfolge nehmen und dabei möglichst dem Erwartungs*Wert-Prinzip (nach dem der Auswahldruck PSI-theoretisch gebildet wird) Rechnung tragen?

Zunächst ist einmal die ‚Routine‘ zu nennen, die gemäß den Ausführungen zur Differenzierung der PSI-Theorie (vgl. Kap. 17.) den Geschehnisschemata eigener Handlungen entspricht; die Geschehnisschemata führen dazu, dass man von sich selbst bestimmte Handlungen in der Zukunft erwartet, sprich diese Handlungen sind Teil des Erwartungshorizonts. Dies würde den Handlungen entsprechen, von denen Doherty et al. finden, dass zu ihnen bereits im Vorfeld (am Sonntag Abend) Durchführungsangaben gemacht werden können. Hinsichtlich dieser Handlungen finden also im Regelfall keine bewusste oder intentionale Abwägung und Auswahl von Durchführungsmöglichkeiten statt. Stark routinierte Aktivitätsvorhaben müssen also im Simulationskonzept eine hohe Planungspriorität haben, sodass sie zuerst Zeiten im beabsichtigten Wochenablauf belegen.

Als zweiter Einflussfaktor auf die Planungspriorität ist die ‚Flexibilität‘ zu nennen. Dies entspricht dem PSI-theoretischen Konzept der Dringlichkeit, d.h. Absichten, deren ‚Handlungsspielräume‘ sich schließen, werden dringlicher und drängen somit stärker an die psychische und/oder physische Handlungsleitung. Dies sind also Handlungen, die tatsächlich geplant werden müssen, d.h. hinsichtlich derer eine bewusste und intentionale Abwägung und Auswahl von Durchführungsmöglichkeiten stattfindet. Hierunter fallen dann auch Handlungen, die einer Absprache mit Dritten bedürfen (vgl. Kap. 18.3.2.7. kommunikative Operatoren), sprich hinsichtlich derer überhaupt der Umfang an Durchführungsmöglichkeiten festzustellen ist. Im Simulationskonzept müsste also die Planungspriorität umso höher sein, je unflexibler Aktivitätsvorhaben sind, d.h. je weniger Durchführungsmöglichkeiten sie per se und insbesondere im Bezug auf den aktuellen Planungsstand des beabsichtigten Wochenablaufs haben.

Last but no least ist als dritter Einflussfaktor auf die Planungspriorität die eigentliche Bedürfnisstärke zu nennen, die PSI-theoretisch aus der Soll-Ist-Wert-Abweichung und der Wichtigkeit einer Absicht resultiert. Im Simulationskonzept entsprechen Aktivitätsvorhaben den Absichten und die Soll-Ist-Wert-Abweichung entspricht der sogenannten Erfülltheit (vgl. Abb. 41), die aus dem Verhältnis von geforderten und bereits im beabsichtigten Wochenablauf untergebrachten Aktivitätsdurchführungen resultiert. Im Simulationskonzept müsste zudem eine Art Wichtigkeit operationalisiert werden und die Planungspriorität müsste umso höher sein, je unerfüllter und wichtiger Aktivitätsvorhaben sind.

Wie könnten nun diese drei auf die Planungspriorität Einfluss nehmenden Faktoren operationalisiert werden und wie wurde sie tatsächlich operationalisiert?

Zunächst einmal sind die Aktivitätsvorhaben mit einem Üblichkeitsprofil versehen (vgl. Abb. 36), das als Häufigkeitsverteilung vergangener Durchführungen zu verstehen ist. Aus der ‚Ausgeprägtheit‘ dieser Kurve wird die ‚Routinisierung‘ des Aktivitätsvorhabens ermittelt. Da die Daten jedoch aus

statistischen Daten erzeugt sind, macht diese Operationalisierung nur dann Sinn, wenn die Disaggregation der statistischen Daten wieder zu realistischen, sinnfälligen und plausiblen Einzelfällen führt.

Hinsichtlich der Flexibilität gab es Versuche, die Anzahl verbleibender Durchführungsmöglichkeiten abzuschätzen und diese Anzahl als Maß für die Flexibilität zu verwenden. Einerseits (zeitlich) resultiert diese Anzahl aus den möglichen Durchführungszeitfenstern (detaillierter s.u.), und andererseits resultiert diese Anzahl aus den möglichen Standorten. Da die Daten jedoch aus statistischen Daten erzeugt sind, macht auch diese Operationalisierung nur dann Sinn, wenn die Disaggregation der statistischen Daten wieder zu realistischen, sinnfälligen und plausiblen Einzelfällen führt.

Hinsichtlich der Wichtigkeit könnte man zum Ersten Menschen befragen, zum Zweiten aus ihren Handlungen auf diesen Faktor schließen und zum Dritten auf Basis theoretischer Überlegungen hinsichtlich der Zielhierarchie einen Wert postulieren.

Außerdem muss festgelegt werden, in welchem Stärkeverhältnis Routine, Flexibilität und Soll-Ist-Wert-Abweichung * Wichtigkeit in den Auswahldruck der Absichten eingehen, mit welchem sie zunächst an die psychische und dann an die physische Handlungsleitung drängen.

Da einerseits hier noch viele offene Fragen bestehen und da andererseits ein wesentliches Problem darin besteht, aus den vorliegenden statistischen Daten realistische, sinnfällige und plausible Einzelfälle abzuleiten (siehe Kap. 20.7.), wurde darauf verzichtet, den Routinisierungsgrad einfließen zu lassen und die Flexibilität durch eine Maßzahl zu beschreiben. Stattdessen wurden die Aktivitätsvorhaben mit einem Attribut Planungsrang versehen (vgl. Abb. 36), in welchem Routinisierung, Flexibilität und Wichtigkeit konfundiert sind. Dieses Attribut wurde, da diese Faktoren stark aus den erstellten Daten resultieren, in Abstimmung mit den Datenerzeugern (ISB) anhand des Aktivitätstyps mit einem ganzzahligen Wert zwischen 1 und 7 versehen, d.h. alle Aktivitäten wurden in eine Planungsrangfolge gebracht, wobei mehrere Aktivitäten den gleichen Rangplatz innehaben können. In die Planungspriorität der Absicht geht zudem zu einem gewissen Anteil die Erfülltheit der Absicht ein (vgl. Abb. 36), wobei dieser Anteil so gewählt wurde, dass zunächst alle Absichten eines Rangs geplant werden und sich innerhalb dieses Rangs die Reihenfolge aus der Erfülltheit ergibt.

Somit ist Abbildung des Ringens um die Handlungsleitung, genauer gesagt um die Planungsleitung, erläutert. Ist nun eine Absicht an der Planungsleitung, so wird das mit der Absicht assoziierte Handlungswissen genutzt, um einen Handlungsplan zu ermitteln, der die Ist-Situation in die Soll-Situation überführt. Im vorliegenden Fall der Alltagsorganisation bedeutet dies, eine Unterbringungsoption für eine Aktivitätsdurchführung im beabsichtigten Wochenablauf zu ermitteln.

Damit stehen nun die beiden folgenden Fragen im Raum:

- 1) Wie ist das Handlungswissen abgebildet, das zur Ermittlung von Handlungsoptionen herangezogen wird?
- 2) In welcher Reihenfolge werden die Handlungsoptionen erzeugt, überprüft (Confirmation-Prozess) und gegebenenfalls akzeptiert?

Eine solche Handlungsoption besteht aus

- dem Zeitpunkt der Durchführung,
- der Dauer der Durchführung,
- dem Standort der Durchführung,
- dem Verkehrsmittel und dem eigentlichen Weg (Fahrtroute) auf dem Hinweg und dem Rück- bzw. Weiterweg und daraus resultierend Wegegeld und -zeit.

Während die Dauer der Durchführung bereits im Vorfeld vorgegeben wird (vgl. vorhergehende Ausführungen zur Motivation, Kap. 20.1.2.), ist bei der Erstellung der möglichen Handlungsoptionen über die Möglichkeiten für die anderen Bestandteile zu permutieren. Hierbei erfolgte im AVENA-Modell eine vollständige Permutation, wodurch die extrem großen Optionsanzahlen von gegebenenfalls weit über 1.000 entstanden. Aber bereits im AVENA-Modell und in verfeinerter Form beim Mob- Ψ -Modell werden die Optionen einer sachlogischen Prüfung unterzogen, die zum Verwerfen bestimmter Kombinationen, d.h. zur Nicht-Aufnahme in den Kanon möglicher Optionen, führen kann (= Abbildung des Confirmation-Prozesses):

- So ist zum Ersten die Durchführung nur zu unbelegten bzw. freischiebbaren Zeiten im Wochenablauf möglich, in denen zudem eine Durchführung erwünscht und ein entsprechender Standort geöffnet ist (Details s.u.).
- Zum Zweiten ist die Wegedauer zu berücksichtigen, d.h. es ist möglich, dass die zeitliche ‚Lücke‘ im Wochenablauf nicht lang genug ist, um sowohl die Durchführung als auch die daraus resultierenden Wege unterzubringen.
- Zum Dritten kann man nicht erst von zu Hause mit dem Bus losfahren und dann plötzlich das eigene Auto oder Fahrrad benutzen, denn diese stehen schließlich zu Hause; umgekehrt muss man, wenn man erst einmal mit Auto und Fahrrad unterwegs ist, diese wieder nach Hause bringen, wobei wiederum ‚Abstecher‘, bspw. zu Fuß, zwischendurch möglich sind.
- Zum Vierten wird davon ausgegangen, dass es eine gewisse Toleranzschwelle gibt, jenseits derer eine ‚Leerlaufzeit‘, die nicht zu Hause verbracht wird, nicht akzeptiert wird.
- Zum Fünften wird, wie bereits eingeführt (Kap. 20.1.2.), davon ausgegangen, dass bestimmte Verhältnisse von Wege- und Durchführungszeit und bestimmte Größenordnungen von Wegegeldaufwendungen nicht toleriert werden.

Aber wie wird nun das Handlungswissen modelliert, das zur Bildung dieser Optionen herangezogen wird?

Die möglichen Zeitpunkte der Durchführung ergeben sich einerseits aus den bereits oben beschriebenen Restriktionen: Die Durchführungszeit muss im Wochenablauf frei bzw. frei schiebbar sein (vgl. grau dargestellte Freiräume in Abb. 42 und Spalte Freiraum in Abb. 38); die sogenannte erwogene Gelegenheit muss geöffnet haben (vgl. Abb. 36 und Spalte G.-ID in Abb. 38); die Durchführung muss zu diesem Zeitpunkt gewünscht werden. Letzteres ist die zeitliche Komponente von Zielen; sie wird abgebildet, indem den Aktivitätsvorhaben ein zeitliches Üblichkeitsprofil zugewiesen wird (vgl. Abb. 36), das als Häufigkeitsverteilung vergangener Durchführungen zu verstehen ist. Da es sich bei Alltagshandlungen um Routinehandlungen handelt, d.h. um Handlungsfolgen, die im Wesentlichen erinnert und an aktuelle Bedingungen adaptiert, aber nicht neu erdacht werden, kommen somit nur Durchführungszeiten in Frage, zu denen bereits in der Vergangenheit eine Durchführung erfolgte (sprich das Üblichkeitsprofil weist zu diesem Zeitpunkt einen Wert ≥ 0 auf).

Die gewünschte Durchführungsdauer ist ebenfalls Teil der zeitlichen Komponente von Zielen und wird somit durch das Aktivitätsvorhaben vorgegeben. Gegebenenfalls unterliegt diese Durchführungsdauer, wie zuvor beschrieben (Kap. 20.1.2.), einer Kürzung aufgrund von ‚Zeitnot‘ (vgl. Abb. 41 und Spalte S-Zeit in Abb. 38).

Die möglichen Durchführungsorte ergeben sich aus der situativen Komponente von Zielen, d.h. aus dem Wissen um potentielle Durchführungstandorte, welche die Durchführung von bedürfnisbefriedigenden Handlungen (konsummatorische Endhandlungen) erlauben. Diese situative Komponente wird hier, wie bereits im Rahmen der Motivation dargestellt, durch die Zuordnung von sogenannten erwogenen Gelegenheiten zu den Aktivitätsvorhaben abgebildet (vgl. Abb. 36 und Spalte G.-ID in Abb. 38).

Die möglichen Verkehrsmittel ergeben sich einerseits sachlogisch aus den Verkehrsmitteln, über die der Haushalt verfügt (Autos, Fahrräder etc.) und die die Person nutzen kann (Führerschein, Fahrradfahrfähigkeit etc.). Dies wird abgebildet, indem dem Haushalt sogenannte verfügbare Verkehrsmittel und indem den Personen sogenannte Verkehrsmittelnutzungsfähigkeiten zugeordnet werden (vgl. Abb. 43).

Für die Bestimmung der möglichen Fahrtrouten gibt es mehrere Möglichkeiten: Von Interesse ist hier die Wegelänge, aus der sich Fahrzeit und -preis durch Multiplikation mit einem entsprechenden verkehrsmittelspezifischen Faktor ergeben (vgl. Abb. 43). Die Wegelänge kann man einerseits aus der Luftlinienentfernung abschätzen; diese Variante ist Teil des am IfTP entwickelten Verkehrsnachfragemoduls. Andererseits kann die Fahrtroute aufwendiger über einen Dijkstra-Algorithmus ermittelt werden, ein

mathematisches Verfahren zum Finden eines kürzesten Weges in einem Netzwerk (Details siehe Kap. 14.); dies ist Teil einer Schnittstelle, die dem IfTP vom ZAIK zur Verfügung gestellt wurde (dem Projektpartner, der das Verkehrsflusssimulationsmodell bearbeitet hat). Die Frage, ob ein Dijkstra-Algorithmus eine Route findet, die auch ein Mensch ermitteln würde, wurde bereits aufgeworfen (Kap. 14.2.2.). Ebenso ist zu hinterfragen, ob Fahrzeit und -preis wirklich linear abhängig von der Wegelänge sind: Denn das Fahren in der Stadt wird stark von den Durchgangszeiten durch die Verkehrsnetzknotten bestimmt, d.h. im Individualverkehr durch die Straßenkreuzungen (Rechts-vor-links, Kreisverkehr, Ampelschaltung etc.) bzw. im öffentlichen Personennahverkehr durch die Taktdichte und die Vertaktung. Dies schlägt sich insbesondere in der Fahrzeit, aber auch im Fahrpreis nieder. Zudem ist auch entscheidend, wie viele Menschen gleichzeitig bestimmte Relationen⁴⁹ nutzen (Feierabendstau), d.h. die vermuteten Fahrzeiten (mit denen geplant wird) dürften zeit- und relationsspezifisch sein, und die tatsächlichen ergeben sich aus dem gleichzeitigen Handeln aller Akteure. Mangels besserer Möglichkeiten und empirischer Daten zu diesen Fragen wurde im Rahmen der für die Evaluation gerechneten Szenarien (siehe Teil V) mit der Variante Abschätzung der Wegelänge aus der Luftlinienentfernung und Multiplikation mit entsprechenden verkehrsmittelspezifischen, aber nicht zeit- und relationsspezifischen Faktoren gearbeitet. Berücksichtigt werden jedoch die Entfernung des Standorts zum nächsten Verkehrsnetzknotten und gegebenenfalls anfallende Suchzeiten und Kosten für einen Parkplatz (vgl. Abb. 43).

Hiermit ist also die Abbildung des Handlungswissens beschrieben. Wie bereits im Rahmen der Ausführungen zur Motivation angedeutet, wird davon ausgegangen, dass eine Menge von Handlungsoptionen, denen eine ähnliche Erinnerungsstärke zugeschrieben wird, gleichzeitig ermittelt und gemeinsam verarbeitet werden (Details siehe unten). Dabei liegt der ‚Wert‘ einer Handlungsoption in der Bewertung von Wegegeld- und zeit und der Beliebtheit von Verkehrsmitteln und Gelegenheit (siehe Ausführungen zur Motivation, Kap. 20.2.3.).

Aber wie sieht es mit der Erfolgserwartung aus? Denn diese ergibt sich ja aus dem Handlungswissen und könnte gegebenenfalls den Wert einer Option schmälern.

So gibt es zum einen eine gewisse Unwägbarkeit hinsichtlich der Möglichkeit, am entsprechenden Standort die Aktivität tatsächlich zur vorgesehenen Uhrzeit ausführen zu können (das Geschäft könnte zwischenzeitlich nicht mehr existieren, man ist sich der Öffnungszeiten nicht ganz sicher oder diese könnten sich geändert haben, das Geschäft ist völlig überfüllt etc.). Da es sich im Falle der Alltagsorganisation um einen wohlbekanntem Bereich handelt, in

⁴⁹Eine Relation ist hier als die Kombination von Start- und Zielort eines Weges zu verstehen.

dem die Erfolgserwartungen bei nahezu 100% liegen dürften, werden diese Unwägbarkeiten in Mob- Ψ im Zuge der Planung vernachlässigt.

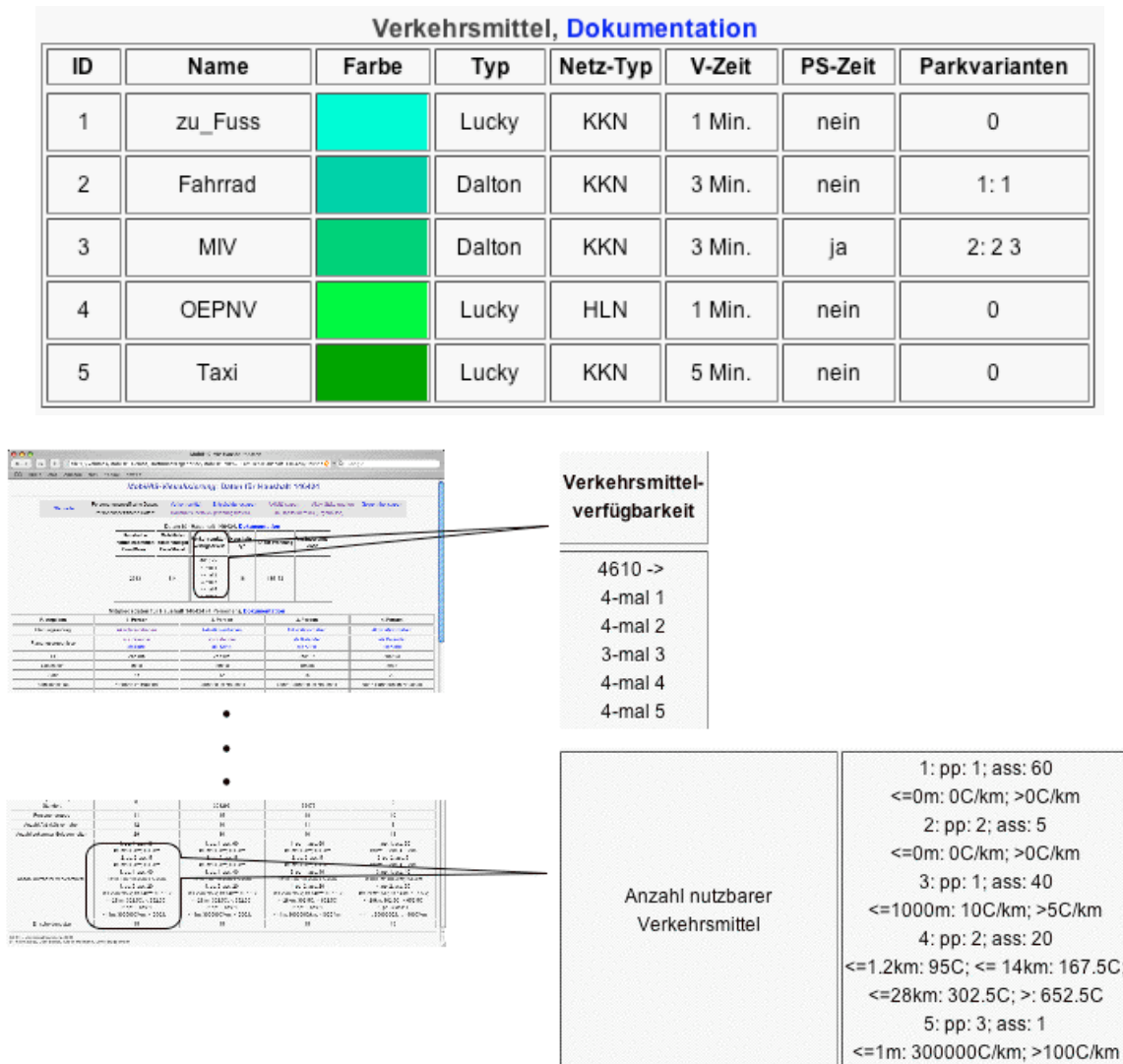


Abb. 43: Demonstration Verkehrsmittelverfügbarkeit und -nutzbarkeit

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die obere Abbildung gibt einen Überblick über die vereinbarten Verkehrsmittel: Die erste Spalte stellt den ID dar; die zweite Spalte stellt den Namen dar; die dritte Spalte zeigt die Darstellungsfarbe für die Visualisierung an; die vierte Spalte zeigt an, ob es sich um ein sogenanntes Dalton- oder Lucky-Verkehrsmittel handelt, d.h. ob es sich um ein Individualverkehrsmittel handelt, das geparkt werden muss, oder um ein Verkehrsmittel, bei dem dies nicht notwendig ist; die fünfte Spalte zeigt den Netztyp an, auf dem sich das Verkehrsmittel bewegt (KKN = Knoten-Kanten-Netz; HLN = Haltestellen-Linien-Netz); die sechste Spalte zeigt die Vorbereitungszeit für eine Fahrt mit diesem Verkehrsmittel an (bspw. Fahrrad aus dem Keller holen oder Abfahrtszeit beim Bus nachschauen); die siebte Spalte zeigt an, ob eine Parkplatzsuche notwendig ist oder ob das Verkehrsmittel überall geparkt werden kann; die achte Spalte zeigt – falls es sich um ein Verkehrsmittel mit Parkplatzsuchnotwendigkeit handelt – gegebenenfalls an, ob es verschiedene Parkvarianten gibt, bspw. für das Auto (MIV) Parken auf einem bewirtschafteten oder auf einem unbewirtschafteten Parkplatz. Die untere Abbildung zeigt nun die Zuweisung dieser Verkehrsmitteln zu Haushalten (Verfügbarkeit) und Personen (Nutzbarkeit) an: Die 4610 ist ein in der Datenschnittstelle vereinbarter Code, der besagt, dass alle vier Haushaltsmitglieder selbstverständlich ihre

eigenen Füße zur Verfügung haben (4-mal 1), dass es vier Fahrräder in dem Haushalt gibt (4-mal 2), dass es drei MIV gibt (3-mal 3) und dass allen vier Haushaltsmitgliedern prinzipiell der öffentliche Personennahverkehr (4-mal 4) und die Taxinutzung (4-mal 5) zur Verfügung stehen.

Für die erste Person dieses Haushaltes wurde festgelegt, dass sie alle fünf Verkehrsmittel nutzen kann, denn es gibt eine Beschreibung der Nutzbarkeit für die Verkehrsmittel 1 - 5 (1: ... 2: ... 5: ...): pp bedeutet Planungsrang des jeweiligen Verkehrsmittels, d.h. zunächst wird überlegt, einen anstehenden Weg mit dem Auto oder zu Fuß zurückzulegen (pp: 1), dann wird erwogen, den Weg mit dem Fahrrad oder mit dem ÖPNV zu bewältigen (pp: 2), und erst wenn das alles nicht zufriedenstellend klappt, wird in Erwägung gezogen, mit dem Taxi zu fahren (pp: 3). Zudem werden die subjektive Beliebtheit des Verkehrsmittels (ass: ...) und die subjektiven unmittelbaren Wegekosten (bspw. für das Auto auf den ersten 1.000 Metern 10 Cent pro Kilometer und anschließend 5 Cent pro Kilometer) angezeigt.

Zum anderen gibt es natürlich insbesondere bezüglich der Wegezeit Unsicherheiten. Da aber die Modellierung der Wegezeiten nicht relations- und zeitspezifisch ist (s.o.), gilt diese Unsicherheit für jeden Weg gleichermaßen; damit würde sie nur als derselbe Multiplikationsfaktor für alle Wege in Frage kommen. Dies würde bei der Art und Weise des verwendeten Auswahlverfahrens (siehe Ausführungen zur Motivation, Kap. 20.1.2.) keinen Unterschied machen und ist somit ein überflüssiger Rechenschritt, der weggelassen wurde.

D.h. im Mob- Ψ -Modell wird im Zuge der Planung nur der Wert einer Handlungsoption berücksichtigt, da die Erfolgserwartung immer mit 100% angesetzt wird und nicht explizit modelliert ist. Die Beseitigung daraus resultierender Unstimmigkeiten erfolgt durch die Relaxationsschleife, deren Aufgabe die Sicherstellung einer konsistenten Auslastung der Infrastrukturen (Verkehrsnetze und Gelegenheiten) ist: So wird im Rahmen der Planung zum einen mit Reisezeiten gearbeitet, die der aktuellen Netzauslastung entsprechen, und zum anderen werden hier nur Aktivitätsdurchführungen in Gelegenheiten vorgesehen, die gemäß der aktuellen Gelegenheitsauslastung zu diesem Zeitpunkt noch freie Kapazitäten haben. Sind dann alle Pläne erstellt und werden durch die Verkehrsflusssimulation umgelegt, so werden dann gegebenenfalls Pläne zur Neuerstellung vorgesehen, falls sich diese als inkonsistent mit der ergebenden Auslastung erweisen. Hingegen erfolgen das Wegfallen von Gelegenheiten, eine Änderung der Öffnungszeiten, eine Veränderung des Straßennetzes oder des ÖPNV-Taktes etc. in der mittelfristigen Schleife; dementsprechend wird das Handlungswissen der Agenten angepasst (entspricht in der vorliegenden Ausbaustufe dem Lernen; siehe Kap. 20.3.).

Hiermit ist also die Abbildung des Handlungswissens beschrieben und es wurde auf den (Nicht-)Einfluss von Erfolgserwartungen in die Optionsauswahl eingegangen. Damit bleibt die Frage, in welcher Reihenfolge die Handlungsoptionen erstellt werden und welche gleichzeitig bearbeitet werden. Dies geht einher mit der Frage, wie die PSI-Theorie verwendet wurde, um die Anzahl der gleichzeitig berücksichtigten Handlungsoptionen zu reduzieren,

Im Mob- Ψ -Modell wird nun sowohl für mögliche Startzeitpunkte als auch für mögliche Verkehrsmittel eine Erinnerungsstärke operationalisiert. Sie wird zum einen als Maß dafür angesehen, wie einfach einem der Startzeitpunkt bzw. das Verkehrsmittel einfallen, wenn man über mögliche Durchführungsoptionen nachdenkt; sie wird zum anderen als Maß für den kognitiven Aufwand angesehen, der für das Bedenken der Modifikation des bestehenden Wochenablaufs angenommen wird:

- Bezüglich des Startzeitpunkts wird das Üblichkeitsprofil der Aktivitätsvorhaben herangezogen (vgl. Abb. 36): Vereinfacht gesagt, ist die Erinnerungsstärke um so höher, je weniger andere Durchführungen gegebenenfalls verschoben werden müssen, um die Durchführung möglich zu machen, und je üblicher die Durchführung zu diesem Zeitpunkt ist.
- Bezüglich der Verkehrsmittel wird ähnlich wie bei den Aktivitätsvorhaben gearbeitet: Jedem Verkehrsmittel wird eine subjektive Planungsrangfolge zugeschrieben (vgl. Abb. 43), in der sich subjektive Gewohnheiten ausdrücken.

Bei der Optionserstellung wird nun wie folgt vorgegangen:

- Zunächst werden mögliche Startzeitpunkte (incl. solcher, die nur durch Verschieben anderer Durchführungen möglich sind) ermittelt. Mögliche Startzeitpunkte sind solche, die drei Bedingungen erfüllen: 1) Sie sind nicht durch Aktivitätsdurchführungen belegt bzw. können frei geschoben werden. 2) Sie werden durch das Üblichkeitsprofil als möglicher Zeitpunkt nahegelegt. 3) Es gibt eine erwogene Gelegenheit, die zu diesem Zeitpunkt geöffnet hat; haben mehrere der erwogenen Gelegenheiten geöffnet, werden für jede geöffnete Gelegenheit mögliche Durchführungszeiten gebildet. Die Schnittmenge dieser drei Bedingungen führt zu den möglichen Durchführungszeitfenstern; jede 15-te Minute aus so einem Durchführungszeitfenster wird nun als möglicher Startzeitpunkt angesehen. Die derartig ermittelten Startzeitpunkte werden nach dem Umfang der gegebenenfalls notwendigen Verschiebung und bei gleichem Umfang der notwendigen Verschiebung nach Üblichkeit (zeitliche Lage im Üblichkeitsprofil) sortiert.
- In der dadurch gegebenen Reihenfolge (siehe Zeilenfolgen in der Tabelle in der Abb. 39) werden nur solange Optionen durch Permutation über Verkehrsmittel auf dem Hin- und Rück- bzw. Weiterweg gebildet, bis insgesamt sieben Startzeitpunkte Optionen gebildet haben. (Die Zahl sieben ist ein Programmparameter, der variiert werden kann; er wurde zunächst eingedenk der Ergebnisse zur Größe des Kurzzeitgedächtnisses (vgl. Kap. 11.2.3.1.) auf sieben gesetzt; hier ist aber bspw. im Zuge einer Weiterentwicklung eine Modulation durch den Auflösungsgrad vorstellbar.)
- Dabei werden für jede Kombination aus Startzeitpunkt und Standort zunächst alle Verkehrsmittel mit der höchsten Planungsrangfolge berücksichtigt, d.h. es werden alle (aufgrund von Sachlogik und Wegezeiten) möglichen Optionen gebildet. Es wird nur dann versucht, Optionen mit Verkehrsmitteln der jeweils nächst niedrigeren Planungsrangfolge zu bilden,

wenn gar keine Optionen mit Verkehrsmitteln höherer Planungsrangfolge gebildet werden konnten.

- Die derartig gebildete Optionsmenge wird nach dem bereits beschriebenen Verfahren (vgl. Kap. 20.1.2.) vergleichend bewertet, und eine Option wird ausgewählt und in den beabsichtigten Wochenablauf eingetragen.

Auch bei diesem Verfahren wird eine zunächst unplausibel hoch erscheinende Anzahl von Optionen in der Größenordnung einiger Duzend gebildet, und es gibt noch ein stochastisches Element, das es der PSI-Theorie zu Folge nicht geben dürfte. Dies wird wie folgt gerechtfertigt:

1) Im Rahmen der Ausführungen zur Denkpsychologie wurde bereits geschildert (vgl. Kap. 12.1.), dass davon auszugehen ist, dass es einerseits intentionale, kontrollierte, bewusste, sequentiell und damit vergleichsweise langsam ablaufende Prozesse gibt und dass es andererseits automatische, unbewusst, parallel und damit vergleichsweise schnell ablaufende Prozesse (Hussey, 1998, S.56) gibt. Dazu kann man „Beim heutigen Kenntnisstand ... mit einiger Sicherheit behaupten, daß alle bewußten (intentionalen, kontrollierten) kognitiven Prozesse durch vorausgehende und/oder parallel ablaufende automatisierte Prozesse beeinflusst werden“ (Hussey, 1998, S.131). Daher wird davon ausgegangen, dass auch die hier geschilderten Prozesse zu einem guten Teil unbewusst ablaufen und dass bewusst nur zwischen einigen wenigen Möglichkeiten entschieden wird.

2) Das stochastische Element wird zudem damit gerechtfertigt, dass die Personen und Haushalte durch ein statistisches Verfahren erzeugt werden und dass dieses statistische Verfahren lediglich den Anspruch erhebt, dass das statistische Mittel des Verhaltens stimmig ist, aber nicht zwangsläufig das Verhalten der Einzelpersonen und -haushalte (ausführlicher siehe Kap. 20.7.). Zudem bildet die vorgenommene Modellierung nur einen Ausschnitt der Lebenswelt ab, und somit sind nicht zwangsläufig alle relevanten Faktoren im Modell berücksichtigt. Daher erfolgt durch das stochastische Element eine gewisse Variation, welche die Ergebnisse sowohl auf der Ebene einzelner Personen als auch auf der Ebene der aggregierten Gesamtergebnisse plausibler erscheinen lässt.

An dieser Stelle ist auch noch einmal auf die drei Ebenen der Handlungsregulation einzugehen, so wie sie von der PSI-Theorie postuliert werden: Das hier beschriebene Verfahren berücksichtigt all jene Handlungsweisen, die Automatismen sind, die erinnert werden bzw. die aus der Neukombination von vorhandenem Wissen erwachsen.

Darüber hinaus gibt es jedoch im Rahmen des Modells auch ein Pendant zum ‚Herumprobieren‘, da es aufgrund der Logik des Gesamtsimulationskonzepts möglich ist, dass Personen die ihnen ‚aufgetragenen‘ Aktivitätsvorhaben mit den ihnen zugewiesenen Ressourcen nicht lösen können. Denn wenn zwar eine erwogene Gelegenheit erreichbar, aber überfüllt ist, so erfolgt eine sogenannte

Gelegenheitswahl, d.h. in der Nachbarschaft der erwogenen Gelegenheit wird in der Menge aller Gelegenheiten eine geöffnete, nicht ausgelastete Gelegenheit gesucht und gegebenenfalls gewählt. Wenn eine erwogene Gelegenheit nicht erreichbar ist (wegen Wegegeld und/oder -zeit), so erfolgt eine sogenannte *Suchraumwahl*, d.h. in der Nachbarschaft von Wohnung und Arbeits- bzw. Ausbildungsplatz wird in der Menge aller Gelegenheiten eine geöffnete, nicht ausgelastete Gelegenheit gesucht und gegebenenfalls gewählt (vgl. Abb. 44). Hiermit wird also auch das Wissen über die Umwelt erweitert und es erfolgt ein Lernen (detailliert siehe folgendes Kap. 20.3.).

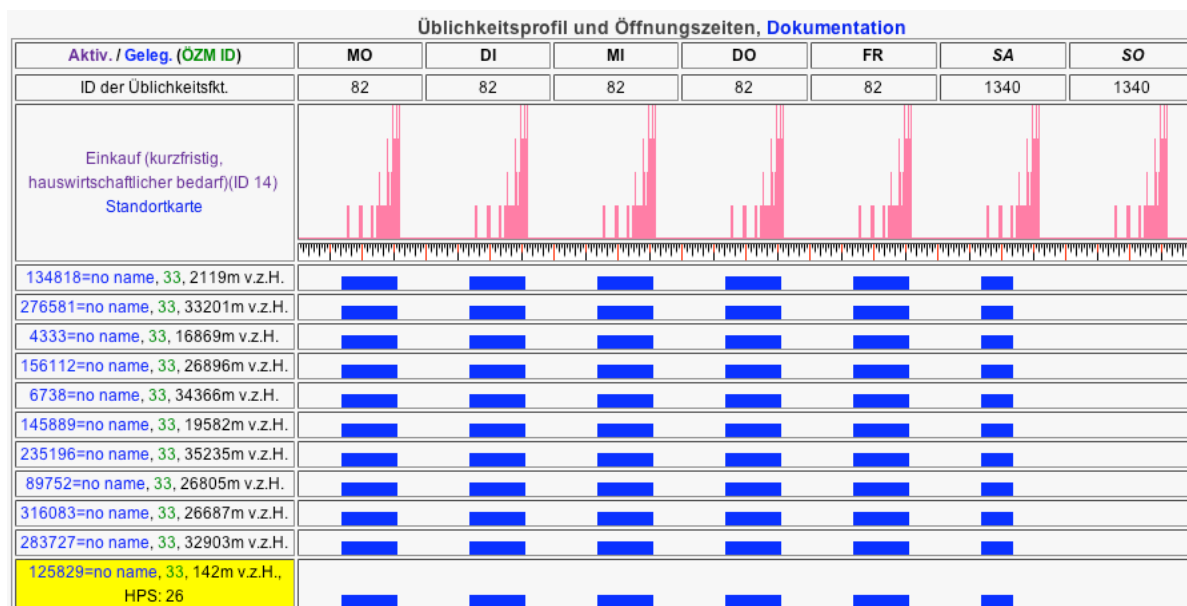


Abb. 44: Demonstration Suchraumwahl

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die obere Abbildung zeigt das Einfügen einer Aktivität ‚Einkaufen (kurzfristig, hauswirtschaftlicher Bedarf)‘, bei dem eine sogenannte Suchraumwahl erfolgte: Alle anderen Aktivitäten am Dienstag erfolgen bislang zu Hause (denn außer zu dem eingefügten Einkaufen gibt es ansonsten keine Wege). Wird nun für Dienstag ein Einkaufen geplant, so sind alle zugewiesenen erwogenen Gelegenheiten (siehe untere Abbildung) zu weit weg (siehe die in schwarz geschriebene Distanz in Metern von zu Hause (v.z.H.) in der linken Spalte), als dass eine tolerable Option gefunden wird (denn es gibt Toleranzgrenzen für die Wegezeit und das Wegegeld für diese Aktivität). Dementsprechend erfolgt eine Suchraumwahl, die eine passende Gelegenheit in der Nähe von zu Hause findet und diese zu den erwogenen Gelegenheiten hinzufügt; dies ist die letzte Zeile mit gelb hervorgehobener erster Spalte in der Liste erwogener Gelegenheiten.

Die Wirksamkeit dieses Mechanismus ist auch statistisch nachweisbar (siehe Kap. 22.1.): Er führt dazu, dass Aktivitätsvorhaben mit Aktivitäten, die eine Gelegenheitswahl erlauben (vgl. Abb. 37), im Großen und Ganzen eine höhere Erfolgsrate haben, d.h. das Verhältnis von Ist-Durchführungen zu Soll-Durchführungen (Zielerreichungsquote) ist größer.

Abschließend ist zudem noch einmal zusammenfassend darauf einzugehen, wie das psychische System mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem umgeht. Denn wie gezeigt wurde (Kap. 17.), sind dies Probleme, die

sich in nahezu jedem Bereich organisierten menschlichen Handelns stellen dürften. Und dies sind NP-Probleme, d.h. es gibt zu viele mögliche Handlungsoptionen, als dass diese alle seitens eines Menschen oder eines Computersimulationsmodell ermittelt und bewertet werden könnten. Das psychische System beschränkt sich nun durch folgende Mechanismen auf eine verarbeitbare Menge an Informationen:

Zum Ersten sorgt das Zusammenspiel von Top-Down- und Bottom-Up-Wahrnehmung (vgl. Kap. 15.1.8.) dafür, dass das kognitive System nicht unter einer Informationsflut begraben wird, indem nicht alle in der Umwelt wahrnehmbaren Objekte und Sachverhalte auch tatsächlich bewusst wahrgenommen werden, sondern nur jene, die im Aufmerksamkeitsfokus liegen. Die Wahrnehmung wird im Mob- Ψ -Modell allerdings nicht explizit modelliert, sondern wird gegebenenfalls in sehr eingeschränkter Form im Zusammenhang mit Lernen abgebildet werden (siehe Kap. 20.3.).

Zum Zweiten wird der Neuerwerb von Wissen – d.h. das Ausmaß an spezifischer und diversiver Exploration – mithilfe der Modulatoren Bestimmtheit und Kompetenz an die Umwelтанforderungen und an die eigenen Bewältigungsfähigkeiten angepasst (vgl. Kap. 15.2.); damit beschränkt sich das Wissen des psychischen Systems über die Welt auf einen Teilausschnitt. Dies wird im Mob- Ψ -Modell durch die Zuweisung von bekannten Gelegenheiten und durch die Zuweisung von abstrahiertem Wissen über das Verkehrsnetz (bspw. in Form von Durchschnittsgeschwindigkeiten bestimmter Verkehrsmittel, s.o.) abgebildet. Dieses Wissen wird dann gegebenenfalls durch Lernen (siehe Kap. 20.3.) modifiziert; so wurde exemplarisch die Gelegenheits- und Suchraumwahl implementiert.

Zum Dritten sorgt der Absichtsselektionsmechanismus dafür (vgl. Kap. 15.2. und 15.4.), dass die Bedürfnisse eines nach dem anderen handlungsleitend sind; damit erfolgt ein sukzessives Erstellen des gesamten Handlungsverlaufs und es werden immer nur lokale Probleme gelöst – nämlich wie befriedige ich jetzt oder in der Zukunft das aktuell drängende; dabei werden aggregierte Erfahrungen durch Anspruchsniveaus und Toleranzgrenzen lokal wirksam. Die Umsetzung dieses Konzepts wurde im Kap. 20.1. erläutert.

Zum Vierten sorgen dabei die Abarbeitung der Handlungsleiter (s.o.) und der damit erfolgende kontinuierlich zunehmende Erinnerungsaufwand dafür, dass nur so viel Wissen wie gerade eben nötig zur Erstellung eines Handlungsplans aktiviert wird. Die Umsetzung dieses Konzepts wurde weiter oben in diesem Kap. 20.2. erläutert.

20.2.4. Zusammenfassung

Folgende Konzepte wurden bestätigt bzw. gerechtfertigt:

- Trennung von Planen, Durchführen und Erfahren
- sukzessive Füllung des Wochenplans mit Durchführungen

- Verwendung eines stochastischen Elements bei der Optionsauswahl

Die Einführung folgender Konzepte wurde initiiert:

- Reduktion der Anzahl der berücksichtigten Handlungsoptionen
- Erstellung der Optionen in Reihenfolge der Erinnerungsstärke
- Erweiterung des Umweltwissens durch ‚Herumprobieren‘

20.3. Gedächtnis und Lernen

20.3.1. Fragen und Probleme

Wie bereits angekündigt, erfolgen in diesem Kapitel 20.2. die psychologische Überprüfung, Beurteilung und Übernahmeentscheidung bezüglich der verwendeten gedächtnis- und lerntheoretischen Konzepte; auf Basis dieser Diskussion werden dann die vorgenommenen psychologischen Weiterentwicklungen begründet und erläutert.

So ist aus psychologischer Perspektive

- auf die psychische Repräsentation der städtischen Umwelt (und damit auch auf die Bekanntheit von manipulativen und lokomotiven Operatoren und ihren Wirkungen),
- auf den Verzicht einer Modellierung von Wahrnehmung und
- auf die Abbildung von Lernen einzugehen.

20.3.2. Theoretische Wiederaufnahme

Im allgemeinsten Sinn versteht man unter Gedächtnis „die Fähigkeit von Organismen, Informationen zu speichern, das heißt mehr oder minder lang aufzubewahren, so daß Information über vergangene Ereignisse das aktuelle Verhalten beeinflussen kann“ (Claus et al., 1976). Auf diese Begriffsbestimmung bezogen, besteht Lernen kurz gesagt „in der Ausbildung oder Korrektur von individuellem Gedächtnisbesitz“ (Klix, 1971, S.348 zitiert nach Bredenkamp, 1998, S.45).

Anders ausgedrückt, stellt das Gedächtnis also eine individuelle Repräsentation der äußeren Gegebenheiten dar, welches als Basis für ein (Wieder)Erkennen von Umweltgegebenheiten und einer darauf basierenden Handlungsselektion von zielführenden Verhaltensweisen dient; diese Repräsentation wird durch Lernen erweitert und an Veränderungen der Umwelt angepasst.

20.3.3. Theoriebasierte Interpretation und Weiterentwicklung

Alle in den vorhergehenden Kapiteln zur Motivation und Handlungsregulation beschriebenen Eingangsdaten und Modellparameter sind in diesem Sinne als Gedächtnisinhalte zu interpretieren.

Diese sind insbesondere

- die Aktivitätsvorhaben, welche im Wesentlichen durch Besinnung erworbenes Wissen repräsentieren, wann was wie häufig und wie lange gemacht werden sollte, um eine akzeptable Lustbilanz zu erreichen (Ziele),
- die den Aktivitätsvorhaben zugeordneten erwogenen Gelegenheiten, welche im Wesentlichen durch Erfahrung und Ausprobieren erworbenes Wissen repräsentieren, in welchen Situationen (Standorten) dies möglich ist (Ziele),
- die Toleranzgrenzen für Wegezeiten und -kosten, die im Wesentlichen durch Abstraktion und gegebenenfalls Besinnung erworbenes Wissen über das übliche und damit akzeptable Ausmaß an Bedürfnisbefriedigungen und -entstehungen repräsentieren (Anforderungs- und Toleranzniveaus),
- die Wegezeit und Wegegeldbudgets und die Entscheidungsfunktionen, die im Wesentlichen durch Besinnung erworbenes Wissen darstellen, das lokale Entscheidungen an globale Randbedingungen anpasst (Bewertung von Handlungsoptionen) und die Werthaltungen ausdrücken,
- die Planungspriorität der Aktivitätsvorhaben und der Verkehrsmittel und das Üblichkeitsprofil der Aktivitätsvorhaben, die im Wesentlichen durch Ausführung ausgeprägte Gedächtnisstärken repräsentieren, welche die Erinnerbarkeit und damit die Nutzung von Gedächtnisinhalten bedingen (Reihenfolge der Erstellung von Handlungsoptionen) und
- die Faktoren für die Abschätzung der Wegelänge aus der Luftliniendistanz und die multiplikativen Faktoren für die Ableitung von Wegegeld und -zeit aus der Wegelänge, die im Wesentlichen ein sehr stark vereinfachtes abstraktes Wissen über das Verkehrsnetz der Stadt repräsentieren, welches durch Erfahrung und Ausprobieren gewonnen wird.

Gemeinsam bilden diese Gedächtnisinhalte in der Sprache der PSI-Theorie die Wert- und Wirkwelt des entwickelten Alltagsorganisationsmodells ab. In der Sprache des Problem- bzw. Zustandsraums ist dies das Wissen über manipulative und lokomotive Operatoren. Dies ist naturgemäß nicht vollständig, aber genau dies ist die Leistung der menschlichen Informationsverarbeitung:

So sorgt zum einen das Zusammenspiel von Bottom-Up- und Top-Down-Wahrnehmung dafür, dass das kognitive System nicht unter einer Informationsflut begraben wird, denn nicht alle in der Umwelt sichtbaren Objekte werden auch tatsächlich bewusst wahrgenommen, sondern nur jene, die im Aufmerksamkeitsfokus liegen. Zum anderen sorgt das Zusammenspiel der Bedürfnisse und Steuergrößen Bestimmtheit und Kompetenz und ihre modulierende Wirkung auf alle ablaufenden psychischen Prozesse dafür, dass der ‚Arbeitsmodus‘ des kognitiven Systems an verschiedene ‚Verarbeitungsanforderungen‘ und ‚Bewältigungsfähigkeiten‘ adaptiert wird; dazu gehören auch die Ausrichtung der Aufmerksamkeit und der angemessene Einsatz von

spezifischer und diversiver Exploration, durch die vorhandene Wissensbestände erweitert werden.

Wo sind nun diese durch Ausführung, Erfahrung, Abstraktion und Besinnung ausgelösten Lernprozesse im Rahmen des Simulationsmodells zu verorten?

Sicherlich nicht in der kurzfristigen Relaxationsschleife, da deren Durchlaufen eine technisch bedingte Notwendigkeit ist, welche die Konsistenz der gleichzeitigen Durchführung aller Wochenabläufe gewährleistet. Im Rahmen dieser Schleife und damit im Rahmen des hier beschriebenen Verkehrsnachfragemodells wird davon ausgegangen, dass auf vorhandenes, als zuverlässig betrachtetes Wissen zurückgegriffen wird und dass dieses Wissen hier nicht modifiziert wird, d.h. hier wird im psychologischen Sinne nicht gelernt (auch wenn manche Verkehrsmodelle dies so interpretieren (vgl. Kap. 5.7.4.)). Dementsprechend kann hier auch auf Modellierung von Wahrnehmung (durch die u.a. neues Wissen zugänglich wird) verzichtet werden.

Ausnahme hiervon sind zwangsläufig, wie bereits angedeutet, die Lernprozesse, die zu einer konsistenten Auslastung der Infrastrukturen, d.h. der Auslastung von Verkehrsnetzen und Gelegenheitskapazitäten, führen: So werden im Rahmen der Planung die Reisezeiten genutzt, die aus der aktuell ermittelten Verkehrsnetzauslastung resultieren, und es wird die Auslastung von Gelegenheiten berücksichtigt und gegebenenfalls auf andere Gelegenheiten ausgewichen (= Gelegenheits- und Suchraumwahl).

Zu verorten sind die Lernprozesse im vorliegenden Simulationskonzept in der Schleife, in der auch die sogenannten mittelfristigen Entscheidungen getroffen werden, denn diese Schleife bildet die Entscheidungen ab, die von den Akteuren als Konsequenzen aus den Erfahrungen im alltäglichen Verkehrsgeschehen gezogen werden.

Während dabei ausführungsbedingte Modifikationen lediglich die Gedächtnisstärken durch Nutzung derselbigen verändern, kommen durch Erfahren (ich sehe im Vorbeifahren etwas) und Ausprobieren (das eigentliche Geschäft war geschlossen, deshalb habe ich ein anderes, am Wege liegendes genutzt) neue Gedächtnisinhalte hinzu, d.h. die Wirkwelt wird verändert. Durch Besinnen hingegen wird die eigene Wertwelt verändert, d.h. Bewertungen, Präferenzen, Entscheidungsfunktionen etc. werden modifiziert.

Diese Lernprozesse sind im Gesamtsimulationskonzept im Rahmen der Bevölkerungs(entwicklungs)modelle (der Projektpartner IRPUD und ISB) anzusiedeln bzw. in der mittelfristigen Schleife wäre ein entsprechendes Lernmodul (des IfTP) zu ergänzen. Dementsprechend finden – teils durch das hier beschriebene Verkehrsnachfragemodul und teils durch die Module der Projektpartner – Auswertungen und Aggregationen der durchgeführten Wochenabläufe statt, auf Basis derer Daten verändert werden, welche die Agenten beschreiben; d.h. ihr ‚Gedächtnis‘ wird modifiziert. So werden bereits

vom hier beschriebenen Verkehrsnachfragemodell folgende Meldungen (nach dem letzten Durchlauf der Relaxationsschleife) für die Bevölkerungsmodelle erzeugt:

- Jede erfolgte Gelegenheits- und Suchraumwahl (vgl. Kap. 20.2.3.) wird mit Auslöser und gefundener Lösung beschrieben.
- Jede Aktivitätsübertragung (vgl. Kap. 20.4.1.) zwischen Mitgliedern eines Haushalts wird mit Übertragendem, Übertragenem und Ausführendem beschrieben.
- Die vorgegebenen Budgets (für Aktivitätszeit pro Oberkategorie, Wegegeld und -zeit; vgl. Kap. 20.1.2.) und ihre tatsächliche Ausschöpfung werden beschrieben.

Es muss aber ergänzt werden, dass diese Rückkopplungen wegen der auftretenden Datenprobleme (siehe Kap. 20.7. und Kap. 21.) letztlich nicht mehr ausgetestet werden konnten.

20.3.4. Zusammenfassung

Das folgende Konzept wurden bestätigt:

- Verzicht auf die Wahrnehmungsmodellierung

Die Einführung folgender Konzepte wurde initiiert:

- erste Ansätze zur Abbildung von Lernen
 - durch die Einführung der Gelegenheits- und Suchraumwahl
 - durch die Einführung von Auswertungsmeldungen an die mittelfristige Schleife

20.4. Interaktionen

Bislang wurde auf die Modellierung des einzelnen Agenten eingegangen; in diesem Kapitel (Kap. 20.4.) hingegen geht es um die Abbildung der Interaktionen der Agenten, denn ‚Städtische Mobilität‘ wird durch das ILUMASS-Gesamtmodell als Multagentensystem abgebildet.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen den

- neu eingeführten und sozial vermittelten Abstimmungsprozessen innerhalb des Haushalts und zwischen Haushalten (Kap. 20.4.1. und 20.4.2.) und
- den durch das Gesamtsimulationskonzept vorgesehenen, durch Auslastungserfahrungen vermittelten Abstimmungsprozessen innerhalb des Gesamtsystems Stadt (Kap. 20.4.3.).

20.4.1. Soziale vermittelte Abstimmungsprozesse im Haushalt

Ein Modellierungsziel (vgl. Kap. 7.1.4.) ist die Abbildung der Haushaltsorganisation: Denn dort werden Versorgungsaktivitäten, Aufsichts- und Begleitnotwendigkeiten etc. verteilt und insbesondere der Zugriff auf Verkehrsmittel

geregelt. Nur durch Berücksichtigung derartiger Prozesse ist es bspw. möglich, das Zurverfügungstehen eines Autos für andere Haushaltsmitglieder abzubilden, falls bspw. der Hauptnutzer durch eine entsprechende Maßnahme auf den ÖPNV verlagert wurde.

Voraussetzung für die Abbildung der sozialen Interaktionen ist aber zunächst einmal eine entsprechende Abbildung des einzelnen Agenten. Daher lag hierauf auch der Schwerpunkt der Arbeiten und die Abbildung der Haushaltsorganisation konnte nicht soweit vorangetrieben werden, wie es wünschenswert gewesen wäre. Nichtsdestotrotz konnten im Rahmen des Mob-Ψ-Modells einige wesentliche Punkte abgebildet werden:

So erfolgt zum Ersten eine Verteilung des Mobilitätsgeldbudgets des Haushalts auf die einzelnen Haushaltsmitglieder (vgl. Abb. 45); diese Verteilung richtet sich zum einen nach dem Alter und zum anderen nach dem Erwerbs- bzw. Ausbildungsstatus.

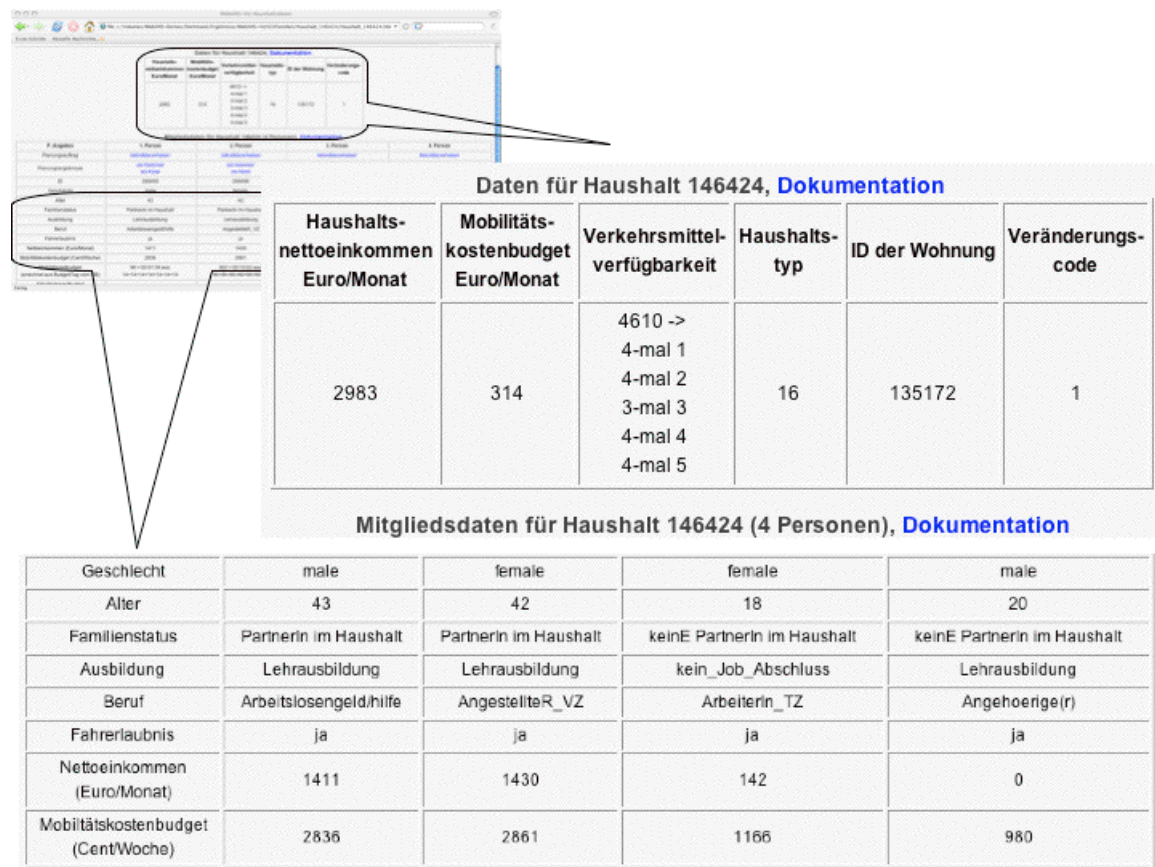


Abb. 45: Demonstration der Ermittlung des Haushaltsnettoeinkommens und der Verteilung des Mobilitätskostenbudgets

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Das Haushaltsnettoeinkommen ergibt sich aus den Nettoeinkommen der Haushaltsmitglieder ($1.411 + 1.430 + 142 + 0 = 2.983$); diese Daten werden vom Bevölkerungsanreicherungsmodul des ISB erzeugt. Ein Teil dieses Geldes wird für Mobilität vorgesehen, nämlich 314 € pro Monat (bzw. ca. 7.850 Cent pro Woche); auch dieser Wert wird vom Bevölkerungsanreicherungsmodul des ISB vorgegeben. Dieses Mobilitätsbudget wird nun in Abhängigkeit vom Alter und dem Erwerbs- bzw. Ausbildungsstatus (= Beruf) auf die Haushaltsmitglieder

verteilt (2.836 + 2.861 + 1.166 + 980 = 7.843 Cent, Abweichung zu 7.850 Cent durch vernachlässigbare Rundungsfehler).

Zum Zweiten werden motorisierte Individualverkehrsmittel wie das Auto zeitlich nachgehalten, d.h. falls ein Familienmitglied mit einem haushaltseigenen Auto unterwegs ist, kann ein anderes Familienmitglied dieses Auto nicht nutzen (vgl. Abb. 46).

no MIV	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
3	268496	268496	268496	268496	268496	268498	-
	268497	268497	268497	268497	-	268495	-
	-	268498	268498	268498	-	-	-

Abb. 46: Demonstration der konsistenten Nutzung eines motorisierten Individualverkehrsmittels (MIV)

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Wie die Abb. 43 zeigt (Verkehrsmittelverfügbarkeit), gibt es in diesem Haushalt drei motorisierte Individualverkehrsmittel (MIV): Die MIV werden nun nachgehalten, sodass ein bestimmtes MIV nur von einem der Haushaltsmitglieder zur gleichen Zeit genutzt werden kann. Entsprechend weist die obere Tabelle drei Zeilen auf (eine pro MIV), in denen für jeden Wochentag die Person vermerkt ist (als ID), die das entsprechende MIV an diesem Tag nutzt. (Momentan wird vereinfachend davon ausgegangen, dass das MIV bei der ersten Nutzung an einem Wochentag durch ein Haushaltsmitglied in den Planungen der anderen Haushaltsmitglieder für diesen Wochentag nicht mehr zur Verfügung steht; die zeitliche Auflösung kann bei Bedarf leicht verfeinert werden.)

von Person Index/ID	von AV Index/ID	von Tag	nach Person Index/ID	nach AV Index/ID
0/268495	0/9128806 Hauswirtschaftliche Tätigkeiten	TUESDAY	2/268497	1/9128874
0/268495	0/9128806 Hauswirtschaftliche Tätigkeiten	SUNDAY	2/268497	1/9128874

Abb. 47: Demonstration Übertragung (Transfer) von Aktivitäten im Haushalt

Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die Tabelle zeigt, dass für die geplante Woche in diesem Haushalt zweimal die Person mit dem ID 268495 eine Durchführung der Aktivität ‚Hauswirtschaftliche Tätigkeiten‘, spezifiziert durch das Aktivitätsvorhaben mit dem ID 9128806, auf ein anderes Haushaltsmitglied (mit dem ID 268497) übertragen hat. Ursache dafür ist, dass die Person selbst keine Kapazitäten (Geld, Zeit) mehr frei hatte, um diese zu erledigen, die Person, auf die übertragen wurde, aber schon.

Zum Dritten kann ein Haushaltsmitglied bestimmte Aktivitäten (bspw. Einkaufen, Putzen etc.) auf andere Haushaltsmitglieder übertragen (vgl. Abb. 47). Die Wirksamkeit dieses Mechanismus ist auch statistisch nachweisbar (siehe Kap. 22.1.): Er führt dazu, dass Aktivitätsvorhaben übertragbarer Aktivitäten im Großen und Ganzen eine höhere Erfolgsquote haben, d.h. das Verhältnis von Ist-Durchführungen zu Soll-Durchführungen (Zielerreichungsquote) ist größer.

Für die letzten beiden Punkte (Nachhalten motorisierter Individualverkehrsmittel, Aktivitätsübertragung) wurde zum Vierten eine ‚haushaltsweite‘ Planungsreihenfolge eingeführt, d.h. es planen nicht alle Haushaltsmitglieder nacheinander, sondern ineinander verschränkt, indem die Planungsprioritäten der Aktivitätsvorhaben aller Haushaltsmitglieder in eine Rangfolge gebracht werden, die darüber entscheidet, welches Aktivitätsvorhaben als nächstes eine Unterbringung plant (vgl. Abb. 48). Dadurch wird sichergestellt, dass bei der gemeinsamen MIV-Nutzung (s.o.) das MIV der Aktivitätsplanung zur Verfügung steht, die haushaltsweit die höchste Priorität hat, und dass beim Transfer von Aktivitäten nur dann Aktivitäten delegiert werden können, wenn die Ausführung der delegierten Aktivität eine höhere Priorität hat als die noch ausstehenden Aktivitätsdurchführungen der Person, an die delegiert wird.

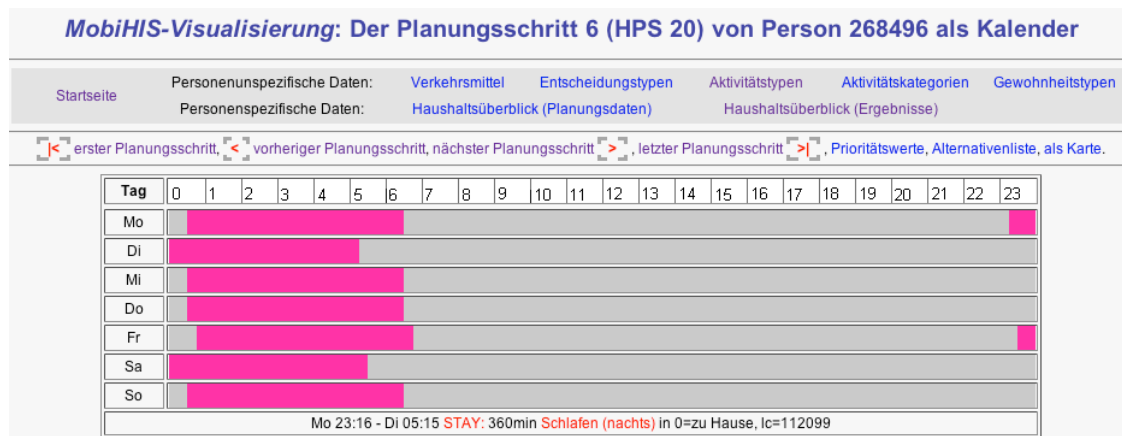


Abb. 48: Demonstration der ‚haushaltsweiten‘ Planungsreihenfolge
 Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Man sieht, dass der 6. Planungsschritt der Person, haushaltsweit betrachtet (HPS = Haushaltsplanungsschritt), der 20. Planungsschritt ist.

20.4.2. Soziale vermittelte Abstimmungsprozesse zwischen Haushalten

Es gibt Aktivitäten, deren Ziel nicht ein klassischer Standort (Arbeitsstelle, Geschäft, Freizeiteinrichtung), sondern ein anderer Haushalt ist; dies ist insbesondere das Besuchemachen, teils mit dem Ziel, eine nette Zeit zu verbringen, teils mit dem Ziel, Hilfe zu geben (bspw. im Haushalt oder bei der Versorgung) oder auch zu erhalten (bspw. Unterricht oder Nachhilfe bekommen).

Als ein erster exemplarischer Ansatz zur Beschreibung solcher Prozesse wurde eine Aktivität ‚Besuchen‘ eingeführt, deren räumliches Ziel nicht ein klassischer Standort, sondern ein anderer Haushalt ist.

20.4.3. Durch Auslastungserfahrungen vermittelte Abstimmungsprozesse in der Stadt

Die wesentliche Interaktion der Agenten erfolgt jedoch durch die gleichzeitige Ausführung der beabsichtigten Wochenabläufe. Diese bewirken eine bestimmte Auslastung der Infrastrukturen (Verkehrsnetze und Standorte), die insbesondere zu Verzögerungen in der Ausführung führen (Stau) oder diese gänzlich unmöglich machen können (volles Kino).

Die Auslastung der Infrastrukturen wird durch die Verkehrsflusssimulation (des Projektpartners ZAIK) abgebildet. Diese Auslastung wird im Rahmen der Planung des Wochenablaufs berücksichtigt (Reisezeit und Nutzbarkeit der erwogenen Gelegenheit) und durch die Relaxationsschleife erfolgt eine Abstimmung der vermeintlichen und tatsächlichen Auslastung (vgl. Kap. 19.1.), sodass anschließend alle beabsichtigten Wochenabläufe in der vorgesehenen Form gleichzeitig konsistent durchgeführt werden können.

20.5. Sonstige Weiterentwicklungen

Neben den bislang beschriebenen inhaltlich-psychologischen Weiterentwicklungen des Agentenmodells (Kap. 20.1. - 20.3.) und den Weiterentwicklungen der Interaktionen in und zwischen Haushalten (Kap. 20.4.1. und 20.4.2) gab es weitere Weiterentwicklungen, die teils inhaltlicher, teils technischer Natur sind.

So erfolgte zum Ersten eine Verfeinerung der Abbildungsmöglichkeiten der räumlichen Verteilung von Standorten:

- So kann der Raum entweder durch ein Raster abgebildet werden, und einem Standort wird entsprechend eine Rasterzelle zugewiesen. Oder aber ein Standort wird einem Knoten des Verkehrsnetzes zugewiesen, und es wird zudem die Entfernung von diesem Knoten vermerkt.

Zum Zweiten erfolgte eine Weiterentwicklung der Abbildungsmöglichkeiten von Verkehrsmitteln, Verkehrsnetzen und möglichen Wegen mit den Verkehrsmitteln auf den Verkehrsnetzen:

- Jedes Verkehrsmittel verfügt, falls es ein Individualverkehrsmittel mit Parknotwendigkeit ist (Auto), über mehrere Parkvarianten, die unterschiedliche Parkplatzsuchzeiten, -entfernungen und -kosten bedingen. Über diese möglichen Parkvarianten (bewirtschaftetes oder unbewirtschaftetes Parken) wird bei der Erstellung der Handlungsoptionen permutiert (vgl. Abb. 43).

- Individualverkehrsmittel (Auto, Fahrrad) können innerhalb eines sogenannten Ausgangs (Zeitraum vom Verlassen der eigenen Wohnung bis zur Rückkehr) zwischenzeitlich zurückgelassen und wieder abgeholt werden und werden am Ende des Ausgangs wieder nach Hause zurückgebracht (Demonstration siehe Abb. 49).
- Es können Wege mit sogenannten Verkehrsmittelkombinationen geplant werden; dies sind kombinierte Wege wie bspw. mit dem Auto zu einem Park&Ride-Parkplatz fahren und anschließend mit der S-Bahn weiterfahren. Der Standort des Verkehrsmittels wird nachgehalten und dies wird innerhalb des Ausgangs wieder abgeholt und nach Hause zurückgebracht (Demonstration siehe Abb. 49).
- Routen können mittels eines Schätzverfahrens (basierend auf der Luftlinienentfernung) oder aber auch mittels eines Dijkstra-Algorithmus mithilfe einer Schnittstelle zur Verkehrsflusssimulation (des Projektpartners ZAIK) ermittelt werden.

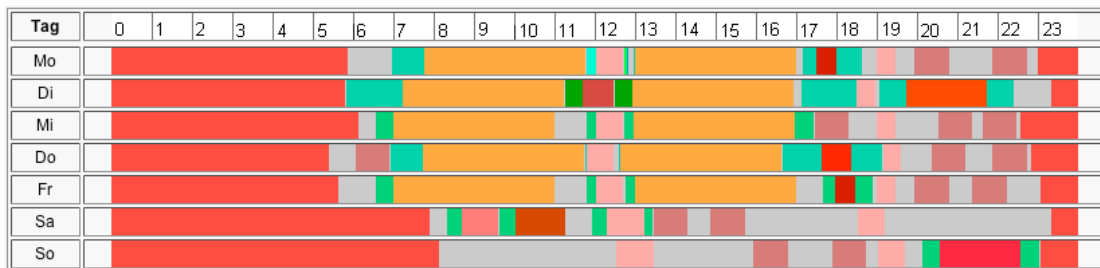


Abb. 49: Demonstration Verkehrsmittelkombination und Ausgang
Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Am Dienstag erfolgt nach dem Schlafen der Weg zur Arbeit zwischen 6 und 7 Uhr mit der Kombination Fahrrad - ÖPNV, d.h. es wird mit dem Fahrrad zur Haltestelle gefahren und das Fahrrad bleibt dort stehen. In der Mittagspause erfolgt ein Behördengang, zu und von dem mit dem Taxi gefahren wird. Nach dem Arbeiten am Nachmittag wird mit der Kombination ÖPNV - Rad zu einem Restaurant gefahren und das Abendessen eingenommen; dabei wird das Rad an dem Standort abgeholt, an dem es morgens abgestellt wurde. Anschließend geht es mit dem Fahrrad zum Sport und anschließend nach Hause zum Schlafen.

Zum Dritten erfolgte eine Weiterentwicklung der Abbildungsmöglichkeiten und der Plausibilität des eigentlichen Planungsalgorithmus:

- Es wurden sogenannte Abstandskategorien eingeführt, die dafür sorgen, dass Aktivitätsdurchführungen einer Abstandskategorie gewisse zeitliche Abstände einhalten müssen (bspw. müssen zwischen zweimal Essen – egal ob zu Hause, im Restaurant oder bei Freunden – mindestens drei Stunden verstrichen sein; vgl. Abb. 36 und 37).
- Pro möglichem Durchführungszeitfenster (vgl. Kap. 20.2.3.) werden mehrere Startzeitpunkte gebildet.
- Bereits beabsichtigte Aktivitätsdurchführungen können verschoben werden, um andere Aktivitätsdurchführungen zu ermöglichen, allerdings maximal nur um ihre zeitliche Länge.

- Am Ende der Planung, wenn alle ‚aufgetragenen‘ Aktivitätsvorhaben abgearbeitet sind, wird ein durch den Planungsalgorithmus erzeugtes Aktivitätsvorhaben abgearbeitet, das dafür sorgt, dass in nicht zu Hause verbrachten, nicht verplanten Zeiträumen nach Hause zurückgekehrt wird, d.h. der endgültige Wochenablauf hat deutlich weniger zeitliche ‚Löcher‘ (siehe Abb. 50).

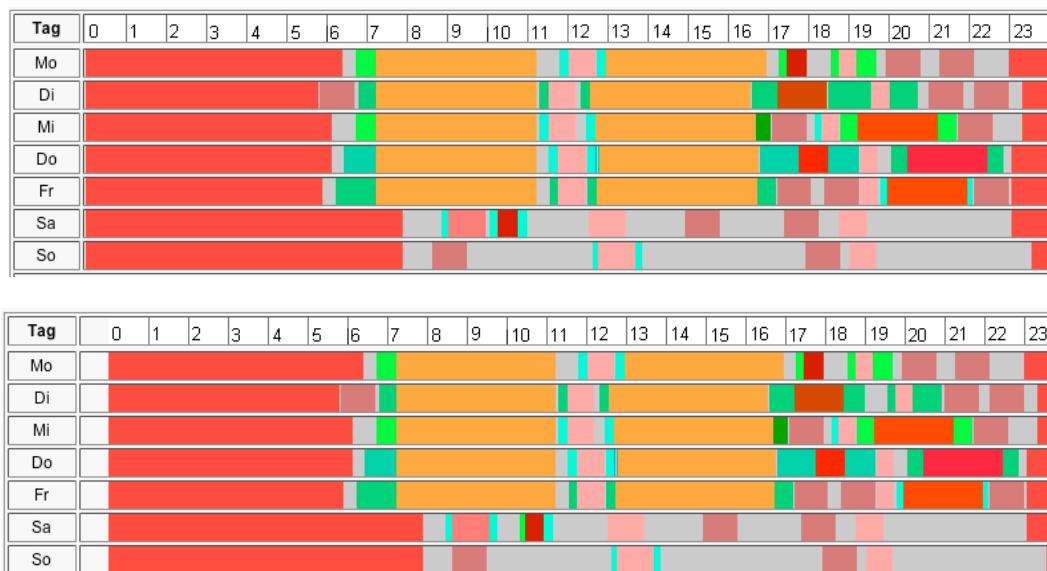


Abb. 50: Demonstration der Verringerung der ‚Leerlaufzeiten‘ außer Haus
Quelle: html-Visualisierung des Wochenplanalgorithmus

Die obere Abbildung zeigt den Planungsstand bevor und die untere Abbildung den Planungsstand nachdem das Aktivitätsvorhaben zum Planen gekommen ist, welches das Zurückkehren nach Hause in Leerzeiten bewirkt, die ansonsten außerhalb verbracht würden: Man sieht, dass am Samstag zwischen der zweiten und dritten Aktivität ein Weg hinzugekommen ist, d.h. es wird nicht mehr direkt vom Friseur zum Einkaufen gegangen, sondern zwischendurch wird für eine knappe Stunde nach Hause zurückgekehrt. Zudem sieht man, dass am Dienstagabend zwischen dem Einkaufen von ca. 17:30 h bis ca. 18:30 h und dem Essengehen von ca. 19:30 h bis 20:00 h ebenfalls ein weiterer Weg hinzugekommen ist, sodass zwischendurch ca. 45 Minuten zu Hause verbracht werden.

Zum Vierten wurde die sogenannte Event-Charakterisierung eingeführt: Gelegenheiten unterscheiden sich prinzipiell darin, ob eine Aktivitätsdurchführung zu jedem beliebigen Zeitpunkt innerhalb der Öffnungszeiten begonnen werden kann oder nicht. Bspw. kann in einem Supermarkt zu jedem beliebigen Zeitpunkt während der Öffnungszeiten mit Einkaufen begonnen werden; in einem Kino kann jedoch mit dem Filmanschauen nur zu bestimmten Zeitpunkten begonnen werden. Letzteres wird als Gelegenheit mit *Event-Charakter*, Ersteres als Gelegenheit ohne *Event-Charakter* bezeichnet. Für Gelegenheiten mit Event-Charakter wird so verfahren, dass die erste Minute jeder Öffnungszeit als mögliche Beginnminute einer Aktivitätsdurchführung interpretiert wird. Eine ebenfalls in den Gelegenheiten vermerkte Reservezeit gibt an, wie viel früher in der Gelegenheit eingetroffen werden soll (für Kartenkauf etc.); diese Zeit erscheint später im Wochenplan als eine nicht mit

Aktivitätsdurchführungen oder Wegen belegte Zeit, die vor der Aktivitätsdurchführung in Gelegenheiten mit Event-Charakter eingeplant wird.

Zum Fünften erfolgten Anpassungen an den verteilten Charakter der Gesamtsimulation:

- Pro Datenobjekt können die Daten auf mehreren Datendateien verteilt sein (bspw. eine Datei mit Personenattributen vom IPRUD, zwei Datendateien vom ISB und eine vom IfTP).
- Zwecks Zeitersparnis kann die Berechnung auf mehrere Rechner verteilt werden.

Zum Sechsten erfolgte eine Erweiterung der Möglichkeiten der Datenspezifikation:

- So wurden bspw. die Aktivitätsvorhaben an den statistischen Charakter der Eingangsdaten des ISB angepasst, indem bestimmte Werte erst beim Einlesen stochastisch ermittelt werden.
- Außerdem wurden viele Daten typisiert.

Zum Siebten wurden last but not least diverse Programmvarianten erhalten, zwischen denen durch bedingte Kompilierung umgeschaltet werden kann; dadurch erfolgen bspw. Anpassungen an die Art und Weise der Datenspezifikation.

20.6. Bestehende Probleme, erkannte Weiterentwicklungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten

20.6.1. Verschränken von Planen und Durchführen

Es wurde bereits darauf hingewiesen (Kap. 20.2.3.), dass die Verschränkung der drei Prozesse Planen, Durchführen und Erfahren eine höchst sinnvolle Weiterentwicklungsperspektive wäre:

Einerseits ist dies von theoretischem Interesse, denn im Rahmen der Differenzierung der PSI-Theorie für den modernen Menschen (Kap. 17.) wurde die Notwendigkeit der Berücksichtigung eines Zeitbezugs, sowohl was die Gedächtnisrepräsentation als auch was die Handlungsplanung betrifft, herausgestellt; dementsprechend wäre eine Anwendung entsprechender Konzepte aus Sicht der Forschung sehr begrüßenswert.

Andererseits wäre diese Verschränkung auch aus der Anwendungsperspektive heraus sehr wünschenswert, wäre dies doch zum einen im Hinblick auf die Abbildung von Routinisierung und auf die damit zusammenhängende Abbildung der von Doherty et al. gefundenen Dreiteilung des Feststehens von Aktivitäten sehr hilfreich und würde zum anderen das durch die Entschränkung verursachte Problem der unplausiblen Leerzeiten außer Haus (Löcher im Wochenplan) lösen helfen:

Denn in jedem Fall sollte ein Wochenplanskelett feststehen, das sich aus Geschehnisschemata solcher Handlungen ergibt, die jede Woche auf die annähernd gleiche Art und Weise erfolgen. Dies sind Routinen, die durch Aktivitätsvorhaben abgebildet würden, die eine sehr eindeutige und prägnante Verteilung der Erinnerungsstärke bezüglich der Durchführungszeiten, der Standorte und gegebenenfalls weiterer Bedingungen wie Verkehrsmittel, Route, begleitende oder begleitete Personen etc. aufweisen würden. Insbesondere wären diese Routinen auch aufeinander abgestimmt, d.h. sie würden nicht in Konkurrenz zueinander stehen bspw. bezüglich Durchführungszeiten oder, haushaltswelt betrachtet, des Zurverfügungstehens eines Verkehrsmittels.

Diese Routinen wirken für Menschen sehr entlastend, entheben sie einen doch der Notwendigkeit, alles (immer wieder neu) bedenken zu müssen; ihre Abbildung würde einerseits ein Alltagsorganisationsmodell deutlich realistischer machen und würde andererseits die Implementierung eines Planungsalgorithmus effektiver machen, indem im Regelfall die Anzahl möglicher Handlungsalternativen stark eingeschränkt würde und die Ermittlung aller weiteren Handlungsoptionen stark ‚kanalisiert‘ würde.

Notwendig dafür wäre

- 1) die Differenzierung der Wirkung von Wert, Routinisierung und Flexibilität bzw. Dringlichkeit einer Durchführung auf den Auswahldruck des Aktivitätsvorhabens (vgl. Kap. 20.2.3.),
- 2) die Ausweitung der Erinnerungsstärkeoperationalisierung auf die erwogenen Gelegenheiten (bislang nur Planungsrang für Aktivitäten und Verkehrsmittel),
- 3) das datenmäßige Zurverfügungstellen eines sinnvollen, realistischen und plausiblen Initialzustands und
- 4) last but not least die Abbildung des zeitlichen Kürzens oder des Aufgebens einer beabsichtigten Handlung, denn auch wenn man üblicherweise etwas macht, kann dies ja weniger wichtig (notwendig, wertvoll etc.) sein als eine weniger stark routinisierte Aktivität, deren Durchführung sich aber erst im Laufe der Zeit ergibt.

Bezüglich des Planungsalgorithmus würde dies heißen, dass zunächst ein Wochenplanskelett feststeht und dass nach und nach Aktivitätsvorhaben auf eine Planung ihrer Durchführung drängen würden, sei es, weil das zugrundeliegende Bedürfnis immer drängender wird, die Durchführungsmöglichkeiten immer eingeschränkter werden (Flexibilität sinkt, Dringlichkeit steigt) oder von anderen Personen der Wunsch nach gemeinsamen Aktivitäten herangetragen wird. Dabei würden zumindest fakultative Aktivitätsdurchführungen zunächst mit ‚maximalen‘ Zeitdauern vorgesehen (denn je mehr, desto besser) und diese Durchführungen würden dann aufgrund des Drucks anderer Aktivitätsvorhaben gekürzt werden oder evtl. sogar entfallen.

Es würde eine Simulationszeit geben, die verstreicht, d.h. 1) vorgesehene Aktivitäten würden durchgeführt, weil sie jetzt beabsichtigt sind, 2) der

Planungsalgorithmus würde auf Abweichungen von Plan und Wirklichkeit reagieren und 3) zwischen tatsächlichen (physischen) und mentalen Handlungen würde unterschieden, womit der zeitliche Verlauf von Planungsprozessen abgebildet würde. Dabei wäre es dann auch möglich, die Bedürfnisse Bestimmtheit und Kompetenz, wie theoretisch vorgesehen, aus den psychischen Prozessen abzuleiten und ihre rückkoppelnde Wirkung auf die psychischen Prozesse abzubilden.

Dieses Vorgehen würde den entstehenden Wochenablauf auch wesentlich realistischer machen, denn wenn eine Aktivitätsdurchführung oder ein Weg abgeschlossen ist, würden nahtlos die folgenden Aktivitätsdurchführungen oder Wege ausgeführt, während hingegen durch die momentane Entschränkung von Planen, Durchführen und Erfahren nicht auf Abweichungen von beabsichtigtem und tatsächlichem Verlauf reagiert werden kann und somit unplausible Leerzeiten („Löcher“) und unplausible Verkürzungen von Durchführungsdauern im Wochenplan entstehen.

20.6.2. Lernen, insbesondere Routinenaufbau, -erhalt und -bruch

Auch die Abbildung von Lernen und die Abbildung des Aufbaus, des Erhalts und des Bruchs von Routinen kommen aufgrund der Entschränkung von Planen, Durchführen und Erfahren viel zu kurz.

Das zuvor geschilderte Verschränkungskonzept ist jedoch eine sehr sinnvolle Basis für die Abbildung eines echten Lernens, welches zum einen in einer Veränderung der Erinnerungsstärke vorhandener Gedächtnisinhalte durch Ausführen und aus der Korrektur von vorhandenen Gedächtnisinhalten durch Erfahrung besteht (bspw. Samstag schließt das Geschäft schon um 13 Uhr; um 7 Uhr braucht man mit dem Auto für den Weg zur Arbeit 20 Minuten, um 8 Uhr aber 40 Minuten).

Zum anderen müsste man aber das Lernen durch Beobachtung (bspw. ich habe registriert, dass ein Bäcker ein neues Geschäft aufgemacht hat) und eine gezielte Beschaffung von Informationen abbilden (bspw. ich schaue in die ‚Gelben Seiten‘, um einen Baumarkt zu finden, oder frage den Nachbarn, welchen Metzger er empfehlen kann), um das Hinzukommen von neuen Gedächtnisinhalten in das Modell zu integrieren.

Zum Ersten müsste man sich also Gedanken über ‚menschliche‘ Fahrtrouten machen; so wurde die Frage, ob ein Dijkstra-Algorithmus eine Route findet, die auch ein Mensch ermitteln würde, bereits aufgeworfen (Kap. 14.2.2.).

Zum Zweiten müsste man überlegen, wie Menschen das Wissen über das städtische Verkehrsnetz repräsentieren, denn sie werden sich zwar einzelne Straßen vorstellen können, aber die zeitliche Dauer eines Weges dürfte abgeschätzt werden und nicht aus der erinnerten Länge der zu befahrenden Straßen und einer vermeintlichen Durchschnittsgeschwindigkeit ermittelt

werden. Eher dürften für Relationen zwischen Ankerpunkten (vgl. Kap. 14.2.1.) gegebenenfalls zeitspezifische Schätzwerte vorliegen.

Zum Dritten müsste man die in der Zustandsraumanalyse (vgl. Kap. 18.3.) herausgearbeiteten informativen Operatoren implementieren.

Zum Vierten müsste man ein Lernen durch Besinnung einführen, durch das Toleranzniveaus und Präferenzen angepasst würden. (Bspw. könnte eine Anpassung der Entscheidungsfunktion für Geld und eine Anpassung eines maximal akzeptablen monetären Wegeaufwands erfolgen, falls immer wieder das Geldbudget überschritten würde.) In diesem Zusammenhang müssten auch mittelfristige Entscheidungen hinsichtlich der Zusammensetzung des Aktivitätenrepertoires, der Wahl des Wohnstandorts und des Arbeitsplatzes, der Autoan- oder -abschaffung etc. bedacht werden.

Zum Fünften müsste man sich – falls das Verkehrsnachfragemodell in einem Gesamtsimulationskonzept wie im ILUMASS-Projekt für mittel- und langfristige Planungen eingesetzt wird – Gedanken machen, wie dieses kurzfristige Lernen auf Wochenbasis aufgrund einiger weniger simulierter Wochen für ein Jahr verallgemeinert werden könnte, d.h. man müsste über die Einführung eines passenden Lernmoduls in der sogenannten mittelfristigen Schleife nachdenken.

20.6.3. Anwesenheits- und Begleitnotwendigkeiten, gemeinsame Aktivitäten

Wie bereits ausgeführt (vgl. Kap. 20.4.), ist bislang die Abbildung von Abstimmungsprozessen zwischen den Akteuren noch viel zu kurz gekommen. So werden insbesondere innerhalb eines Haushalts, aber auch zwischen Haushalten gemeinsame Aktivitäten und Wege abgestimmt: Auf der einen Seite gibt es Aktivitäten und/oder Wege von Personen, die dabei auf die Anwesenheit und/oder Hilfe anderer Personen angewiesen sind, sei es, dass Babys und Kleinkinder beim Schlafen und Spielen nicht alleine zu Hause sein können, kleine Kinder zum Kindergarten oder zur Schule gebracht werden müssen oder ältere Menschen Begleitung auf dem Weg zum Arzt oder Hilfe beim Bewältigen des Einkaufs benötigen. Auf der anderen Seite gibt es Aktivitäten und/oder Wege, die gemeinsam mehr Spaß machen, erst zu mehreren möglich sind oder weniger Geld kosten, sei es der gemeinsame Kinobesuch, das Spielen eines Tennis-Doppels oder das Nutzen einer Gruppenkarte.

Zur Abbildung dieser Abstimmungsprozesse müssten 1) die in der Zustandsraumanalyse (vgl. Kap. 18.3.) herausgearbeiteten kommunikativen Operatoren implementiert werden und 2) die Datenstrukturen um entsprechende interpersonelle Bezüge zwischen beabsichtigten Wochenabläufen erweitert werden und 3) alle bislang implementierten Planungsprozesse diese Bezüge berücksichtigen.

Hier findet dann, wie in der Einleitung zum Teil III erläutert, gegebenenfalls die Sozialpsychologie Eingang.

20.6.4. Car-Sharing, Mitgenommenwerden

Aus ökologischer Sicht wäre es zudem interessant, die Nutzung eines Car-Sharing-Autos oder das Im-Auto-Mitgenommenwerden abbilden zu können.

Eine Integration von Car-Sharing in das bestehende Simulationskonzept wäre analog der Modellierung der gemeinsamen Autonutzung innerhalb eines Haushalts möglich: Hier wird bei der Erstellung der Handlungsoptionen überprüft, ob das Auto momentan frei ist, sprich nicht von einem anderen Haushaltsmitglied benutzt wird; nur dann werden überhaupt Handlungsoptionen mit dem Auto gebildet. (Durch die den Aktivitätsvorhaben zugewiesenen Planungsprioritäten und die haushaltsweite serielle Planung aller Aktivitätsvorhaben des Haushalts wird dabei sichergestellt, dass bspw. der Arbeitsweg des Verdienenden Vorrang hat.) Entsprechend könnte man sich vorstellen, dass bei Bestehen einer Car-Sharing-Mitgliedschaft das Car-Sharing-Auto prinzipiell dem Haushalt zur Verfügung steht, dass aber bei einer Car-Sharing-Zentrale eine Anfrage nach der konkreten Verfügbarkeit gestellt werden muss, die, mit mehr oder minder komplizierten Algorithmen hinterlegt, diese Anfrage positiv oder negativ bescheidet. Zudem wäre das Abholen bzw. Wegbringen des Autos dann als kombinierter Weg (vgl. Kap. 20.5.) zu behandeln, bei dem der Abstellplatz des Car-Sharing-Auto als Wechselstelle zwingend vorgeschrieben wird (ähnlich einem Park&Ride-Parkplatz.) Entsprechende Konsistenzregeln wurden bereits im Zuge der Einführung der kombinierten Wege implementiert.

Eine Abbildung des Im-Auto-Mitgenommenwerdens würde ähnlich funktionieren, nur dass hier nicht eine Anfrage bei einer Car-Sharing-Zentrale erfolgen würde, sondern bei einer anderen Person, die zudem diesen Weg dann ebenfalls in ihren beabsichtigten Wochenablauf aufnehmen würde (vgl. vorhergehendes Unterkap. 20.6.3.).

20.7. Daten- und Rechenzeitproblematik

Es gab zwei auseinander resultierende Probleme, die letztlich dazu führten, dass das hier beschriebene Modell im Rahmen des ILUMASS-Projekts im Wesentlichen als Forschungswerkzeug eingesetzt und nicht im Rahmen der Simulationsläufe angewendet wurde.

So wurde bereits ausgeführt (Kap. 7.1.6.), dass das Modell einerseits psychologisch valide genug sein muss, um den erkannten Modellierungsanforderungen gerecht zu werden, und dass es andererseits vereinfachend genug sein muss, um den erkannten Rechenzeitbegrenzungen zu genügen. Zudem gehen diese beiden Anforderungen letztlich Hand in Hand, denn nur wenn auf der basalen Ebene psychologischer und sozialer Mechanismen die Entstehung

von Verkehrsnachfrage verstanden ist, kann sinnvoll vereinfacht werden. Das bedeutet aber, dass man zunächst auf Basis eines sehr rechenzeitintensiven Modells die Verkehrsnachfrage besser verstehen muss, bevor man anschließend das Modell vereinfachen und damit die Rechenzeit senken kann.

Mit dem Mob- Ψ -Modell liegt zunächst nun die rechenzeitintensive⁵⁰ Modellbasis vor, von deren Einsatz in den Simulationsläufen des stark praxisorientierten ILUMASS-Projekts einerseits aufgrund des Zeitaufwands, aber insbesondere aufgrund der im Folgenden dargestellten Datenproblematik abgesehen wurde. Denn mit dem Mob- Ψ -Modell wird eine erklärende, konstruktive Bottom-Up-Herangehensweise verfolgt, die entsprechende Forderungen an die Form der Eingangsdaten stellt. Die Form der zur Verfügung stehenden Daten resultiert jedoch aus einer Top-Down-Herangehensweise. Dies führte zu Problemen, für deren Erläuterung etwas weiter ausgeholt werden muss:

Wie im Rahmen der Darstellung des State of the Art veranschaulicht (Kap. 5.7.), ist die Entwicklung der Verkehrsmodellierung einem Top-Down-Ansatz gefolgt, d.h. Gruppen von menschlichen Akteuren wurden immer detaillierter abgebildet, und heutzutage ist man in Multiagentensystemen bei der individuellen Abbildung jedes einzelnen Akteurs angekommen. In dieser Entwicklung spiegeln sich sowohl die Wandlung des Menschenbildes (weg vom reaktiven behavioristischen Menschenbild hin zu einem proaktiven kognitiven Menschenbild) als auch die technische Weiterentwicklung in der Informatik wider, die im Laufe der Zeit eine Rechenleistung erreicht hat, die es erlaubt, Multi-Agenten-Systeme zu simulieren und NP-Probleme wie das Scheduling zu bearbeiten.

Dem damit einhergehenden deskriptiven Anspruch entsprechend, stellt die in diese Entwicklung eingebundene Empirie im Wesentlichen die Frage, welche Menschen was tun, aber nicht, warum wer was wie tut. Dies macht es zunächst einmal schwierig, das Mob- Ψ -Modell zu parametrisieren. Insbesondere ist es aber problematisch, eine Verteilung von ‚Mobilitätstypen‘ zu erzeugen (vgl. Kap. 14.1.7. zu den Lebens- bzw. Mobilitätsstilansätzen), denn es fehlen Anhaltspunkte, um die sich zwangsläufig bei einem Multiagentensystem stellende Frage zu beantworten, wie man die empirisch erhobenen und mit statistischen Mitteln aufbereiteten Daten so disaggregiert, dass daraus wieder realistische, sinnfällige und plausible Einzelpersonen und -haushalte entstehen. Dies setzt Wissen oder zumindest Hypothesen über die Kopplung bestimmter Merkmale voraus, die bei der Disaggregation zu beachten sind. Bspw. mag die Wahrscheinlichkeit, dass ein vollbeschäftigter Arbeitnehmer an einem Wochentag arbeitet, um die 90% betragen, da im Durchschnitt ca. 10% der

⁵⁰So benötigt die Planung des Wochenablaufs einer Person 0,5 bis 2 Sekunden, d.h. für eine Millionenstadt werden für den ersten Lauf (in dem alle berechnet werden müssen) 5 bis 20 Tage benötigt.

Arbeitnehmer Urlaub haben oder krank sind. Wenn man nun disaggregiert, könnte man entweder 10% der Arbeitnehmer für diese Woche kein Aktivitätsvorhaben ‚Arbeiten‘ zuweisen (weil sie krank bzw. in Urlaub sind) oder aber allen Arbeitnehmern ein Aktivitätsvorhaben ‚Arbeiten‘ zuweisen und für jeden Werktag mit einer 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit ‚auswürfeln‘, ob sie an diesem Tag versuchen, eine Durchführung von Arbeiten unterzubringen oder nicht.

Ersteres (90% der Personen arbeiten in dieser Woche, 10% nicht) ist aus einer Bottom-Up-Herangehensweise heraus selbstverständlich und zudem mit der Konsequenz verbunden, dass für den gesamten Haushalt Aktivitätsvorhaben entfallen oder hinzukommen (bspw. dürfte üblicherweise der gesamte Haushalt die ganze Woche in Urlaub sein bzw. man ist im Regelfall mehrere Tage krank, steckt Haushaltsmitglieder an, muss zum Arzt gehen, kann nicht Einkaufen gehen etc.). Diese Form der Disaggregation ist jedoch mit einem zusätzlichen empirischen und theoretischen Aufwand verbunden und erfordert einen entsprechenden zusätzlichen Implementierungsaufwand in den Bevölkerungsmodellen.

Zweiteres (jede Person arbeitet im statistischen Mittel an 90% der Werktage) ist aus einer Top-Down-Herangehensweise (und damit aufgrund der historischen Entwicklung der klassischen Modellentwicklung) naheliegend und führt durchaus zu Einzelpersonen, die aus statistischer Sicht korrekt sind. Die Kombination der zugewiesenen Eigenschaften und Verhaltensmuster ist damit aber nicht *zwangsläufig* stimmig und plausibel, wie das oben angeführte Beispiel demonstriert.

Dieses Problem zog sich prinzipiell durch die zur Verfügung gestellten Einzeldaten hindurch: Sie waren vielfach mit Wahrscheinlichkeiten ausgestattet und überließen die Ermittlung, ob etwas diese Woche zu tun war, wo es zu tun war, wie es zu tun war etc., dem Verkehrsnachfragemodell. Dessen interne Logik passt jedoch nicht zu dieser Art von Datenformulierung, da es eine stochastische Verteilung dieser Parameter unter Beachtung einer sinnvollen Kombination vor der eigentlichen Wochenplanung erwartet.

Diese unterschiedlichen Erwartungshaltungen an Bevölkerungs- und Verkehrsnachfrage-Modul und insbesondere ihre Selbstverständlichkeit – jeweils aus Sicht der Top-Down- bzw. der Bottom-Up-Herangehensweise – haben sehr lange den klaren Blick auf dieses unterschiedliche Aufgabenverständnis verstellt. Erschwerend kam hinzu, dass der erste Probedatensatz wegen Problemen bei der Datenerhebung und daraus resultierenden Verzögerungen bei der Formulierung der Datenschnittstelle erst sehr spät im Projektverlauf zur Verfügung stand. Erst im Zuge dessen Zurverfügungstellung wurde das unterschiedliche Aufgabenverständnis offensichtlich. In der Folge wurde dann zwar das Mob- Ψ -Modell noch um eine entsprechende stochastische

Interpretation der Eingangsdaten erweitert⁵¹, aber letztendlich wurde dieses unterschiedliche Aufgabenverständnis zu spät im Projektverlauf aufgedeckt und es verblieb nur die Möglichkeit, ein vereinfachtes nicht-psychologisches Verkehrsnachfragemodul in den Gesamtsimulationsläufen einzusetzen, welches zu der statistischen Formulierung der Akteure passt (vgl. Kap. 19.1.).

In der Folge mangelt es an Daten, mit deren Hilfe das Mob- Ψ -Modell parametrisiert und validiert werden kann (Details siehe Teil V). Insbesondere ist es äußerst schwierig, einen konsistenten Initialzustand zu erstellen, in dem das Können und das Wollen (vgl. Kap. 20.1.) stabil aufeinander abgestimmt sind und von dem ausgehend dann eine Änderungsdynamik entwickelt werden kann.

21. Abschließende Bewertung

Abschließend soll in diesem Kapitel das entwickelte Mob- Ψ -Modell mit der Zielsetzung verglichen und zusammenfassend bewertet werden.

So wurde auf einer allgemeinen Ebene gefordert (Kap. 7.1.1.), dass das Modell es erlauben soll, sowohl hard als auch soft policy Maßnahmen zu untersuchen, die auf

- die Verkehrsvermeidung (Weg entfällt),
- die Verkehrsverminderung (Weg wird kürzer),
- die Verkehrsverlagerung (Wahl von ökologisch und/oder volkswirtschaftlich (nicht betriebswirtschaftlich) günstigeren Verkehrsmitteln) und
- die Verkehrsoptimierung (effizientere Organisation des stattfindenden Verkehrs)

abzielen.

Auf dieser allgemeinen Ebene lässt sich zunächst feststellen, dass das Mob- Ψ -Modell in der Lage ist, Verkehrsvermeidung (das Entfallen von Wegen) abzubilden, indem es die Aktivitätszeit, das Wegegeld und die Wegezeit budgetiert und indem es Toleranzgrenzen für das Verhältnis von Wegezeit zu Aktivitätszeit und für das Wegegeld und die Wegezeit pro Aktivitätsdurchführung realisiert. Durch die Budgetierung werden globale wirksame und durch die Toleranzgrenzen lokal wirksame Mechanismen eingeführt, die zur Vermeidung von Wegen führen, die als zu aufwendig eingeschätzt werden. Dies sind Parameter, auf die primär soft policy Maßnahmen wirken, da es sich im Wesentlichen um Präferenzen und Werthaltungen der Akteure handelt.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass das Mob- Ψ -Modell ebenfalls in der Lage ist, Verkehrsverminderung und die Verkehrsverlagerung abzubilden (Weg wird kürzer, es wird ein ökologisch und/oder volkswirtschaftlich günstigeres Verkehrsmittel gewählt), da für jeden Weg das Wegegeld und die Wegezeit

⁵¹So wurden die Tageswahrscheinlichkeiten nacheinander ‚erwürfelt‘ und stochastisch voneinander abhängig gemacht.

objektiv ermittelt und durch subjektive Mechanismen bewertet werden. Dies sind Parameter, auf die sowohl hard als auch soft policy Maßnahmen wirken, da Wegelänge, -geld und -zeit durch die Infrastruktur der Stadt bestimmt sind, während hingegen die subjektive Bewertung und insbesondere die Planungsreihenfolge der Verkehrsmittel (vgl. Kap. 10.2.) im Wesentlichen in den Präferenzen und Werthaltungen der Akteure begründet liegen.

Hard policy Maßnahmen hinsichtlich der Verkehrsoptimierung würden sich dabei im Wesentlichen auf die Wegelänge und -zeit auswirken, würden also auch, im Rahmen des Mob- Ψ -Modells vermittelt, über das Fahrroutenermittlungsmodul wirksam werden.

Zusammenfassend lässt sich also auf dieser allgemeinen Ebene feststellen, dass sowohl die Wirksamkeit von hard als auch von soft policy Maßnahmen im Hinblick auf Verkehrsvermeidung, -verminderung, -verlagerung abbildbar ist.

Diese allgemeinen Ziele wurden konkretisiert, indem gefordert wurde,

- 1) dass die Veränderung des Status quo und damit die Wirkung von veränderten Rahmenbedingungen untersuchbar sein sollen, indem das Modell möglichst erklärend statt deskriptiv arbeitet,
- 2) dass neben den üblichen objektiven Restriktionen auch die subjektiven Restriktionen berücksichtigt werden, die insbesondere in der subjektiven Repräsentation der Stadt und in den persönlichen Erfahrungen, Präferenzen, Bewertungen etc. liegen,
- 3) dass die Handlungsoptionen möglichst umfassend in ihren externen und internen Abhängigkeiten abgebildet werden, sodass Verkehrsvermeidung und -verminderung, aber auch andere Verkehrsmittel- und Standortnutzungsformen wie Mitgenommenwerden, Car-Sharing, Bringservice etc.) berücksichtigt werden können, und
- 4) dass die Haushaltsorganisation abgebildet wird.

All diesen Punkten wurde durch den gewählten Modellierungsansatz Rechnung getragen, der die Akteure als Agenten abbildet, die mit einer eigenen subjektiven Repräsentation der Stadt (vgl. Kap. 20.3.), mit persönlichen Präferenzen und Werten (vgl. Kap. 20.1.) und mit einer durch Gewohnheit modulierten Entscheidungsfindung (vgl. Kap. 20.2.) ausgestattet sind. Durch diesen individuellen Ansatz können psychologische Erkenntnisse einfließen und damit die Wirksamkeit von soft policy Maßnahmen abgebildet werden.

Das entwickelte Mob- Ψ -Modell zeichnet sich insbesondere dadurch aus,

- dass die Alltagsorganisation einer ganzen Woche incl. Kompensationsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Wochentagen abgebildet wird,
- dass Personen als Teile eines Haushalts abgebildet werden,
- dass sowohl objektive als auch subjektive Restriktionen berücksichtigt werden,
- dass eine Handlungsoption im Ganzen, bestehend aus Zeitpunkt, Zeitdauer, Standort, Verkehrsmittel, Wegezeit und Wegegeld, bewertet wird,

- dass kausale Abhängigkeiten zwischen den Verkehrsmitteln eines Ausgangs berücksichtigt werden und
- dass kombinierte Wege (Park&Ride) abgebildet werden können.

Damit wird das Oberziel erfüllt, ein Modell zu entwickeln, das ‚Städtische Mobilität‘ erklärt und – das mit dem Ziel des Mobilitätsmanagements – die Untersuchung der Folgen mobilitätsrelevanter Maßnahmen durch Simulation erlaubt.

Wenig ausdifferenziert bzw. noch nicht integriert sind bislang die Abbildung der Haushaltsinteraktion (insbesondere von Begleit- und Anwesenheitsnotwendigkeiten), die Abbildung von Mitfahren und Car-Sharing und die Abbildung der Verzahnung von Planen, Handeln und Erfahren. Für all dies wurde jedoch der Grundstein gelegt und ein Modell geschaffen, das überhaupt in der Lage ist, entsprechende Erkenntnisse zu integrieren.

Das verbleibende Problem ist jedoch die große Schere, die sich einerseits zwischen den Ergebnissen der Systemanalyse und den daraus resultierenden Modellierungsanforderungen und andererseits den vorliegenden empirischen Daten, mit denen eine solches Modell gefüttert werden müsste, auftut: Die Systemanalyseergebnisse verlangen eine kausale Modellierung der Mobilitätsursachen auf individueller Ebene, während die vorliegenden empirischen Daten eine deskriptive Beschreibung des Mobilitätsverhaltens – häufig in aggregierter Form – liefern, die nur wenig auf die Gründe und Bedingungen für bestimmte Mobilitätsformen eingeht.

Diese Datenproblematik führte letztlich dazu, dass das hier beschriebene Modell im Rahmen des ILUMASS-Projekts im Wesentlichen als Forschungswerkzeug eingesetzt und nicht im Rahmen der Simulationsläufe angewendet wurde.

Nichtsdestotrotz ist mit dem vorliegenden Mob- Ψ -Modell ein erster Schritt auf dem Weg zu einer anderen Art von Verkehrsnachfragemodellierung getan, die Verkehrsverhalten kausal und psychologisch valide auf individueller Ebene erklärt. Damit sind ein Rahmen und ein Grundgerüst für notwendige Folgearbeiten gestellt, und das Mob- Ψ -Modell schafft aufgrund seiner Arbeitsprinzipien im Gegensatz zu klassischen Verkehrsmodellen überhaupt erst die Möglichkeiten, entsprechende kausale, psychologische, individuelle, erklärende etc. Erkenntnisse über Verkehrsverhalten aufzunehmen bzw. entsprechende Hypothesen zu testen.

Die Zukunft wird zeigen, ob dies hilft, die im Rahmen der klassischen Probleme auftretenden Erklärungs- und Prognoseprobleme zu lösen. Jedoch zeigen die Systemanalyseergebnisse mögliche Quellen für diese Probleme auf, die durch den in dieser Arbeit vorgeschlagenen Ansatz eliminiert werden.

Teil V: Evaluation

Sowohl im Rahmen der Diskussion der Modellvalidierung (Kap. 4.3.) als auch im Rahmen der Darstellung der PSI-Theorie (Einleitung Kap. 15.) wurde erläutert, dass eine Theorie, die derartig komplex wie die PSI-Theorie ist, weder verifiziert noch in ihrer Gesamtheit falsifiziert werden kann, sondern nur als Ganzes zur Bewährung und zur Feststellung ihrer Nützlichkeit im Wissenschaftsbetrieb antreten kann. Das gilt aus den gleichen Gründen auch für das hier vorgestellte Mob- Ψ -Modell.

Was kann man also zur Validierung des vorgelegten Mob- Ψ -Modells tun?

Auf ‚technischer‘ Ebene gibt es dazu zwei Möglichkeiten:

Zum Ersten kann man die *Konsistenz* und die Fehlerfreiheit des Computersimulationsmodells weitgehend sicherstellen, indem einerseits in den Programmcode Konsistenz- und Fehlertests eingebaut werden und indem andererseits möglichst viele verschiedene Szenarios (Datenkonstellationen) mit aktivierten Tests durchlaufen werden. Dies wurde realisiert, und beim Durchlaufen von einer Million Haushalten ergeben sich keinerlei Inkonsistenzen oder Fehler.

Zum Zweiten kann die *Wirksamkeit von vorgenommenen Weiterentwicklungen*, wie bspw. die Möglichkeit der Delegation von Aktivitätsdurchführungen an Haushaltsmitglieder, nachgewiesen werden, indem das gleiche Szenario (die gleiche Datenbasis) einmal mit deaktivierter und einmal mit aktivierter Weiterentwicklung durchgeführt wird und indem anschließend die aggregierten Ergebnisse (bspw. die Erfülltheit der Aktivitätsvorhaben über alle simulierten Personen und resultierenden Wochenabläufe) verglichen werden. Diese Nachweise werden in Kap. 22. dargestellt.

Der Nachweis auf inhaltlicher Ebene ist hingegen deutlich schwieriger zu erbringen, d.h. die Beantwortung der Fragen, ob das Verhalten des Mob- Ψ -Modell dem Mobilitätsverhalten eines Menschen ausreichend ähnlich genug ist, ob das Interaktionsverhalten der Agenten im Multi-Agenten-System dem Interaktionsverhalten einer Stadtbevölkerung ausreichend ähnlich ist und ob die Zusammensetzung und Merkmalsverteilung in der synthetischen Bevölkerung der realen Bevölkerung ähnlich genug sind, um die Modellierungsziele zu erreichen.

Dabei kann eine Validierung zunächst nur das Ausmaß an Ähnlichkeit aufzeigen, während hingegen die Frage, ob diese Ähnlichkeit für die Modellierungsziele ausreichend ist, den Erfahrungen mit der Anwendung des Modells obliegt, d.h. der Bewährung des Modells im Wissenschaftsbetrieb durch Vergleich mit den Ergebnissen anderer Modelle und durch die Bewertung der Prognosegenauigkeit (Evaluation des Modells).

Im Folgenden soll nun der Weg zu einer Validierung des Modells skizziert werden. Dabei ist zwischen der Validierung des eigentlichen Mobilitäts-

verhaltens von Einzelpersonen und dem Verhalten einer Bevölkerung resultierend aus dem Interaktionsverhalten ihrer Mitglieder zu unterscheiden.

Eine Grundvoraussetzung ist sicherlich, dass das Mob- Ψ -Modell individualisierbar ist, d.h. dass durch verschiedene Setzungen der Parameter verschiedene Mobilitätpersönlichkeiten erzeugt werden können; dies ist bereits für andere Implementierungen der PSI-Theorie gezeigt (Dörner, 2002; Elkady, 2006) worden. Dies würde es bei entsprechender Erfahrung erlauben, empirisch erhobene Wochenabläufe mit dem Modell ‚nachzufahren‘, d.h. das Modell so zu parametrisieren, dass es einen Wochenablauf erzeugt, der dem empirisch erhobenen Ablauf einer Einzelperson zufriedenstellend ähnlich ist.

Dies führt zu zwei Fragen:

- Was ist ähnlich?
- Wie kann man für die Parametrisierung des Modells notwendige Daten von realen Menschen in einer realen Stadt erheben?

Allein schon die Frage nach dem Ausmaß der Ähnlichkeit ist schwer zu beantworten, denn: Was sind ähnliche Wochenabläufe? Solche, die ähnliche Anzahl und Dauer ähnlicher Aktivitäten aufweisen? Und/oder solche, die ähnliche Aktivitäten in ähnlicher Reihenfolge aufweisen? Und wäre nicht zudem zu fordern, dass die Aktivitäten zu ähnlichen Tageszeiten in ähnlichen Standorten stattfinden? Was sind dann aber ähnliche Aktivitäten, Anzahlen, Dauern, Reihenfolgen und Standorte?

Ein aus den Antworten auf diese Fragen abzuleitendes Ähnlichkeitsmaß wird aber nicht nur für den Vergleich empirisch erhobener Daten mit den Ergebnissen des Computersimulationsmodells benötigt, sondern auch für das sinnvolle Arbeiten mit dem entwickelten Computersimulationsmodell an sich: Denn wie ausgeführt (Kap. 4.3.), ist die menschliche Psyche – und aus den gleichen Gründen auch das entwickelte Mob- Ψ -Modell – ein schwach kausales System, d.h. ein System, in dem schon kleine Ursachen große Wirkungen haben können. Also können bereits kleine Unterschiede in der einer Simulation zugrunde liegenden Datenbasis zu gänzlich anderen Ergebnissen (Wochenabläufen) führen. Daher müssen Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, um einerseits entscheidende Faktoren aufzudecken und um andererseits Attraktoren zu finden; so können mögliche Entwicklungspfade aufgezeigt werden und es kann festgestellt werden, was die wesentlichen Faktoren sind, die das Einschwenken auf diese Pfade modulieren. Aber um dieses Einschwenken zu erkennen, ist wiederum ein Ähnlichkeitsmaß von Nöten, das besagt, welche Pfade als ‚gleich‘ oder zumindest als ‚sehr ähnlich‘ angesehen werden, um so überhaupt verschiedene Entwicklungspfade klassifizieren zu können.

Auch die Beantwortung der zweiten Frage (wie bekommt man die für die Parametrisierung notwendigen Angaben von realen Menschen?) ist mit großen Schwierigkeiten verbunden, denn wie bereits ausgeführt wurde (siehe Kap.

4.2.), lassen sich psychische Größen weder direkt noch isoliert messen, sondern es bedarf indirekter Verfahren und Brückenannahmen, um von Messergebnissen auf die zu bestimmenden Größen zu schließen. Insbesondere wurde bereits ausgeführt (s.o.), dass man nicht jede einzelne Hypothese des Modells validieren, sondern nur das Modell im Ganzen auf seine Tauglichkeit prüfen kann. D.h. es müsste ein Verfahren gefunden werden, das es erlaubt, aus einem empirisch erhobenen Wochenablauf – und gegebenenfalls weiteren empirisch erhobenen Daten – einen Parametersatz für das Modell abzuleiten, der zur Erzeugung eines hinreichend ähnlichen Wochenablaufs führt. Die bisherigen persönlichen Erfahrungen mit dem Modell sprechen dafür, dass dies einem mit dem Modell vertrauten Menschen durchaus möglich ist, aber dieser subjektive persönliche Eindruck ist a) zu objektivieren, b) müsste das dafür verwendete implizite Wissen explizierbar sein und expliziert werden, c) müsste das Verfahren automatisiert werden und d) müsste vor allem eine Möglichkeit gefunden werden, das Verfahren zu verallgemeinern, sodass aus einer festzulegenden, empirisch zu untersuchenden Teilgruppe Daten für die gesamte Bevölkerung abgeleitet werden können.

Diese Ausführungen sollten schon deutlich gemacht haben, dass für die Validierung des Modells nicht nur ein Ähnlichkeitsmaß, sondern auch eine sehr gute, möglichst detaillierte Datenbasis bezüglich Infrastruktur und Bevölkerung benötigt wird. Aber auch hier tauchen erhebliche Probleme auf, die u.a. mit der bereits diskutierten Datenproblematik (Kap. 20.7.) zusammenhängen:

- So gibt es zum Ersten zwar deskriptive Daten bezüglich tatsächlicher Wochenabläufe, aber keine parallele Erhebung bezüglich der Gründe und Ursachen von Mobilitätsentscheidungen, wie sie für die Parametrisierung des Modells, d.h. für die Ausprägung von Mobilitätspersönlichkeiten, sehr hilfreich wäre.
- Zum Zweiten gibt es recht wenig Daten, die den Prozess der Entstehung eines Wochenablaufs beschreiben, sondern viel mehr Daten, die das Endergebnis beschreiben.
- Zum Dritten werden valide, sehr detaillierte Daten einer Stadtregion für die Validierung des Verhaltens- und Interaktionsmodells benötigt, damit nicht die Überprüfung der Modelle mit der Überprüfung der erhobenen Daten konfundiert. Aber: a) Welcher Detaillierungsgrad wäre überhaupt (für die Validierung) notwendig? Und rein von der Praktikabilität her: b) Kann man die Daten einer Stadt in diesem Detaillierungsgrad erheben? Und falls ja: c) Dürfte im Hinblick auf den Datenschutz eine Erhebung in einem so hohen Detaillierungsgrad jemals Verwendung finden?

Wäre nun der Nachweis erbracht, dass das Mobilitätsverhalten von Einzelpersonen valide durch das Modell nachgebildet wird, so wäre anschließend zu fragen, ob auch das Interaktionsverhalten der Gesamtbevölkerung valide

abgebildet wird. Auch hier wäre das Verhalten der synthetischen mit dem Verhalten der realen Bevölkerung zu vergleichen, und auch hier sind wieder (wegen der schwachen Kausalität des Systems) durch Sensitivitätsanalysen neuralgische Punkte aufzudecken und Attraktoren zu finden, um so mögliche Entwicklungspfade aufzuzeigen.

Zusammenfassend wären also drei Schritte auf dem Weg zur Validierung des Mob- Ψ -Modells bezüglich des Verhaltens von Einzelpersonen zu bewältigen, nämlich

- die Entwicklung eines Ähnlichkeitsmaßes für den Vergleich von Wochenabläufen,
- der Nachweis der Individualisierbarkeit des Modells bezüglich des Mobilitätsverhaltens von Einzelpersonen und
- die Herleitung einer Methode zur Erfassung und/oder Ableitung der Modellparameter für einen einzelnen Agenten aus dem Verhalten (Beobachtungen und evtl. Befragungen) realer Einzelpersonen.

Anschließend wäre der entsprechende Weg für die Validierung des Interaktionsverhaltens und seiner akkumulierten Wirkungen in Form der Auslastung der Infrastrukturen zu bewältigen. Diesen Gedankengang abschließend, sei darauf hingewiesen, dass für die Anwendung des Modells dann noch zu klären ist, wie die notwendigen Daten zur Abbildung der städtischen Infrastrukturen und der städtischen Bevölkerung statistisch erfasst und wieder so disaggregiert werden können, dass eine valide synthetische Stadt und dazu passend eine valide synthetische Bevölkerung entsteht, die aus psychologisch validen synthetischen Einzelpersonen besteht. Hierbei könnten einerseits die Persönlichkeits- bzw. Differentielle Psychologie (vgl. Einleitung Teil III) und andererseits die Lebens- bzw. Mobilitätsstilansätze (vgl. Kap. 14.1.7.) helfen.

Wie dargestellt, ist also die Validierung des Modells ein langer Weg, auf dem noch einige Probleme zu lösen sind; die Bewältigung dieses Weges würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Was jedoch sicherlich vor einer Validierung des Modells anzustreben ist, sind zum einen die Beseitigung erkannter Unstimmigkeiten und zum anderen die Plausibilisierung des vorliegenden Modells. Dafür wurden zum einen bestehende Probleme und erkannte Weiterentwicklungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten herausgearbeitet (siehe Kap. 20.6.) und zum anderen wurde eine empirische Untersuchung durchgeführt, in der Versuchspersonen die Plausibilität einiger mit dem Modell erstellter Wochenabläufe beurteilten (siehe Kap. 23.). Hierfür wurde eine Fragebogenmethodik gewählt, um eine umfangreichere Menge von Personen befragen zu können und um unterschiedliche Personen einbeziehen zu können.

22. Nachweis der Wirksamkeit vorgenommener Weiterentwicklungen

In diesem Kapitel wird die Wirksamkeit von zwei vorgenommenen Weiterentwicklungen, nämlich die Möglichkeit der Delegation von Aktivitätsdurchführungen an andere Haushaltsmitglieder (vgl. Abb. 51) und die Möglichkeit der Gelegenheits- und Suchraumwahl (vgl. Abb. 52), demonstriert. Dafür wurde das gleiche Szenario (die gleiche Datenbasis) einmal mit deaktivierter und einmal mit aktivierter Weiterentwicklung durchgeführt und anschließend die Erfülltheit der Aktivitätsvorhaben über alle simulierten Personen und resultierenden Wochenabläufe verglichen.

Die beiden Graphiken zeigen die Erfülltheit aller Aktivitätsvorhaben, die sich auf transferierbare Aktivitäten beziehen (Abb. 51), bzw. die Erfülltheit aller Aktivitätsvorhaben, die gegebenenfalls Gelegenheiten wählen können (Abb. 52). Dies sind jeweils Durchschnittswerte, die aus einem Simulationslauf mit 10% der Haushalte (= jeder 10. Haushalt wurde simuliert) aus einem Testdatensatz⁵² gebildet wurden. Für den blau dargestellten Anteil an Aktivitätsvorhaben wurden die präferierten (pref) Werte erfüllt, für den rotbraun dargestellten Anteil an Aktivitätsvorhaben wurden die minimal geforderten Werte erfüllt und für den gelb dargestellten Anteil an Aktivitätsvorhaben wurden die minimal geforderten Werte nicht erfüllt. Beim Simulationslauf, aus dem jeweils der obere Teil der Abbildung stammt, wurde das Feature Aktivitätentransfer bzw. das Feature Gelegenheits- und Suchraumwahl deaktiviert; beim Simulationslauf, aus dem jeweils der untere Teil der Abbildung stammt, wurde das Feature Aktivitätentransfer aktiviert bzw. das Feature Gelegenheits- und Suchraumwahl aktiviert. Wie man im Vergleich sieht, steigt die Erfülltheit der Aktivitätsvorhaben, und zwar im Wesentlichen dahingehend, dass zumindest die minimalen Anforderungen erfüllt werden konnten.

⁵²Wegen der in Kapitel 20.7. dargestellten Probleme wurden in der Endphase des Projekts die Arbeiten an der Anpassung der Datenschnittstelle an aktuelle Veränderungen der Datenstruktur eingestellt, sodass die hier beschriebenen Wirksamkeitsnachweise mit einem vorläufigen Probedatensatz erfolgten, der nicht der finalen Version in ILUMASS-Projekt entspricht.

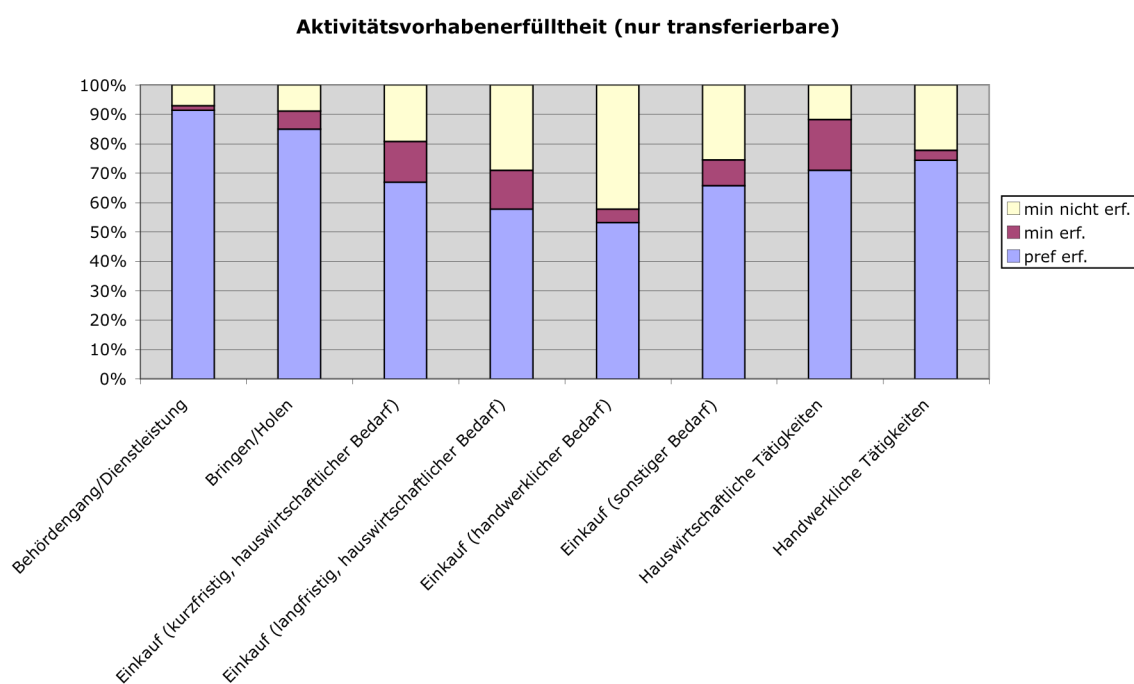


Abb. 51: Demonstration der Wirksamkeit des Aktivitätentransfers

Quelle: Outputdaten des Wochenplanprogramms

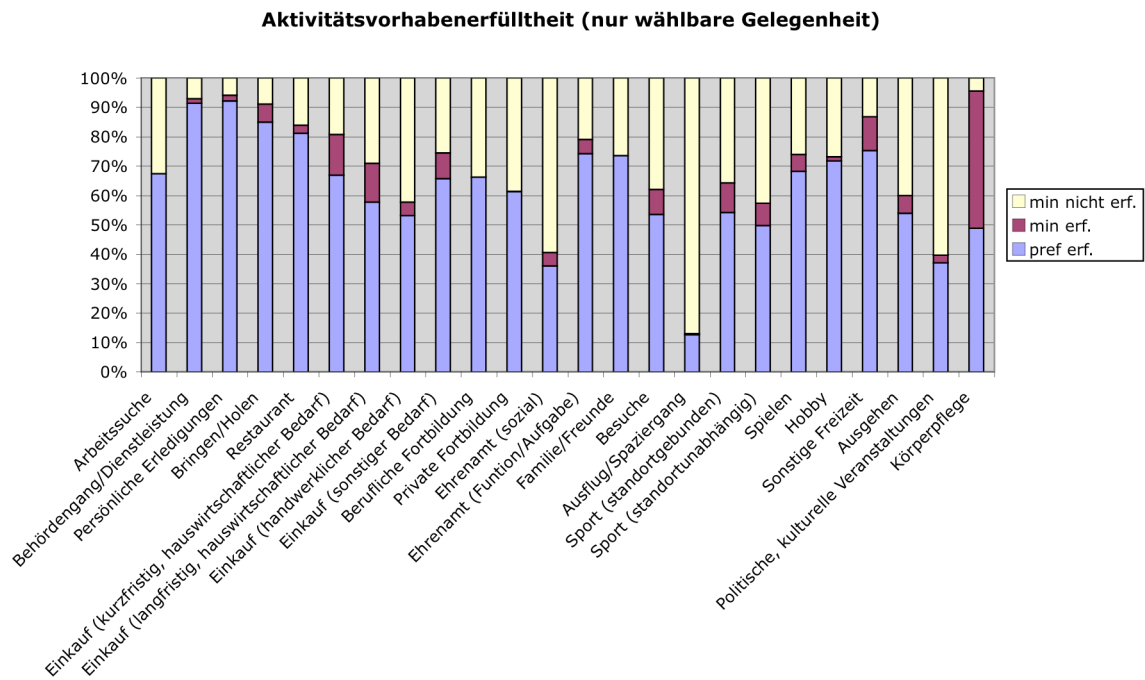
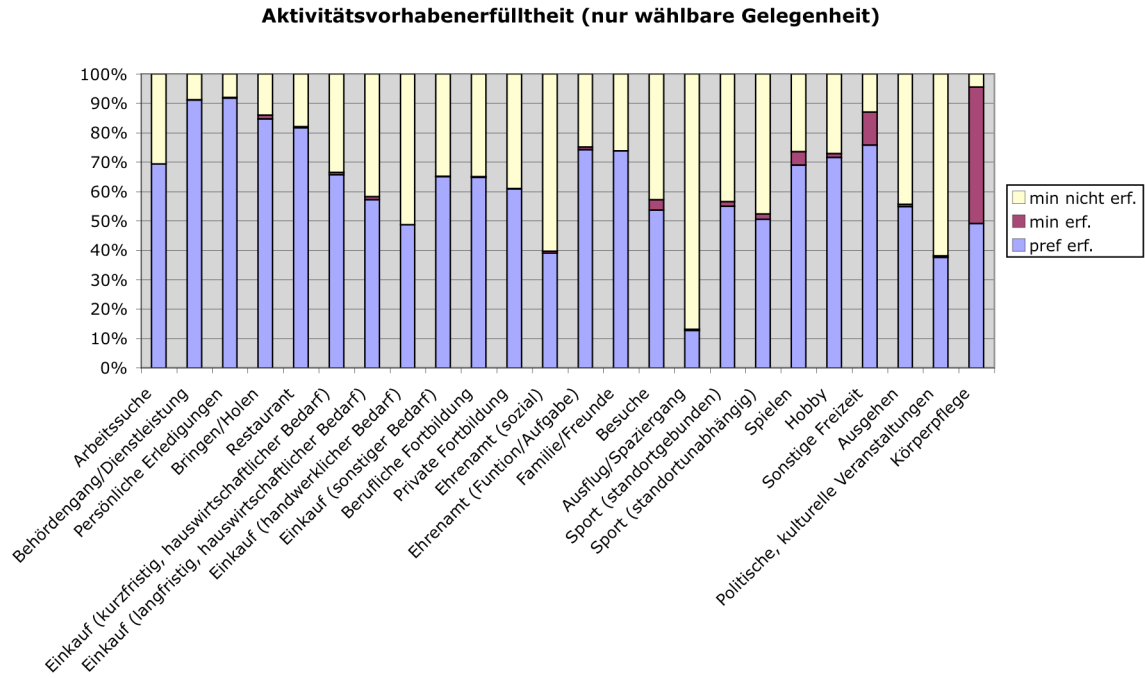


Abb. 52: Demonstration der Wirksamkeit der Gelegenheits- und Suchraumwahl

Quelle: Outputdaten des Wochenplanprogramms

23. Empirische Untersuchung der Plausibilität der erstellten

Wochenabläufe

Als erster Schritt auf dem langen Weg der Validierung des erstellten Modells erfolgte eine empirische Untersuchung, in der Versuchspersonen die Plausibilität einiger mit dem Modell erstellter Wochenabläufe beurteilten.

Dafür wurden Eingangsdaten für drei unterschiedliche synthetische Personen A, B und C erzeugt. Aus diesen Eingangsdaten erzeugte dann das Mob- Ψ -Modell entsprechende synthetische Wochenabläufe A, B und C. Aus diesen Wochenabläufen wiederum wurden drei Fragebögen erzeugt, die zunächst das Ziel der empirischen Untersuchung erläutern und dann jeweils ganz kurz wie folgt die Lebensumstände der synthetischen Personen A, B bzw. C schildern:

- Die synthetische Person A ist ein alleinstehender Mann von Mitte 30, der ein abgeschlossenes Studium hat. Er wohnt in einem Vorort (grüne Markierung in der Karte der Abb. 53) und arbeitet als Angestellter in einem großen Industrieunternehmen am Stadtrand (rote Markierung in der Karte der Abb. 53). Der Innenstadtbereich (in der Karte der Abb. 53 mit einem schwarzen Kreis umrundet) ist ca. 10 km entfernt. Der Mann besitzt ein Fahrrad und ein Auto.



Abb. 53: Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person A

- Die synthetische Person B ist eine verheiratete Frau von Mitte 30, die für einen Vierpersonenhaushalt (Ehemann, 2 Kinder) und ein großes Haus mit Garten sorgt. Sie wohnt in einem Vorort (grüne Markierung in der Karte der Abb. 54) und ihre Zwillinge gehen in diesem Vorort in die Grundschule (blaue Markierung in der Karte der Abb. 54). Der Innenstadtbereich (in der Karte der Abb. 54 mit einem schwarzen Kreis umrundet) ist ca. 10 km entfernt. Die Familie besitzt ein Auto, das die Ehefrau beliebig nutzen kann, und jedes Familienmitglied hat ein Fahrrad.



Abb. 54: Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person B

- Die synthetische Person C ist ein alleinstehender, arbeitsloser Mannes von Ende 20, der gerade sein Studium abgeschlossen hat. Er wohnt in Uni- und Innenstadtnähe (grüne Markierung in der Karte der Abb. 55) und das Arbeitsamt (blaue Markierung in der Karte der Abb. 55), in dem er sich 1-mal wöchentlich einfinden muss, liegt in der Innenstadt. (Der Innenstadtbereich ist in der Karte der Abb. 55 mit einem schwarzen Kreis umrundet.) Der Mann besitzt ein Fahrrad; er verfügt über kein Auto.



Abb. 55: Die räumliche Lebenssituation der synthetischen Person C

Nach dieser einleitenden Schilderung der Lebensumstände der synthetischen Personen A, B bzw. C wurde der durch das Mob- Ψ -Modell erzeugte Ablauf der einzelnen Wochentage von Montag bis Sonntag detailliert dargestellt, d.h. neben einer graphischen Darstellung des Tagesablaufs wurden Startzeit und Endzeit bestimmter Aktivitäten (wie Schlafen & Morgentoilette, Erwerbsarbeit, Essen etc.) angegeben und für die zurückgelegten Wege die Distanz (in Metern) und das gewählte Verkehrsmittel (zu Fuß, Fahrrad, Auto, Bus oder Taxi) genannt.

Die Versuchspersonen wurden instruiert, sich jeweils den dargestellten Tagesablauf sorgfältig anzuschauen und zu beurteilen, wie plausibel sie diesen Ablauf finden hinsichtlich

- der *Reihenfolge* der Aktivitäten,
- der *Tageszeiten* der Aktivitätsdurchführungen,
- der *Dauern* der Aktivitätsdurchführungen,
- der *Distanzen* der für die Aktivitäten zurückgelegten Wege und
- der *Wahlen* der für diese Wege *benutzten Verkehrsmittel*.

Zudem wurden sie noch gefragt, ob sie sich vorstellen könnten, dass ihr Tag unter ähnlichen Lebensumständen so ablaufen würde.

Zur Beurteilung stand den Versuchspersonen auf der der graphischen Darstellung des Tagesablaufs gegenüberliegenden Seite jeweils eine Antwortskala mit fünf Stufen von „gar nicht“ bis „sehr“ (plausibel) zur Verfügung.

Abschließend wurde für jeden Wochentag zudem gefragt, was den Versuchspersonen gegebenenfalls am unplausibelsten erschien und wie es stattdessen sein sollte; hier gab es die Möglichkeit zur freien Antwort.

Schließlich zeigte jeder der drei Fragebögen noch einmal die Woche im Überblick und die Versuchspersonen wurden gebeten, diesen Ablauf im Ganzen hinsichtlich Plausibilität und Konsistenz zu beurteilen.

Die Versuchspersonen wurden durch persönliche Ansprache an der Universität Jena (Studierende und Mitarbeitende), in einer mittelständischen Firma im Großraum München (Mitarbeitende) und im Bekanntenkreis rekrutiert. Jede Versuchsperson erhielt alle drei Fragebögen (für die synthetischen Personen A, B und C) und wurde gebeten, möglichst viele dieser drei Fragebögen in den nächsten Tagen zu bearbeiten. Die ausgefüllten Fragebögen wurden dann nach einiger Zeit zurückgegeben.

Es gab eine Rücklaufquote von knapp 40% (27 von 70), allerdings füllten nicht alle Versuchspersonen alle drei Fragebögen aus. Zudem wurden auch immer wieder einzelne Items ausgelassen. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mit dem Statistikprogramm WinSTAT. Dabei wurde ‚gar nicht plausibel‘ in den Zahlenwert 0 und ‚sehr plausibel‘ in den Zahlenwert 4 übersetzt.

23.1. Zusammensetzung der Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus 16 Versuchspersonen von der Universität Jena, 8 Versuchspersonen von der mittelständischen Firma im Großraum München und 3 Versuchspersonen aus dem Bekanntenkreis. 15 der Versuchspersonen sind weiblich, und 12 Versuchspersonen sind männlich. Die Versuchspersonen sind, bis auf eine Person von 75, zwischen 21 und 46 Jahren alt (siehe Abb. 56); der Altersdurchschnitt liegt bei 32; lässt man die Versuchsperson mit einem Alter von 75 unberücksichtigt (Ausreißer), so liegt der Altersdurchschnitt bei 29,2

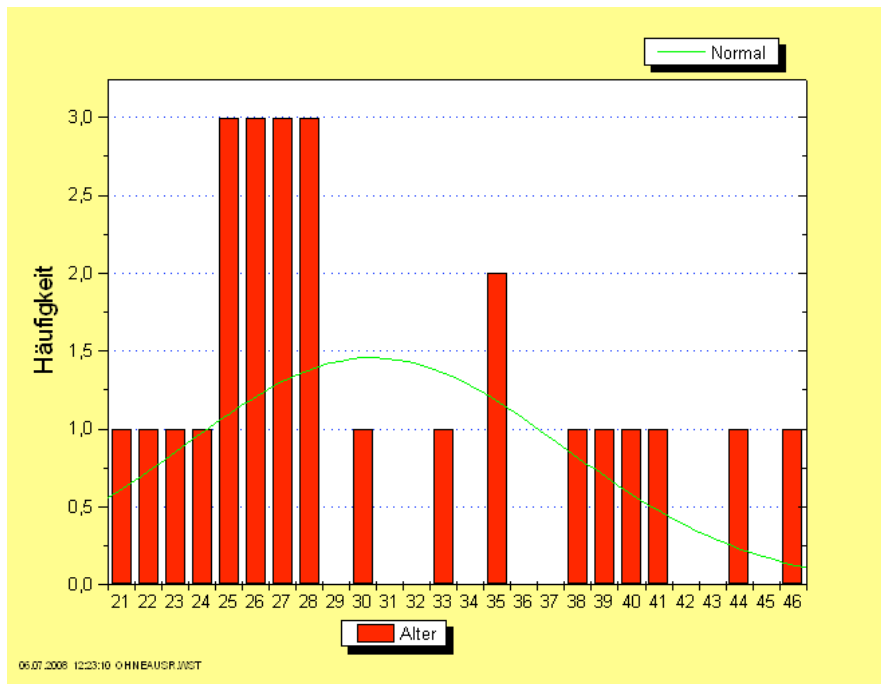


Abb. 56: Altersverteilung und -durchschnitt der Stichprobe (ohne den Ausreißer mit 75)

23.2. Mittelwertbildung

Zunächst wurde für jede Versuchsperson und für jeden Wochenablauf A, B bzw. C das arithmetische Mittel der sechs für jeden Wochentag erfragten Items (1) Reihenfolge der Aktivitäten (im Folgenden mit RF abgekürzt), 2) Tageszeit der Aktivitäten (im Folgenden mit TZ abgekürzt), 3) Zeitdauer der Aktivitäten (im Folgenden mit ZD abgekürzt), 4) Räumliche Distanz der Standorte (im Folgenden mit RD abgekürzt), 5) Verkehrsmittelwahl (im Folgenden mit VMW abgekürzt) und 6) ‚selbst so machen?‘ (im Folgenden mit S abgekürzt)) gebildet, und zwar zum einen über die Wochentage Mo bis Fr (im Folgenden als unter der Woche bezeichnet und mit WT abgekürzt) und zum anderen über die Wochentage Sa & So (im Folgenden als Wochenende bezeichnet und mit WE abgekürzt). Über diese Werte und über die Plausibilitäts- und Konsistenzbewertung der gesamten Wochen (im Folgenden mit P bzw. K abgekürzt) wurde dann über alle Versuchspersonen gemittelt. Die Tabelle 3 zeigt das Ergebnis:

	N	Mittelwert	Std.Abw.
A_RF_WT	22	2,89	0,66
A_RF_WE	24	3,10	0,96
A_TZ_WT	24	2,68	0,80
A_TZ_WE	24	2,92	1,06
A_ZD_WT	23	2,49	0,70
A_ZD_WE	23	2,80	0,93
A_RD_WT	24	3,05	0,53
A_RD_WE	23	3,28	0,62
A_VMW_WT	24	2,71	0,71
A_VMW_WE	23	3,26	0,64
A_S_WT	23	1,97	0,89
A_S_WE	23	2,43	1,16
A_P_W	23	2,44	0,90
A_K_W	23	2,6	1,03
B_RF_WT	24	3,04	0,95
B_RF_WE	25	3,94	4,06
B_TZ_WT	23	3,13	0,93
B_TZ_WE	25	2,98	1,02
B_ZD_WT	25	2,72	0,95
B_ZD_WE	25	3,08	0,80
B_RD_WT	24	2,97	0,79
B_RD_WE	25	3,30	0,68
B_VMW_WT	26	1,84	0,96
B_VMW_WE	25	3,32	0,64
B_S_WT	25	2,04	1,09
B_S_WE	25	2,60	1,15
B_P_W	26	2,39	1,10
B_K_W	26	2,46	0,95
C_RF_WT	23	2,68	0,98
C_RF_WE	25	2,92	1,04
C_TZ_WT	22	2,51	1,10
C_TZ_WE	24	2,69	1,14
C_ZD_WT	21	2,51	0,92
C_ZD_WE	24	2,63	1,14
C_RD_WT	22	2,72	0,98
C_RD_WE	25	3,04	1,02
C_VMW_WT	22	2,48	0,98
C_VMW_WE	25	3,24	0,91
C_S_WT	23	1,97	1,14
C_S_WE	25	2,08	1,12
C_P_W	25	2,36	1,29
C_K_W	24	2,92	0,97

Tabelle 3: Mittelwerte der erfragten Items pro Wochenablauf

Die Bezeichnung der Werte (Zeilen) ist im Text erläutert. N ist die Anzahl der Fälle (d.h. Beurteilungen durch Versuchspersonen), die zur Mittelwertbildung herangezogen werden konnten (da nur so viele Versuchspersonen das entsprechende Item bearbeitet haben). Der Mittelwert ist das arithmetische Mittel. (Zur Erinnerung: ‚gar nicht plausibel‘ ist durch den Zahlenwert 0 und ‚sehr plausibel‘ durch den Zahlenwert 4 codiert.)

23.3. Die Bewertung von Reihenfolge und Tageszeit der Aktivitätsdurchführungen

Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der einzelnen Wochentage hinsichtlich Reihenfolge (RF) und Tageszeit (TZ) an (in den Abb. 57 und 58 durch unterschiedliche Farben dargestellt und mit Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So abgekürzt), so findet sich ein sehr klares Bild: Es gibt einen eindeutigen Höhepunkt bei der Plausibilitätsbewertung und die Werte streuen nicht sehr stark um diesen Höhepunkt; dieses Bild ist für den Wochenplan A hinsichtlich der Reihenfolge am deutlichsten ausgeprägt und die Klarheit der Ausprägung nimmt zum einen von A über B zu C ab und ist zum anderen bezüglich der Tageszeit schwächer ausgeprägt als bezüglich der Reihenfolge. Es gibt ein eindeutiges Übergewicht der Plausibilitätsbewertungen für die Werte 2, 3 und 4 (d.h. teilweise bis sehr plausibel), wobei dieses Übergewicht vom Wochenplan A über den Wochenplan B zum Wochenplan C sinkt.

Dies findet sich auch in den entsprechenden Kennzahlen:

- Für den Wochenplan A beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Reihenfolge (RF) unter der Woche (WT) 2,9 und am Wochenende (WE) 3,1; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,66 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,96.
- Für den Wochenplan A beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Tageszeit (TZ) unter der Woche (WT) 2,7 und am Wochenende (WE) 2,9; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,80 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,06.
- Für den Wochenplan B beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Reihenfolge (RF) unter der Woche (WT) 3,0 und am Wochenende (WE) 3,9; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,95 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 4,06.
- Für den Wochenplan B beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Tageszeit (TZ) unter der Woche (WT) 3,1 und am Wochenende (WE) 3,0; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,93 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,02.
- Für den Wochenplan C beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Reihenfolge (RF) unter der Woche (WT) 2,7 und am Wochenende (WE) 2,9; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,98 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,04.

- Für den Wochenplan C beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der Tageszeit (TZ) unter der Woche (WT) 2,5 und am Wochenende (WE) 2,7; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 1,10 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,14.

Es fällt auf, dass bei den Wochenabläufen A und C die Bewertung am Wochenende besser ist als unter der Woche und dass dort die Reihenfolge besser bewertet wird als die Tageszeit. Für den Wochenablauf C zeichnet sich ein etwas anderes Bild: Zwar wird hier auch die Reihenfolge unter der Woche besser bewertet als am Wochenende, aber im Gegensatz zu den anderen beiden Wochenabläufen wird hier die Tageszeit unter der Woche besser bewertet als am Wochenende⁵³ und unter der Woche wird auch die Tageszeit leicht besser bewertet als die Reihenfolge.

Diese Befunde werden so interpretiert, dass die Versuchspersonen die Wochenpläne hinsichtlich der Reihenfolge und der zeitlichen Lage der Aktivitäten ziemlich plausibel einschätzen, denn alle Durchschnitte liegen deutlich über 2.0 (zur Erinnerung: 2.0 bedeutet teilweise plausibel; 4.0 bedeutet sehr plausibel). Zudem sind sich auch die Versuchspersonen recht einig in ihrer Bewertung, insbesondere die Reihenfolge der Aktivitäten des Wochenplans A betreffend.

Daraus wird geschlossen, dass die Reihenfolge der Aktivitäten und ihre zeitliche Lage durch das Mob- Ψ -Modell gut abgebildet wird, d.h.

- die Vergabe einer Planungspriorität (Eingangsdatum: Attribut des Aktivitätsvorhabens) und deren Verwendung im Rahmen der Ermittlung der Handlungs- bzw. Planungsleitung (vgl. Kap. 20.2.) und
- die Aufstellung von Üblichkeitsprofilen (Eingangsdatum: Attribut des Aktivitätsvorhabens) und deren Verwendung im Rahmen der Handlungsoptionsermittlung zur Operationalisierung von Erinnerungsstärke bzw. kognitivem Aufwand (vgl. Kap. 20.2.)

haben sich gut bewährt.

Auf in diesem Zusammenhang erkannte Weiterentwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten wie a) die Differenzierung der Bestimmung der Planungspriorität, b) das Verschränken von Planen & Durchführen und c) das zeitliche Kürzen oder das Aufgeben einer beabsichtigten Aktivitätsdurchführung wurde bereits in den Kap. 20.6.1. und 20.6.2. eingegangen. Zudem wurde bereits ausführlich die Datenproblematik (vgl. Kap. 20.7. und einleitend zum Teil V) diskutiert, die auch hier eine Rolle gespielt haben dürfte, denn die Versuchspersonen beurteilen konfundiert sowohl die Eingangsdaten als auch die Arbeitsweise des Mob- Ψ -Modells.

⁵³Dies ist das einzige der für jeden Wochentag erfragten Items, bei dem die Woche besser abschneidet als das Wochenende, wenn auch knapp.

Die im Ganzen schlechtere Beurteilung der Wochenpläne B und C ist dementsprechend vermutlich auf ‚schlechtere‘ im Sinne von unplausibleren und/oder unstimrigeren Eingangsdaten für die Wochenpläne B und C zurückzuführen.

Die bessere Beurteilung der Wochenendtage gegenüber den Tagen unter der Woche könnte zum einen bedingt sein durch die deutlich niedrigere Anzahl von Aktivitätsdurchführungen an diesen Tagen und zum anderen durch den deutlich freizeitorientierteren Charakter der Aktivitätsdurchführungen: Einerseits gibt es weniger Möglichkeiten, etwas unplausibel zu empfinden, und andererseits sind hier größere Freiheitsgrade gegeben und werden dementsprechend Abweichungen eher toleriert.

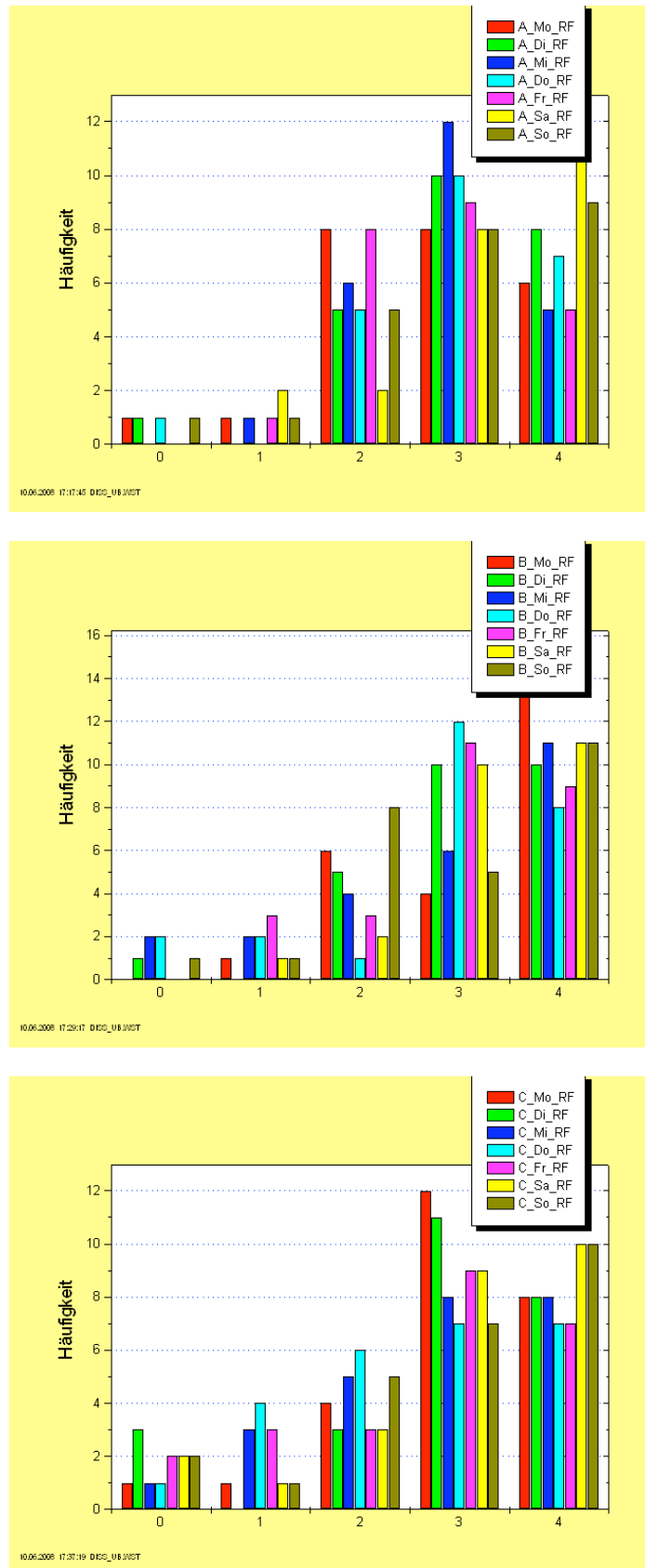


Abb. 57: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Reihenfolge der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C

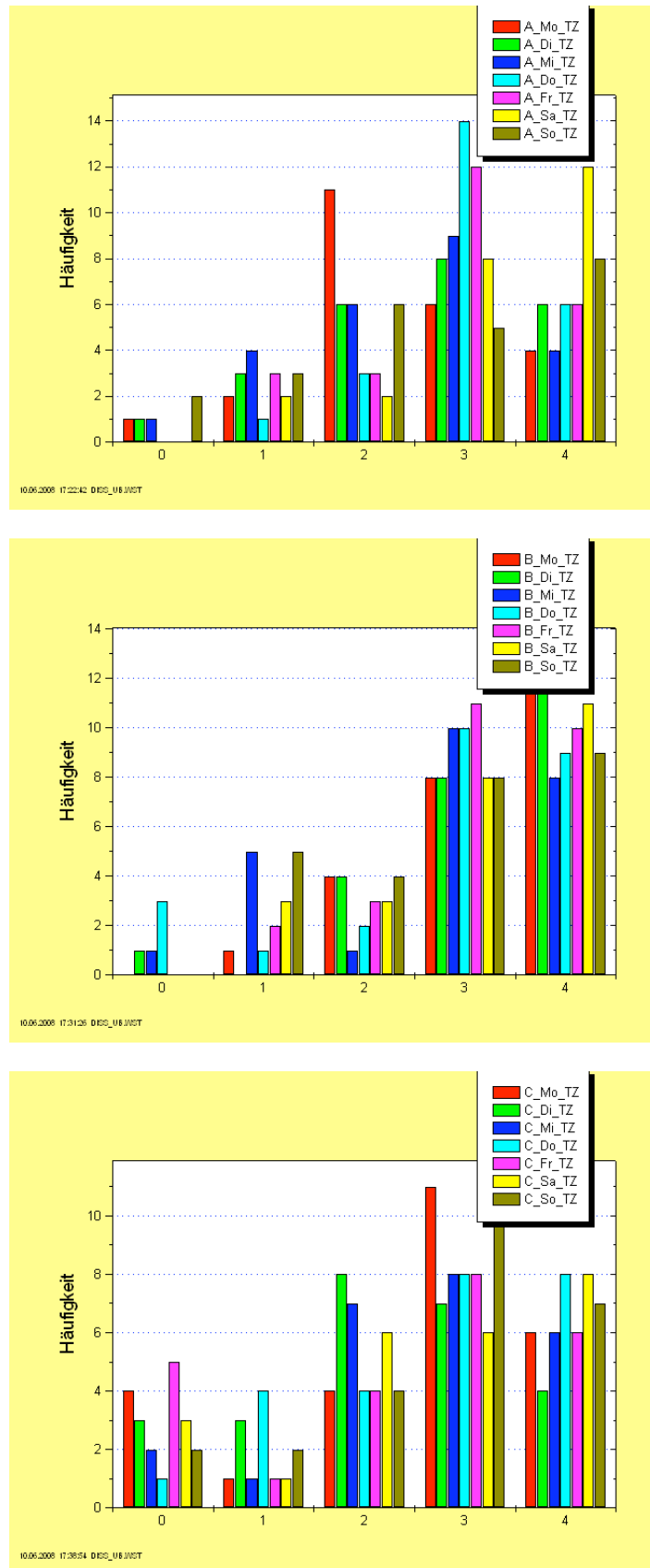


Abb. 58: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Tageszeit der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C

23.4. Die Bewertung der zeitlichen Dauer der Aktivitätsdurchführungen

Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der einzelnen Wochentage hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung an (in der Abb. 59 durch unterschiedliche Farben dargestellt und mit Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So abgekürzt), so findet sich ein klares Bild: Es gibt zwar einen eindeutigen Höhepunkt bei der Plausibilitätsbewertung, aber die Streuung der Werte ist recht hoch, nimmt von A über B zu C zu und ist ausgeprägter als bei den Items Reihenfolge und Tageszeit. Es gibt ein Übergewicht der Plausibilitätsbewertungen für die Werte 2, 3 und 4 (d.h. teilweise bis sehr plausibel), wobei dieses Übergewicht für den Wochenplan A sehr eindeutig ist, beim Wochenplan B gut zu erkennen ist und sich auch für den Wochenplan C finden lässt.

Dies findet sich auch in den entsprechenden Kennzahlen:

- Für den Wochenplan A beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 2,5 und am Wochenende (WE) 2,8; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,70 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,93.
- Für den Wochenplan B beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 2,7 und am Wochenende (WE) 3,1; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,95 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,80.
- Für den Wochenplan C beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 2,5 und am Wochenende (WE) 2,6; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,92 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,14.

Es fällt auf, dass bei allen drei Wochenabläufen die Bewertung am Wochenende besser ist als unter der Woche.

Diese Befunde werden so interpretiert, dass die Versuchspersonen die Wochenpläne hinsichtlich der Durchführungszeitdauer der Aktivitäten recht plausibel einschätzen, denn alle Durchschnitte liegen über 2.0 (zur Erinnerung: 2.0 bedeutet teilweise plausibel; 4.0 bedeutet sehr plausibel), erreichen allerdings nicht die gute Zustimmung von Reihenfolge und Tageszeit. Außerdem sind sich die Versuchspersonen recht einig in ihrer Bewertung, allerdings auch hier nicht so wie in der Bewertung von Reihenfolge und Tageszeit.

Daraus wird geschlossen, dass die zeitliche Dauer der Durchführung durch das Mob- Ψ -Modell noch verbesserungswürdig ist, d.h.

- die Vorgabe eines Zeitbudgets für die Aktivitätsoberkategorien (Eingangsdatum: Attribut des Personen; vgl. Kap. 20.1.)

- die Vorgabe einer minimalen und präferierten Durchführungsdauer pro Tag (Eingangsdatum: Attribut des Aktivitätsvorhabens; vgl. Kap. 20.1.) und
 - die Ermittlung der tatsächlichen Durchführungsdauer aus der ‚Zeitknappheit‘ bezüglich eines Zeitbudgets für einen Teil der Aktivitätsoberkategorien (vgl. Kap. 20.1.)
- haben sich nur bedingt bewährt.

Auf in diesem Zusammenhang erkannte Weiterentwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten durch die Einführung des zeitlichen Kürzens oder des Aufgebens einer beabsichtigten Aktivitätsdurchführung wurde bereits in dem Kap. 20.6.1. eingegangen. Zudem wurde bereits ausführlich die Datenproblematik (vgl. Kap. 20.7. und einleitend zum Teil V) diskutiert, die auch hier eine Rolle gespielt haben dürfte, denn die Versuchspersonen beurteilen konfundiert sowohl die Eingangsdaten als auch die Arbeitsweise des Mob- Ψ -Modells.

Die im Ganzen schlechtere Beurteilung der Durchführungsdauern gegenüber den Reihenfolgen und Tageszeiten dürfte daher einerseits darauf zurückzuführen sein, dass die entsprechenden Eingangsdaten hier ‚schlechter‘ im Sinne von unplausibler und/oder unstimmgiger waren, insbesondere da diese Eingangsdaten so formuliert wurden, dass jeweils die Durchführungsdauern an den Tagen von Mo - Fr gleich waren und dass jeweils die Durchführungsdauern an den Tagen Sa & So gleich waren. Dies erscheint in der Tat unrealistisch, denn tatsächlich dürfte die zeitliche Dauer von Durchführung zu Durchführung auf Grund des situativen Kontextes variieren. Würden aber tatsächlich alle Aktivitäten des Alltags durch das Mob- Ψ -Modells berücksichtigt werden (und nicht nur einige ausgewählte, so wie für diesen Fragebogen), so würde dieser situative Kontext abgebildet und durch die Einführung des zeitlichen Kürzens oder des Aufgebens beabsichtigter Aktivitätsdurchführungen wirksam werden.

Auf die möglichen Gründe für eine bessere Beurteilung der Wochenendtage gegenüber den Tagen unter der Woche wurde bereits im vorhergehenden Kapitel 23.3. eingegangen.

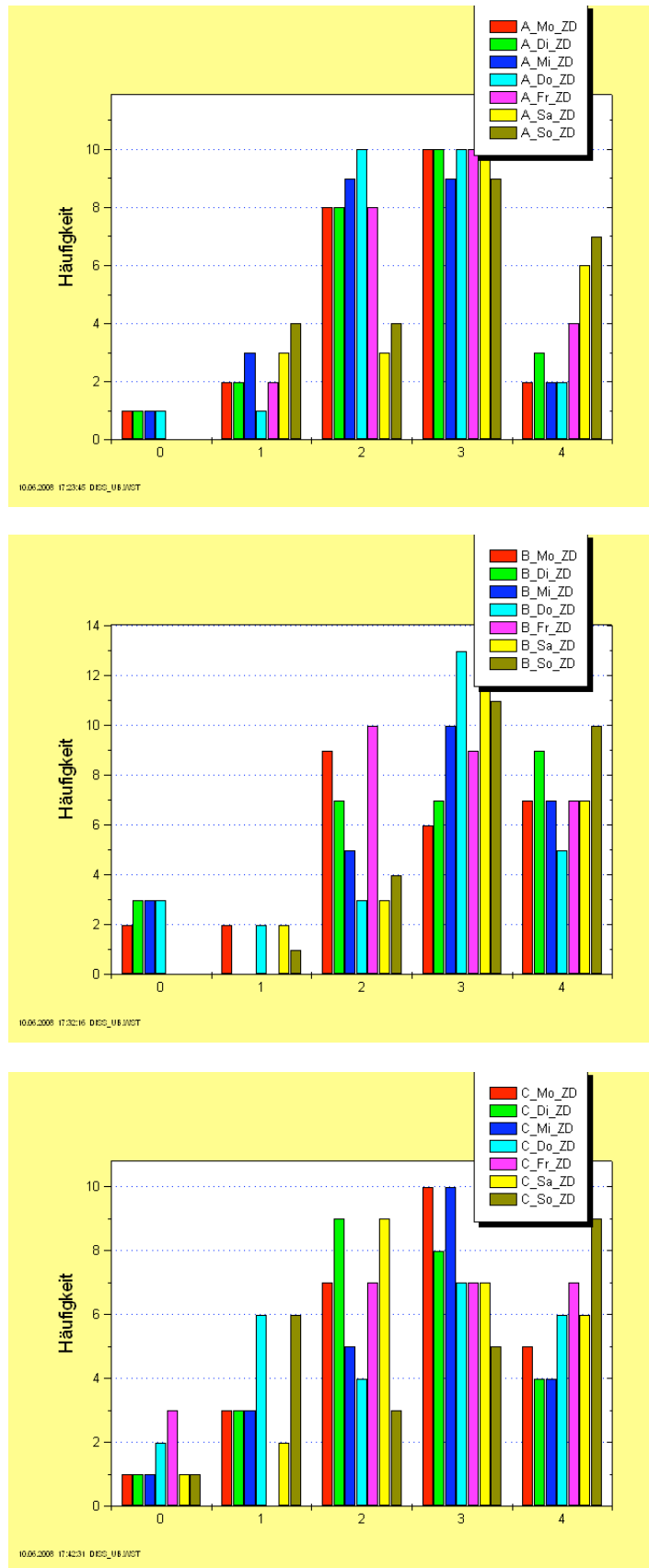


Abb. 59: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der zeitlichen Dauer der Aktivitätsdurchführungen für die Wochenpläne A, B und C

23.5. Die Bewertung der räumliche Distanz der gewählten Durchführungsstandorte

Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der einzelnen Wochentage hinsichtlich der räumlichen Distanz (RD) der Durchführungsstandorte an (in der Abb. 60 durch unterschiedliche Farben dargestellt und mit Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So abgekürzt), so findet sich ein sehr klares Bild: Es gibt einen eindeutigen Höhepunkt bei der Plausibilitätsbewertung und die Werte streuen teilweise sehr wenig um diesen Höhepunkt; dieses Bild ist für den Wochenplan A am deutlichsten ausgeprägt und die Klarheit der Ausprägung nimmt von A über B zu C ab. Es gibt ein eindeutiges Übergewicht der Plausibilitätsbewertungen für die Werte 2, 3 und 4 (d.h. teilweise bis sehr plausibel), wobei dieses Übergewicht vom Wochenplan A über den Wochenplan B zum Wochenplan C sinkt.

Dies findet sich auch in den entsprechenden Kennzahlen:

- Für den Wochenplan A beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der räumlichen Distanz (RD) unter der Woche (WT) 3,1 und am Wochenende (WE) 3,3; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,53 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,62.
- Für den Wochenplan B beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der räumlichen Distanz (RD) unter der Woche (WT) 3,0 und am Wochenende (WE) 3,3; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,79 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,68.
- Für den Wochenplan C beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der räumlichen Distanz (RD) unter der Woche (WT) 2,7 und am Wochenende (WE) 3,0; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,98 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 1,02.

Es fällt auf, dass bei allen drei Wochenabläufen die Bewertung am Wochenende besser ist als unter der Woche.

Diese Befunde werden so interpretiert, dass die Versuchspersonen die Wochenpläne hinsichtlich der räumlichen Distanz der Durchführungsstandorte als plausibel einschätzen, denn alle Durchschnitte liegen um 3.0 herum (zur Erinnerung: 2.0 bedeutet teilweise plausibel; 4.0 bedeutet sehr plausibel). Außerdem sind sich die Versuchspersonen sehr einig in ihrer Bewertung.

Daraus wird geschlossen, dass die Standortwahl durch das Mob- Ψ -Modell gut abgebildet wird. d.h.

- die Vorgabe von erwogenen Gelegenheiten (Eingangsdatum: Zuordnung zu Aktivitätsvorhaben; vgl. Kap. 20.2.),
- die Berücksichtigung entsprechender Kriterien in der Auswahl einer Handlungsoption(vgl. Kap. 20.1.),

haben sich bewährt.

Auf in diesem Zusammenhang erkannte Weiterentwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten wie a) Ausweitung der Erinnerungsstärke-operationalisierung auf die erwogenen Gelegenheiten und b) Lernen auch bezüglich Gelegenheiten wurde bereits in den Kap. 20.6.1. und 20.6.2. eingegangen. Zudem wurde bereits ausführlich die Datenproblematik (vgl. Kap. 20.7. und einleitend zum Teil V) diskutiert, die auch hier eine Rolle gespielt haben dürfte, denn die Versuchspersonen beurteilen konfundiert sowohl die Eingangsdaten als auch die Arbeitsweise des Mob- Ψ -Modells.

Die im Ganzen schlechtere Beurteilung der Wochenpläne B und C ist dementsprechend vermutlich auf ‚schlechtere‘ im Sinne unplausiblerer und/oder unstimmgigerer Eingangsdaten für die Wochenpläne B und C zurückzuführen.

Auf die möglichen Gründe für eine bessere Beurteilung der Wochenendtage gegenüber den Tagen unter der Woche wurde bereits im Kapitel 23.3. eingegangen.

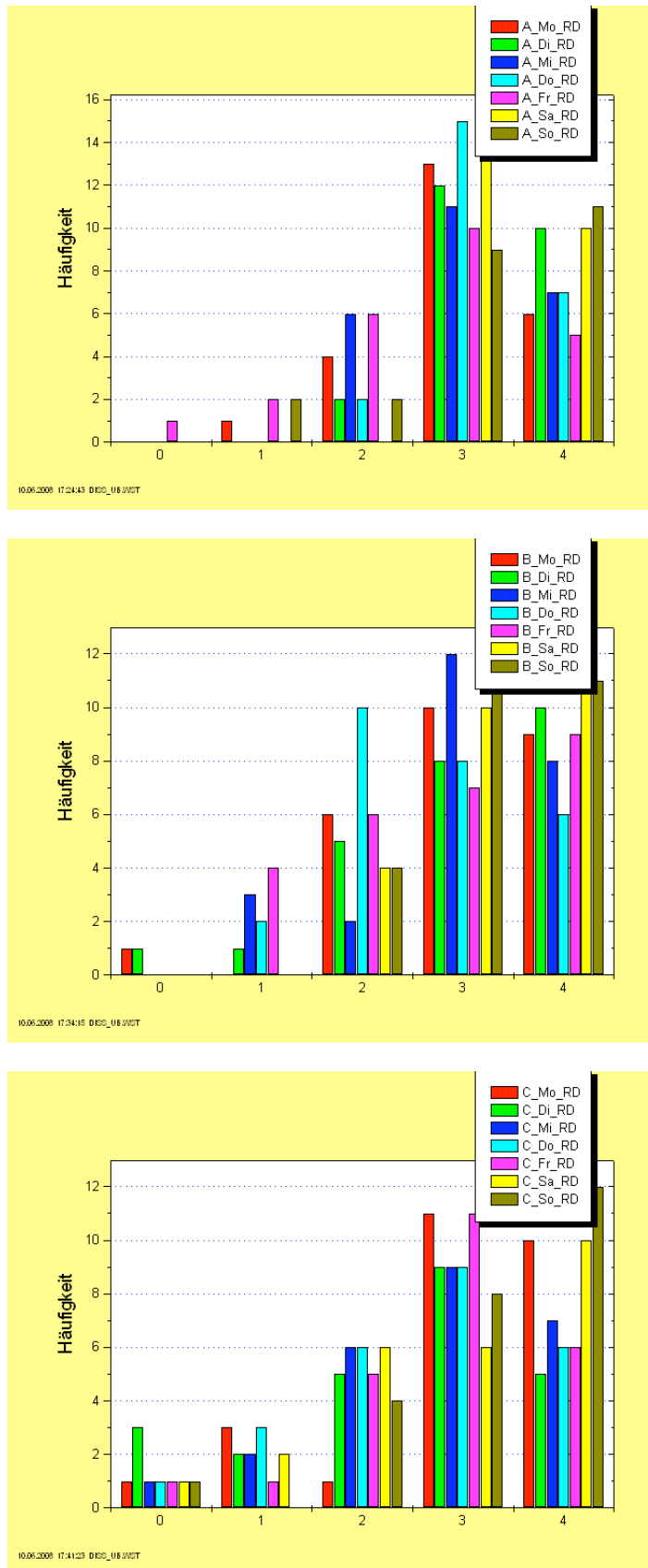


Abb. 60: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der räumlichen Distanz der Durchführungsstandorte für die Wochenpläne A, B und C

23.6. Die Bewertung der Verkehrsmittelwahl

Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der einzelnen Wochentage hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl an (in der Abb. 61 durch unterschiedliche Farben dargestellt und mit Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So abgekürzt), so findet sich ein uneinheitliches Bild: Für einige Wochentage der drei Wochenabläufe finden sich teilweise sehr eindeutige Höhepunkte mit geringer Streuung (bspw. Mo bei A), während hingegen andere Wochentage einzelner Wochenabläufe keinen Höhepunkt und eine große Streuung aufweisen (bspw. Do bei B). Im Großen und Ganzen findet sich für die einzelnen Wochentage in den Wochenabläufen A und C noch ein recht eindeutiges Bild mit einem Höhenpunkt für die Tage unter der Woche bei 3, aber einer großen Streuung, auch wenn sich ein leichtes Übergewicht für die Bewertungen 2, 3 und 4 (d.h. teilweise bis sehr plausibel) finden lässt.

Dies findet sich auch in den entsprechenden Kennzahlen:

- Für den Wochenplan A beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 2,7 und am Wochenende (WE) 3,3; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,71 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,64.
- Für den Wochenplan B beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 1,8 und am Wochenende (WE) 3,3; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,96 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,64.
- Für den Wochenplan C beträgt der Bewertungsdurchschnitt hinsichtlich der zeitlichen Dauer der Durchführung (ZD) unter der Woche (WT) 2,5 und am Wochenende (WE) 3,2; die Standardabweichung als Maß für die Streuung beträgt hier für den Durchschnitt unter der Woche (WT) 0,98 und für den Durchschnitt am Wochenende (WE) 0,91.

Es fällt auf, dass bei allen drei Wochenabläufen die Bewertung am Wochenende besser ist als unter der Woche.

Diese Befunde werden so interpretiert, dass die Versuchspersonen die Wochenpläne A und C hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl im Wesentlichen durchaus plausibel einschätzen, denn alle Durchschnitte liegen über 2,5 (zur Erinnerung: 2,0 bedeutet teilweise plausibel; 4,0 bedeutet sehr plausibel). Allerdings zeigt sich hier die größte Streuung der Werte, d.h. hier sind sich die Versuchspersonen hinsichtlich der Plausibilität am uneinigsten.

Für den Wochenplan B zeigt sich jedoch nur für das Wochenende ein eindeutiges Bild, während hingegen die Verkehrsmittelwahl unter der Woche sehr unterschiedlich bewertet wird. Dies verwundert nicht vor dem Hintergrund, dass u.a. hier die Präferenzen der Mutter (Person B) die Verkehrsmittelwahl der Schulwege der Grundschul Kinder bestimmten;

eigentlich müsste es hier aber einen Abstimmungsprozess (vgl. Kap. 20.6.3.) geben, der die Präferenzen von Mutter und Kindern und die unterschiedlichen körperlichen Gegebenheiten und die daraus resultierenden Geschwindigkeitsunterschiede berücksichtigt.

Daraus wird geschlossen, dass die zeitliche Dauer der Durchführung durch das Mob- Ψ -Modell einerseits recht gut ist, d.h.

- die Vorgabe von Planungsrangfolgen (Eingangsdatum: Attribut der einer Person zugeordneten Verkehrsmittel; vgl. Kap. 20.2.) und
- die Berücksichtigung entsprechender Kriterien in der Auswahl einer Handlungsoption (vgl. Kap. 20.1.),

haben sich bewährt.

Andererseits ist es aber dringend erforderlich, das Mob- Ψ -Modell um Anwesenheits- und Begleitnotwendigkeiten und die daraus resultierenden Interaktionen und Interdependenzen abzubilden (vgl. Kap. 20.6.3.).

Zudem wurde bereits ausführlich die Datenproblematik (vgl. Kap. 20.7. und einleitend zum Teil V) diskutiert, die auch hier eine Rolle gespielt haben dürfte, denn die Versuchspersonen beurteilen konfundiert sowohl die Eingangsdaten als auch die Arbeitsweise des Mob- Ψ -Modells.

Unterschiede zwischen den Bewertungen der Wochenabläufe könnten also auch teilweise darauf zurückzuführen sein, dass die entsprechenden Eingangsdaten hier ‚besser‘ oder ‚schlechter‘ im Sinne von (un)plausibler und/oder (un)stimmiger waren.

Auf die möglichen Gründe für eine bessere Beurteilung der Wochenendtage gegenüber den Tagen unter der Woche wurde bereits im vorhergehenden Kapitel 23.3. eingegangen.

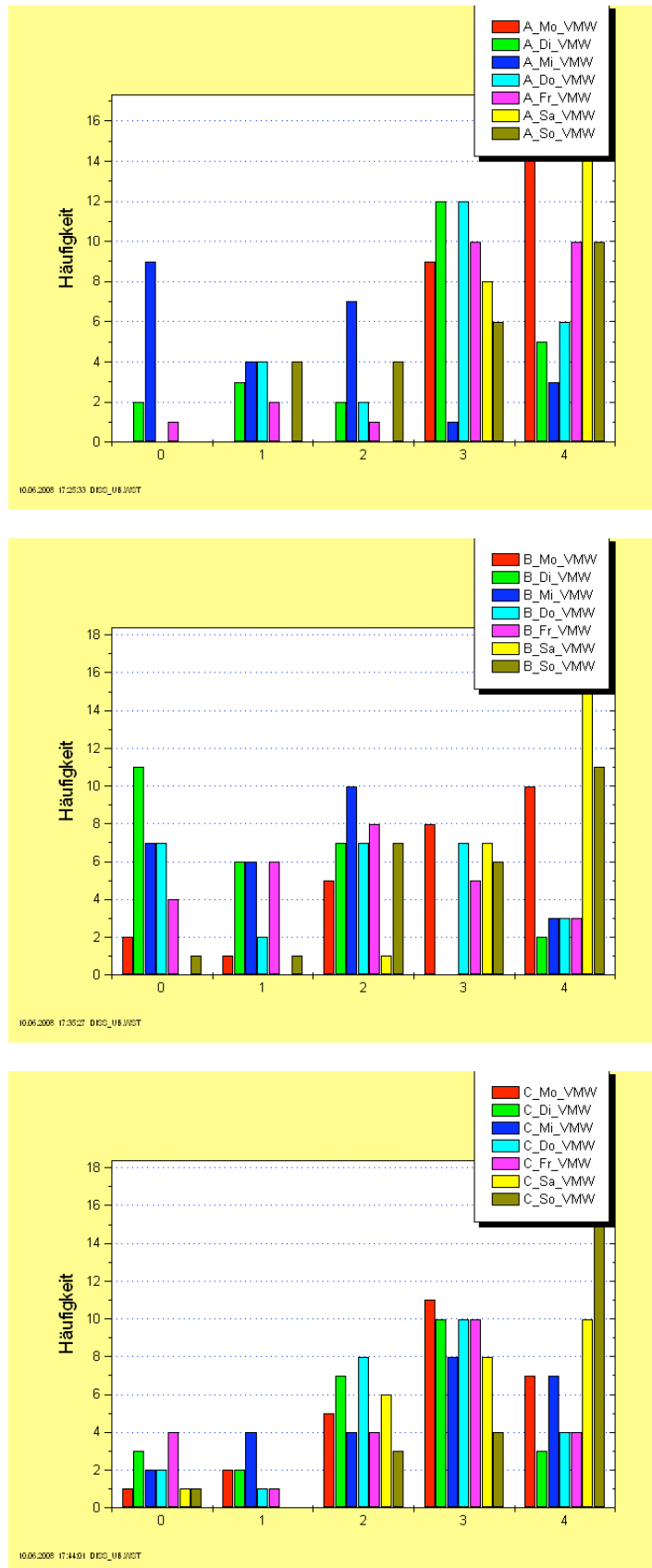


Abb. 61: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Verkehrsmittelwahl für die Wochenpläne A, B und C

23.7. Die Selbsteinschätzung

Schaut man sich die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der einzelnen Wochentage hinsichtlich der ‚Selbsteinschätzung‘ („Könnten Sie sich vorstellen, dass Ihr Tag unter ähnlichen Lebensumständen so ablaufen würde?“) an (in der Abb. 62 durch unterschiedliche Farben dargestellt und mit Mo, Di, Mi, Do, Fr, Sa, So abgekürzt), so findet sich hier das uneinheitlichste Bild von allen: Einerseits finden sich zwar viele Wochentage bei A und B, die vielfach noch Kurvenverläufe mit erkennbaren Höhepunkten, aber großen Streuungen haben (bspw. Mo oder Mi bei A). Andererseits kommen aber auch annähernd Gleichverteilungen vor (bspw. Do bei C).

Dieses Ergebnis ist allerdings nicht überraschend, denn auch wenn man einen Tages- oder Wochenablauf für eine andere Person plausibel findet, so wird man doch häufig für sich selbst als einen ‚Experten für Alltagsorganisation‘ eine ganz konkrete und eindeutige Vorstellung von dem haben, wie es sein sollte. Zudem konnten den Versuchspersonen auch gar nicht alle Rahmenbedingungen mitgeteilt werden, sodass das Urteil unter Umständen noch revidiert würde, wenn man denn tatsächlich mit solchen Lebensumständen konfrontiert wäre, und sei es nur imaginativ wie bei den vorliegenden Fragebögen.

23.8. Zusammenfassung

Im Großen und Ganzen werden die Wochenabläufe als plausibel angesehen. Weniger gute Bewertungen lassen sich im Wesentlichen auf bereits erkannte Weiterentwicklungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten (siehe Kap. 20.6.) zurückführen und liefern somit für diese auch eine empirische Bestätigung.

23.9. Qualitative Antworten

Leider war es im Rahmen dieser Dissertation nicht mehr möglich, die qualitativen Antworten auszuwerten, die im Hinblick auf das Beseitigen von Unstimmigkeiten deutliche Hinweise geben dürften. Diese werden aber für die Weiterentwicklung ausgewertet und benutzt werden.

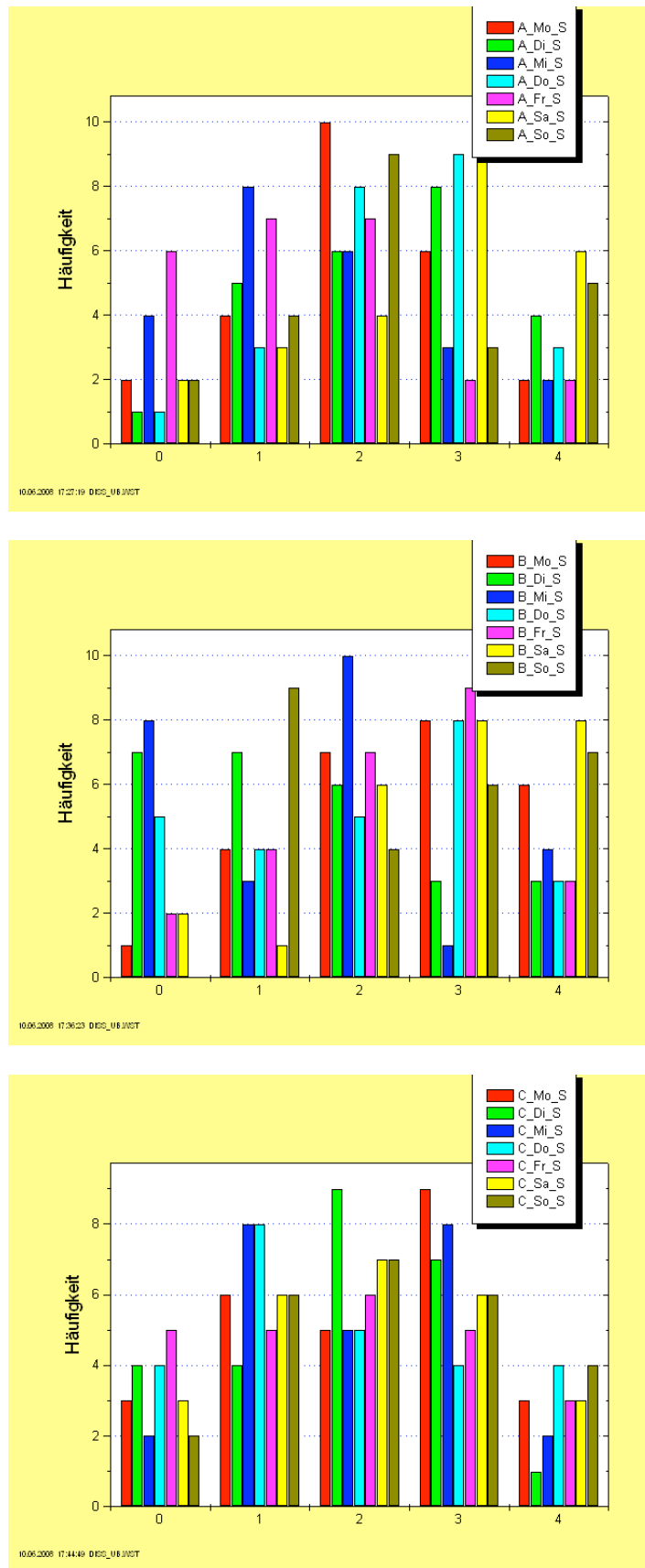


Abb. 62: Die Häufigkeitsverteilung der Plausibilitätsbewertung der Selbsteinschätzung für die Wochenpläne A, B und C

Teil VI: Resümee

Diese Arbeit propagiert die formalisierte Modellbildung in der Psychologie, indem eine umfassende psychologische Theorie als Computersimulationsmodell in Form eines autonomen Agenten implementiert wird. Dies geschieht mit dem Ziel, psychologisches Theoriengut für die Simulation menschlichen Handelns und Entscheidens in sozio-technischen Multiagentensystemen im Allgemeinen und im Anwendungsbereich Mobilität im Besonderen nutzbar zu machen:

Einerseits ist für die Psychologie eine solche Formulierung ihres Theorienguts sehr sinnvoll, da anscheinend die Überprüfung und Weiterentwicklung ihres Theorienguts durch eine funktional-(re)konstruktive Modellbildung noch viel zu selten vertreten sind. Sowohl interessant für die Psychologie als auch notwendig für ein psychologisch valides Agentenmodell ist dabei die spezifische Fragestellung dieser Arbeit, nämlich welche psychologischen Theorien und Modelle geeignet sind, die Spannbreite von alltäglichem, automatisiertem Handeln und Entscheiden bis hin zu problemlösendem Handeln und Entscheiden zu beschreiben, dabei den Einfluss von Erfahrung (Lernen) zu berücksichtigen und mit zwei wesentlichen Grundtypen von Optimierungsproblemen, nämlich mit dem Rucksack- und dem Traveling-Salesman-Problem, auf menschliche Art und Weise umzugehen.

Andererseits ist für die Modellierung und Simulation mithilfe sozio-technischer Multiagentensysteme im Allgemeinen und im Anwendungsbereich Mobilität im Besonderen von einem derartig psychologisch validen und damit kausal erklärenden Agentenmodell eine erhebliche Verstärkung der Beschreibungs- und Prognosekraft vorhandener Modelle zu erwarten. Denn durch den hier vorgeschlagenen Weg wird zum einen ein umfassendes Menschenbild verwirklicht, statt den Menschen je nach Anwendung und Hintergrund auf einen homo oeconomicus, sociologicus etc. zu reduzieren; zum anderen werden somit menschliches Handeln und Entscheiden aus ihren Ursachen produziert, statt sie mit statistischen und/oder stochastischen Methoden aus Beobachtungen zu reproduzieren.

Die Notwendigkeit eines derartigen Vorgehens wurde in dieser Arbeit aus Eigenschaften des Systems ‚Städtische Mobilität‘ abgeleitet (Teil II). Zusammenfassend lässt sich meiner Ansicht nach feststellen, dass die Modellierung sozio-technischer Systeme subjektive, individualisierbare Modelle erfordert, die unterschiedliche Entscheidungssituationen und in der Vergangenheit gemachte Erfahrungen berücksichtigen.

Es wurde aufgezeigt, dass die PSI-Theorie von Dietrich Dörner eine hervorragende Basis für ein dafür benötigtes Agentenmodell ist (Teil III). Die Operationalisierung wurde am Beispiel Mobilität demonstriert (Teil IV), wobei der Schwerpunkt dieser Arbeit auf dem individuellen Agieren lag.

Mit dem vorliegenden Modell ist somit die Basis für eine – späteren Arbeiten vorbehalten – Erweiterung um ein Lernen und ein soziales Interagieren geschaffen, d.h. hier wurde in einem ersten Schritt das Fundament eines umfangreichen psychologisch fundierten Agentenmodells des alltäglichen Mobilitätsverhaltens (Alltagsorganisation) gelegt. Damit ist ein erster Schritt zu einer anderen Art von Verkehrsnachfragemodellierung vollzogen, die eine neuartige Qualität von Prognose- und Untersuchungsmöglichkeiten eröffnet:

So folgt zwar die klassische Verkehrs(nachfrage)modellierung einem Top-Down-Ansatz und wählt einen zunehmend feineren Auflösungsgrad, sodass man auch hier inzwischen – nachdem in den letzten Jahren die Modellierung von ganzen Stadtregionen auf der Basis von Multiagentensystemen technisch machbar wurde – auf der Mikroebene, d.h. bei der Simulation des einzelnen Akteurs, angekommen ist.

Die Verhaltensmodellierung der eingesetzten Agenten ist jedoch nach wie vor von einem aus der klassischen Entscheidungsforschung stammenden, stark betriebswirtschaftlich geprägten ‚homo oeconomicus‘-Menschenbild geprägt, das Faktoren wie subjektive Bewertungen, soziale Prägungen, vergangene Erfahrungen, Informiertheit, Gewohnheiten etc. viel zu wenig berücksichtigt.

Zudem wird bei der Verhaltensmodellierung immer noch sehr stark *deskriptiv* gearbeitet, d.h. auf der Basis vorliegender statistischer und empirischer Daten werden Eigenschaften und beobachtete Verhaltensmuster zugewiesen. Zwar entspricht eine derartig erzeugte synthetische Bevölkerung in den statistischen Kennzahlen der aktuell erfassten realen Bevölkerung, da man sich aber wenig Gedanken über kausale Zusammenhänge macht, ist die Kombination von zugewiesenen Eigenschaften und Verhaltensmustern nicht *zwangsläufig* stimmig und plausibel (detaillierter siehe Kap. 20.7.). Demzufolge geht die Modellierung auf der Ebene einzelner Akteure – also auf der Mikroebene – nicht *zwangsläufig* mit dem Anspruch einher, dass sich der einzelne Agent psychologisch stimmig und valide verhält, sondern es wird lediglich der Anspruch erhoben, dass die Agenten sich durchschnittlich verhalten.

Letzteres könnte der Grund sein, warum derartige Ansätze im verkehrstechnischen und -wirtschaftlichen Bereich *kurzfristig* gute Prognosen abliefern. Denn in den Bereichen, in denen das menschliche Verhalten von gut erfassbaren Routinen dominiert wird, sind die Übernahme und Fortschreibung der empirisch erhobenen Daten unproblematisch und die interne Stimmigkeit der einer Person zugewiesenen Daten nicht zwingend erforderlich, sondern die Daten müssen nur ‚richtig‘ über die Bevölkerung verteilt sein.

Stärker *erklärende* Ansätze, die auf die Mobilitätsursachen eingehen, existieren mit der Hägerstrandschen Raum-Zeit-Geographie zwar schon länger, schlagen sich aber erst in den letzten Jahren in der Modellierung, und dann nur im Planungsverhalten, nieder. Wenn jedoch wirklich Entwicklungen nachvollzogen werden sollen, sprich *längerfristige* Prognosen erstellt werden sollen, wenn man

Lerneffekte simulieren möchte, wenn die Wirkung von soft policy Maßnahmen auf das Wissen und die Einstellungen der Akteure untersucht werden soll, wenn die Einbindung in den sozialen Kontext erfasst werden soll etc., dann **ist ein ganzheitliches, stimmiges psychologisches Agentenmodell der Handlungsorganisation, -planung und Entscheidungsfindung gefragt, das die Bandbreite von problemlösendem bis hin zu routinisiertem Verhalten *kausal* erklärt.**

Dafür sind die Agenten mit einer Umweltrepräsentation, also mit einem Gedächtnis auszustatten, sodass die Abbildung von Lernen, d.h. die Modifikation der Gedächtnisinhalte und damit die Veränderung des Verhaltenspotentials und/oder des Verhaltens, überhaupt erst möglich wird. Bettet man nun ein solches Modell in ein Simulationskonzept ein, welches den Agenten über mehrere Iterationsschleifen hinweg als Persönlichkeit erhält, so sind Prozesse und nicht nur statische Zustände abbildbar. Insbesondere werden mit Einführung und Einbettung solcher Agenten der Aufbau, der Erhalt und der Bruch von Routinen beschreibbar. Dies ist besonders wichtig, da Routinen und damit routinisierte und stereotype Entscheidungen im Sinne Jungermanns (Jungermann et al., 2005) unseren Alltag stark dominieren und reflektierte Entscheidungen, wie sie im Regelfall von Verkehrsmodellen unterstellt werden, wenig vorkommen.

Nur mit einem solchen Modell ist die Untersuchung der Wirkung von ‚soft policy‘ Maßnahmen möglich, die auf die inneren Begründungszusammenhänge abzielen. Und nur von einem solchen Modell kann man erwarten, Verhalten auch längerfristig, d.h. auch unter veränderten Rahmenbedingungen, prognostizieren zu können; denn nur wenn die inneren Funktionsmechanismen beschrieben werden, besteht die berechtigte Hoffnung, auch die Reaktion auf unerwartete Bedingungen richtig (zumindest richtungssicher) abzubilden.

Das Fundament für ein derartiges Modell wurde mit dem vorgelegten Mob- Ψ -Modell geschaffen und die drei wesentlichen Weiterentwicklungen wurden skizziert:

So ist der erste Schwerpunkt weiterer Arbeiten zunächst einmal die Verschränkung von Planen und Durchführen, denn dies wird den größten Teil der erkannten Unstimmigkeiten beseitigen (vgl. Kap. 20.6.).

Der zweite Schwerpunkt ist die Weiterentwicklung des Lernens, insbesondere des Aufbaus, des Erhalts und des Bruchs von Routinen. Dies wird zum einen das hier beschriebene Modell des kurzfristigen Verhaltens betreffen; zum anderen wird man aber auch ein entsprechendes Modell des mittelfristigen Verhaltens (Wohnstandort- und Arbeitsplatzwahl, Autobesitz etc.) ergänzen müssen (vgl. Kap. 20.6.2.).

Das verbleibende Problem ist jedoch die große Schere, die sich einerseits zwischen den Ergebnissen der Systemanalyse und den daraus resultierenden Modellierungsanforderungen und andererseits den vorliegenden empirischen

Daten, mit denen eine solches Modell gefüttert werden müsste, aufzut: Die Systemanalyseergebnisse verlangen eine kausale Modellierung der Mobilitätsursachen auf individueller Ebene, während die vorliegenden empirischen Daten eine deskriptive Beschreibung des Mobilitätsverhaltens – häufig in aggregierter Form – liefern, die nur wenig auf die Gründe und Bedingungen für bestimmte Mobilitätsformen eingeht.

So konnte zwar die Plausibilität des entwickelten Modells gezeigt werden (Teil V), aufgrund des neuartigen Zugangs zur Verkehrsmodellierung gab es jedoch erhebliche Datenprobleme, durch die eine Parametrisierung und Validierung des Modells im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr geleistet werden konnte.

Zudem führte diese Datenproblematik letztlich dazu, dass das hier beschriebene Modell im Rahmen des ILUMASS-Projekts im Wesentlichen als Forschungswerkzeug eingesetzt und nicht im Rahmen der Simulationsläufe angewendet wurde (vgl. Kap. 20.7.).

So bleibt als dritter Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten die Validierung des eigentlichen Mobilitätsverhaltens von Einzelpersonen durch entsprechende Parametrisierung des Modells und darauf aufbauend eine Methode für eine Datenerhebung und -verarbeitung, die das Erzeugen einer psychologisch validen synthetischen Population erlaubt (vgl. Teil V).

Dabei kann eine Validierung zunächst nur das Ausmaß an Ähnlichkeit mit der Realität aufzeigen, während hingegen die Frage, ob diese Ähnlichkeit für die Modellierungsziele ausreichend ist, den Erfahrungen mit der Anwendung des Modells obliegt, d.h. der Bewährung des Modells im Wissenschaftsbetrieb durch Vergleich mit den Ergebnissen anderer Modelle und durch die Bewertung der Prognosegenauigkeit (Evaluation des Modells).

Dies ist zwar ein weiter Weg, der aber meiner Ansicht nach aufgrund der vorgefundenen Systemeigenschaften beschränkt werden muss. Er erfordert ein Umdenken in der empirischen Datenerhebung und -verwendung und darauf aufbauend eine intensive Forschung zur Parametrisierung der Modelle. Dieser Weg wird sich aber nicht nur für die Verkehrsmodellierung lohnen, sondern wichtige Erkenntnisse für die Modellierung anderer sozio-technischer Systeme bringen und somit helfen, viele der sich aktuell stellenden Managementprobleme effektiver zu bearbeiten.

Somit ist mit dem vorliegenden Mob- Ψ -Modell ein erster Schritt auf dem Weg zu einer anderen Art von Verkehrsnachfragemodellierung getan, die Verkehrsverhalten kausal und psychologisch valide auf individueller Ebene erklärt. Damit sind ein Rahmen und ein Grundgerüst für notwendige Folgearbeiten gestellt, und das Mob- Ψ -Modell schafft aufgrund seiner Arbeitsprinzipien im Gegensatz zu klassischen Verkehrsmodellen überhaupt erst die Möglichkeiten, entsprechende kausale, psychologische, individuelle, erklärende etc. Erkenntnisse über Verkehrsverhalten aufzunehmen bzw. entsprechende Hypothesen zu testen (vgl. Kap. 21.).

Die Zukunft wird zeigen, ob dies hilft, die im Rahmen der klassischen Modellierung auftretenden Erklärungs- und Prognoseprobleme zu lösen, jedoch zeigen die Systemanalyseergebnisse mögliche Quellen für diese Probleme auf, die durch den in dieser Arbeit vorgeschlagenen Ansatz eliminiert werden.

Literatur

- Abelson, R. P. & Levi, A. (1985). Decision making and decision theory. In G. Lindzey & E. Aronson (Hrsg.), *Handbook of social psychology* (S. 231-309). New York: Random House.
- Aberle, G. (1994). Editorial: Vom Recht auf Mobilität und der Pflicht, sie zu bekämpfen. *Internationales Verkehrswesen*, 46(3), 87.
- Ach, N. (1935). Analyse des Willens. In E. Abderhalden (Hrsg.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden* Vol. VI. Berlin: Urban und Schwarzenberg.
- Ajzen, I. (1985). From interactions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckman (Hrsg.), *Action control: From cognition to behavior* (S. 11-39). Berlin: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- Albers, K. (1996). *Der Einfluss der ÖPNV-Qualität auf die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel am Beispiel der Berufspendler in der Stadt Bremen (1970-1987)*. Bremen: Universität Bremen, ZWE "Arbeit und Region", Arbeitspapiere Nr. 23.
- Altenecker, W. & Rissler, R. (1995). Motive und Bedürfnisse im Zusammenhang mit Soziologie der Verkehrsmittelwahl. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 41(2), 77-83.
- Altman, I. (1977). Privacy Regulation: Culturally universal or culturally specific? *Social Issues*, 3, 66-84.
- Altman, I. & Rogoff (1987). World views in psychology: Trait, interactional, organismic, and transactional perspectives. In D. Stokols & I. Altman (Hrsg.), *Handbook of environmental psychology* Vol. 1 (S. 7-40). New York: John Wiley & Sons.
- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (1985). *Cognitive Psychology and its Implications*. New York: Freeman.
- Anderson, J. R. (1988). *Kognitive Psychologie. Eine Einführung*. Heidelberg: Verlag Spektrum der Wissenschaft (Original 1980).
- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Apel, D. (1992). *Verkehrskonzepte in europäischen Städten*. Berlin: Institut für Urbanistik.
- Arentze, T. A., Hofmann, F., Joh, C. H. & Timmermans, H. J. P. (1998). Experiences with Developing ALBATROSS. A Learning-Based

- Transportation Oriented Simulation System. In K. J. Beckmann (Hrsg.), *Tagungsband zum Ergebnis-Workshop Verkehr und Mobilität* (S. 61-70). Stadt Region Land, Heft 66. Aachen: Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr.
- Ashby, W. R. (1960). *Design for a Brain*. London: Chapman & Hall.
- Athay, M. & Darley, J. M. (1981). Toward an interaction-centered theory of personality. In N. Cantor & J. F. Kihlstrom (Hrsg.), *Personality, cognition and social interaction* (S. 281-308). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Atkinson, J. W. & Birch, D. (1970). *A dynamic theory of action*. New York: Wiley.
- Atkinson, R. C. & Schiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation* (S. 89-195). New York: Academic Press.
- Axhausen, K., Brannolte, U., Dienel, H.-L. & Rade, A. (1998). *Freizeitverkehr. Innovative Analysen und Lösungsansätze in einem multidisziplinären Handlungsfeld. Dokumentation eines interdisziplinären Workshops des Bundesministeriums für Bildung und Forschung am 10. und 11. Dezember im Hotel Bristol in Bonn*. Verfügbar unter: www.freizeitverkehr.de.
- Axhausen, K. W. (1995). Was sind Methoden der direkten Nutzenmessung, Conjoint Analysis oder Stated Preferences? *Straßenverkehrstechnik*, 39(5), 210-218.
- Axhausen, K. W. (1998). Can we ever obtain the data we would like to have? In T. Gärling, T. Laitila & K. Westin (Hrsg.), *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling* (S. 305-323). Amsterdam u.a.: Elsevier.
- Axhausen, K. W., Zimmermann, A., Schönfelder, S., Rindsfuser, G. & Haupt, T. (2002). Observing the rhythms of daily life: A six-week travel diary. *Transportation*, 29, 95-124.
- Bach, J. (2003). The MicroPsi Architecture. In F. Detje, D. Dörner & H. Schaub (Hrsg.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Cognitive Modeling*. Bamberg: Universitäts-Verlag Bamberg.
- Baddeley, A. (1997). *Human Memory: Theory and Practice*. Hove, UK: Psychology Press.
- Badke-Schaub, P. & Frankenberger, E. (2004). *Management kritischer Situationen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bamberg, S. (1999). *Theoriegeleitete Evaluation einer umweltpolitischen Maßnahme: Längsschnittliche Überprüfung der Wirksamkeit des Gießener Semestertickets mithilfe der Theorie des geplanten Verhaltens*. Verfügbar unter: <http://www.dgps.de/gruppen/fachgruppen/umwelt/abstracts/VBAMBERG.html>.

- Bamberg, S., Bien, W. & Schmidt, P. (1995). Wann steigen Autofahrer auf den Bus um? Oder: Lassen sich aus sozialpsychologischen Handlungstheorien praktische Maßnahmen ableiten? In A. Diekmann & A. Franzen (Hrsg.), *Kooperatives Umwelthandeln. Modelle, Erfahrungen, Maßnahmen* (S. 89-111). Chur: Rüegger.
- Bamberg, S., Gumbel, H. & Schmidt, P. (Hrsg.) (2000). *Rational Choice und theoriegeleitete Evaluationsforschung. Am Beispiel der "Verhaltenswirksamkeit verkehrspolitischer Maßnahmen"*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bamberg, S. & Schmidt, P. (1994). Auto oder Fahrrad? Empirischer Test einer Handlungstheorie zur Erklärung der Verkehrsmittelwahl. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 46(1), 80-102.
- Bandura, A. (1965). Influence of model's reinforcement contingencies on the acquisition of imitative response. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1, 589-595.
- Bargh, J. A. & Gollwitzer, P. M. (1994). Environmental control of goal-directed action: Automatic and strategic contingencies between situations and behavior. In W. D. Spaulding (Hrsg.), *Nebraska Symposium on Motivation* (S. 71-124). Lincoln: University of Nebraska Press.
- Bartl, C. & Dörner, D. (1998). Sprachlos beim Denken. Zum Einfluss von Sprache auf die Problemlöse- und Gedächtnisleistung bei der Bearbeitung eines nicht-sprachlichen Problems. *Sprache & Kognition*, 17(4), 224-238.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Beach, L. R. & Mitchell, T. R. (1978). A Contingency Model for the Selection of Decision Strategies. *Academy of Management Review*, 3, 439-449.
- Beach, L. R. & Potter, R. E. (1992). The pre-choice screening of options. *Acta Psychologica*, 81, 115-126.
- Beck-Bornholdt, H.-P. & Dubben, H.-H. (2002). *Der Hund der Eier legt*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (Original 1997).
- Beckmann, K. J., Brüggemann, U., Gräfe, J., Huber, F., Meiners, H., Mieth, P., Moeckel, R., Mühlhans, H., Rindsfuser, G., Schaub, H., Schrader, R., Schürmann, C., Schwarze, B., Spiekermann, K., Strauch, D., Spahn, M., Wagner, P. & Wegener, M. (2007). *ILUMASS - Integrated Land-Use Modelling and Transportation System Simulation. Endbericht*.
- Belschner, W. (1990). Strukturelle Maßnahmen im Wohnbereich zur Gesundheitsförderung von MieterInnen. In *Dokumentation des Kolloquiums "Strategien für eine gesündere Stadt"*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.
- Berlyne, D. E. (1974). *Konflikt, Erregung, Neugier*. Stuttgart: Klett-Cotta.

- Betsch, T. (1995). *Das Routinen-Modell der Handlungsselektion*. Aachen: Shaker.
- Betsch, T., Haberstroh, S., Glöckner, A., Haar, T. & Fiedler, K. (2001). The Effects of Routine Strength on Adaptation and Information Search in Recurrent Decision Making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 84(1), 23-53.
- Bischof, N. (1981). Aristoteles, Galilei, Kurt Lewin - und die Folgen. In W. Michaelis (Hrsg.), *Bericht über den 32. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Zürich 1980* (S. 17-39). Göttingen: Verlag für Psychologie.
- Bischof, N. (1985). *Das Rätsel Ödipus. Die biologischen Wurzeln des Urkonfliktes von Intimität und Autonomie*. München: Piper.
- Bischof, N. (1989). Emotionale Verwirrungen. Oder: Von den Schwierigkeiten im Umgang mit der Biologie. *Psychologische Rundschau*, 40, 188-205.
- Bolles, R. C. (1972). Reinforcement, expectancy, and learning. *Psychological Review*, 79, 394-409.
- Bossel, H. (1989). *Simulation dynamischer Systeme*. Braunschweig: Vieweg.
- Boulding, K. E. (1978). *Ecodynamics*. Beverly Hills, Ca.: Sage.
- Bransford, J. D. (1979). *Human Cognition*. Belmont: Wadsworth.
- Bredenkamp, J. (1997). Lernen. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 280-296). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Bredenkamp, J. (1998). *Lernen, Erinnern, Vergessen*. München: Beck.
- Bredenkamp, J. & Erdfelder, E. (1996). Methoden der Gedächtnispsychologie. In D. Albert & K. H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (S. 1-94). Enzyklopädie der Psychologie, C/II/4. Göttingen: Hogrefe.
- Breuer, F. (1989). *Wissenschaftstheorie für Psychologen. Eine Einführung*. Münster: Aschendorff.
- Briggs, J. & Peat, F. D. (1993). *Die Entdeckung des Chaos*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG.
- Brunstein, J. C. & Guenter, W. M. (1996). Persönliche Ziele: Ein Überblick zum Stand der Forschung. *Psychologische Rundschau*, 47, 146-160.
- Brög, W. & Erl, E. (1983). Application of a model of individual behavior (situational approach) to explain household activity patterns in an urban area and to forecast behavioral changes. In S. Carpenter & P. Jones (Hrsg.), *Recent Advances in Travel Demand Analysis* (S. 350-370). Aldershot: Gower.
- Brüggemann, U. (2002). Moving through the City - A Psychologically Based Multi-Agent Model of Mobility. In D. Polani, J. T. Kim & T. Martinetz

- (Hrsg.), *Fifth German Workshop on Artificial Life* (S. 107-114). Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft Aka.
- Brüggemann, U. & Lehmann, H. (2001). *Systemanalyse und Modellierung der Mobilität in Stadtregionen*. Wuppertal: Wuppertal Institut, Forschungsberichte "Ökologisch verträgliche Mobilität in Stadtregionen", Teilprojekt 1, Projektbereich A Analyseinstrumente, Bd. 1.
- Brüggemann, U. K., Stefan (2003). *Unveröffentlichter Abschlussbericht des Teilprojektes Verkehrsnachfragemodellierung im Projektverbund "Mobilität verstehen und lenken – zu einer integrierten quantitativen Gesamtsicht und Mikrosimulation von Verkehr (SimVV)"*. Bamberg und Wuppertal: Institut für Theoretische Psychologie und Wuppertal Institut.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000). *Nationales Klimaschutzprogramm - Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000*. Verfügbar unter: http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/6886.php.
- Bösner, T. (1989). A Discussion of <<The chunking of Skill and Knowledge>> by Paul R. Rosenbloom, John E. Laird & Allen Newell. In B. A. G. Eysenck & H. Bouma (Hrsg.), *Working Models fo Human Perception* (S. 411-418). London: Academic Press.
- Cantor, N. (1990). Life Task Problem Solving: Situational Affordance and Personal Needs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 20, 235-243.
- Cantor, N. & Blanton, H. (1996). Effortful Pursuit of Personal Goals in Daily Life. In P. M. Gollwitzer & J. A. Bargh (Hrsg.), *The Psychology of Action: Linking Cognition and Motivation to Behavior* (S. 645-672). New York: Guilford.
- Carlson, N. R., Marti, G. N. & Buskist, W. (2000). *Psychologie*. Harlow: Pearson Education.
- Carver, C. S. & Scheier, M. F. (1991). Self-Regulation and the Self. In J. Strauss & G. R. Goethals (Hrsg.), *The self: Interdisciplinary Approaches* (S. 168-207). New York: Springer.
- Chapin, F. S. (1974). *Human Activity Patterns in the City*. New York: John Wiley & Sons.
- Chase, W. G. & Simon, H. A. (1973). Perception in Chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- Claus, G., Kulka, H., Lompscher, J., Rösler, H.-D., Timpe, K.-P. & Vorweg, G. (1976). *Wörterbuch der Psychologie*. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.

- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Conte, R. & Castelfranchi, C. (1995). *Cognitive and Social Action*. London: UCL.
- Cooper, R. & Shallice, T. (1995). Soar and the case for unified theories of cognition. *Cognition*, 15(2), 115-149.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Craik, F. I. M. & Simon, E. (1980). Age differences in memory: the roles of attention and depth of processing. In L. W. Poon, J. L. Fozard, L. S. Cermak, D. Arenberg & L. W. Thompson (Hrsg.), *New directions in memory and aging* (S. 95-112). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Cranach, M. v., Kalbermatten, U., Indermühle, K. & Gugler, B. (1980). *Zielgerichtetes Handeln*. Stuttgart: Huber.
- Cranach, M. v. & Tschan, F. (1997). Handlungspsychologie. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 124-158). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Dahrendorf, R. (1958). *Homo sociologicus. Ein Versuch zur Geschichte, Bedeutung und Kritik der Kategorie der sozialen Rolle*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error. Emotion, Reason, and the Human Brain*. London: Papermac.
- Danzer, A. (1979). *Verhalten*. Stuttgart: Metzler.
- DeCharms, R. (1979). *Motivation in der Klasse*. München: mVg.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Oxford: Oxford University Press.
- Detje, F. (1999). *Handeln erklären*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Deutsche Shell GmbH (1959). *Prognosen / Szenarien zur Entwicklung des PKW-Bestandes in Deutschland*. Hamburg: Deutsche Shell GmbH.
- Deutsche Shell GmbH (versch. Jahre). *Prognosen / Szenarien zur Entwicklung des PKW-Bestandes in Deutschland*. Hamburg: Deutsche Shell GmbH.
- Doherty, S. T. (2001). Challenges and Opportunities for Investigating Activity Scheduling Decision Processes. In J. Beckmann (Hrsg.), *Tabungsband zum 2. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt" AMUS 2001* (S. 53-62). Stadt Region Land, Heft 71. Aachen: Institut für Stadtbauwesen.
- Doherty, S. T., Axhausen, K. W., Gärling, T. & Miller, E. J. (2002). A Conceptual Model of the Weekly Household Activity-Travel Scheduling Process. In E. Stern, I. Salomon & P. H. L. Bovy (Hrsg.), *Travel Behaviour: Spatial*

- Patterns, Congestion and Modelling* (S. 233-264). Northampton: Edward Elgar.
- Downs, R. M. & Stea, D. (1982). *Kognitive Karten - Die Welt in unseren Köpfen*. New York: Harper & Row.
- Dueck, G., Scheuer, T. & Wallmeier, H.-M. (1993). Toleranzschwelle und Sinnflut: neue Ideen zur Optimierung. *Spektrum der Wissenschaft*, 1993(3), 42-51.
- Duncker, K. (1935). *Zur Psychology des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz. *Diagnostica*, 32, 290-308.
- Dörner, D. (1989). *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt.
- Dörner, D. (1999). *Bauplan für eine Seele*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Dörner, D. (Hrsg.) (2002). *Die Mechanik des Seelenwagens*. Bern: Huber.
- Dörner, D., Gerdes, J., Mayer, M. & Misra, S. (2006). A Simulation of Cognitive and Emotional Effects of Overcrowding. In D. Fum, F. Del Missier & A. Stocco (Hrsg.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling, 2006, Triest* (S. 92-98). Triest: Edizioni Goliardiche.
- Dörner, D., Hamm, A. & Hille, K. (1996). *EmoRegul. Über das Zusammenspiel von Emotion, Motivation und Kognition*. Bamberg: Lehrstuhl Psychologie II, Memorandum Nr. 2.
- Dörner, D., Kreuzig, Reither & Stäudel, T. (1983). *Lohhausen - Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- Dörner, D. & Pfeiffer, E. (1992). Strategisches Denken, strategische Fehler, Stress und Intelligenz. *Sprache & Kognition*, 11(2), 75-90.
- Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz, PVU.
- Edwards, W. (1954). The Theory of Decision Making. *Psychological Bulletin*, 51, 380-417.
- Elkady, A. (2006). *The simulation of action strategies of different personalities in perspective of the interaction between emotions, motivations and cognition*. Dissertation. Bamberg: Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Institut für Theoretische Psychologie.
- Emmons, R. A. (1996). Striving and Feeling. In P. M. Gollwitzer & J. A. Bargh (Hrsg.), *The Psychology of Action: Linking Cognition and Motivation to Behavior* (S. 313-337). New York: Guilford.

- EMNID (1991). *KONTIV 1989, Bericht zur Methode, Anlagenband und Tabellenteil*. Bielefeld: EMNID.
- Ettema, D. & Timmermans, H. J. P. (1997). Activity-Based Approaches: An Introduction. In D. Ettema & H. J. P. Timmermans (Hrsg.), *Activity-Based Approaches to Travel Analysis* (S. XV-XX). Oxford: Pergamon Press.
- Eysenck, M. W. (2000). *Psychology: a student's handbook*. Hove: Psychology Press.
- Flade, A. (1990). Einstellungen zum öffentlichen Verkehr und zur Verkehrsmittelnutzung von Frauen und Männern. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 2, 218-229.
- Flade, A. (1994). Einführung. In A. Flade (Hrsg.), *Mobilitätsverhalten. Bedingungen und Veränderungsmöglichkeiten aus umweltpsychologischer Sicht* (S. 3-13). Weinheim: Beltz, PVU.
- Flade, A. (2000). Theorien und Modelle zur Verkehrsmittelwahl. *Verkehrszeichen*, 16(3), 14-17.
- Flade, A. & Guder, R. (1992). *Mobilität und Stadtverkehr aus der Perspektive von Frauen*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.
- Forgas, J. P. (1982). Episode cognition: Internal representation of interaction routines. *Advances in Experimental Social Psychology*, 15, 59-101.
- Forrester, J. W. (1972). *Grundzüge einer Systemtheorie - Ein Lehrbuch*. Wiesbaden: Betriebswirtschaftl. Gabler Verlag.
- Franklin, S. & Graesser, A. (1997). Is it an agent, or just a program? A taxonomy for autonomous agents. In J. P. Müller, M. J. Wooldridge & N. R. Jennings (Hrsg.), *Intelligent Agents III. Agent Theories, Architectures, and Languages. ECAI'96 Workshop (ATAL), Budapest, Hungary, August 12-13, 1996, Proceedings* (S. 21-35). Berlin u.a.: Springer-Verlag.
- Freud, S. (1930). Das Unbehagen in der Kultur. In *Gesammelte Werke* Bd. XIV (S. 419-506). London: Imago, 1948.
- Freud, S. (1964). Formulierungen über die zwei Prinzipien des psychischen Geschehens. In *Gesammelte Werke* Bd. VIII (S. 230-238). Frankfurt am Main: Fischer.
- Gerdes, J. & Detje, F. (2001). Der Aufbau einer komplexen Umwelt für den Multi-Agenten-Betrieb und Hybridgesellschaften. *Sozionik Aktuell*, 1(2).
- Gerdes, J. & Hämmer, V. (2003). *Psi Reality 3D - Programmdokumentation*. Verfügbar unter: <http://giftppp.uni-bamberg.de/projekte/psi/psireality3d/programmdokumentation.pdf> [01.04.2006].
- Gerdes, J. & Strohschneider, S. (1991). *A Computer Simulation of Action Regulation and Learning*. Berlin: Projektgruppe Kognitive Anthropologie der Max-Planck-Gesellschaft, Memorandum Nr.8.

- Gigerenzer, G., Todd, P. M. & the ABS Research Group (1999). *Simple Heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
- Gilbert, N. (1995). Emergence in Social Simulation. In N. Gilbert & R. Conte (Hrsg.), *Artificial Societies. The Computer Simulation of Social Life*. London: UCL.
- Glaser, W. R. (1997). Systemtheorie. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 68-96). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Gleick, J. (1992). *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. New York: Pantheon Books.
- Golledge, R. G. (1978). Learning about urban environments. In T. Carlstein, D. Parkes & N. Thrift (Hrsg.), *Timing space and spacing time* Volume 1: Making sense of time (S. 76-98). New York: John Wiley.
- Gollwitzer, P. M. (1991). *Abwägen und Planen: Bewußtseinslagen in verschiedenen Handlungsphasen*. Göttingen: Hogrefe.
- Goodwin, P. B. (1977). Habit and Hysteresis in Mode Choice. *Urban Studies*, 14, 95-98.
- Gorr, H. (1997). *Die Logik der individuellen Verkehrsmittelwahl. Theorie und Realität des Entscheidungsverhaltens im Personenverkehr*. Giessen: Focus.
- Gray, P. (2002). *Psychology*. New York: Worth Publishers.
- Groeger, J. A. & Rothengater, J. A. (1998). Traffic psychology and behaviour. *Transportation Research, Part F*(1), 1-9.
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (2002). Motive und Aktivitäten in Alltags- und Erlebnisfreizeit. In J. Beckmann (Hrsg.), *Tagungsband zum 3. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt" AMUS 2002* (S. 83-90). Stadt Region Land, Heft 73. Aachen: Institut für Stadtbauwesen, RWTH Aachen.
- Gärling, T. (2001). Acquisition, Representation, and Use of Place Knowledge. In K. J. Beckman (Hrsg.), *Tagungsband zum 2. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt" AMUS 2001* (S. 47-52). Stadt Region Land, Heft 71. Aachen: Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr.
- Gärling, T., Brännäs, K., Garvill, J., Golledge, R. G., Gopal, S., Holm, E. & Lindberg, E. (1989). Household Activity Scheduling. In *Transport Policy, Management and Technology Towards 2001: Selected Proceedings of the Fifth World Conference on Transport Research* (S. 235-248). Vol. 4. Ventura, CA: Western Periodicals.
- Gärling, T., Kalen, T., Romanus, J. & Selart, M. (1998). Computer simulation of household activity scheduling. *Environment and Planning A*, 30, 665-679.
- Gärling, T. M. (1995). How Do Urban Residents Acquire, Mentally Represent, and Use Knowledge Of Spatial Layout? In T. M. Gärling (Hrsg.), *Urban*

- Cognition* (S. 1-12). Readings in Environmental Psychology, London, San Diego: Academic Press.
- Güntürkün, O. & Mausfeld, R. (2005). Wissenschaft im Zwiespalt. *Gehirn & Geist*, 4(7-8), 62-66.
- Haan, d. G. & Kuckartz, U. (Hrsg.) (1996). *Umweltbewußtsein. Denken und Handeln in Umweltkrisen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Hacker, W. (1978). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurspsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Bern: Huber.
- Hacker, W. (1980). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurspsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten*. Berlin (DDR): Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Berlin (DDR): Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Harlow, H. F. (1958). The nature of love. *American Psychologist*, 13, 673-685.
- Harlow, H. F. (1962). The heterosexual affectional systems in monkeys. *American Psychologist*, 17, 1-9.
- Heckhausen, H. (1987a). Intentionseleitetes Handeln und seine Fehler. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 143-175). Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. (1987b). Perspektiven einer Psychologie des Wollens. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 121-142). Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. (1987c). Wünschen - Wählen - Wollen. In H. Heckhausen, P. M. Gollwitzer & F. E. Weinert (Hrsg.), *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften* (S. 3-9). Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln*. Berlin: Springer.
- Heckhausen, H. & Gollwitzer, P. M. (1987). Thought contents and cognitive functioning in motivational versus volitional states of mind. *Motivation and Emotion*, 11, 101-120.
- Heckhausen, H., Gollwitzer, P. M. & Weinert, F. E. (1987). *Jenseits des Rubikon: Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Heese, S. (1999). *Expert Lexikon: Künstliche Intelligenz*. Wien: Linde.
- Heidbreder, B. & Hesse, M. (1990). *Verkehrswende: ökologische und soziale Orientierungen, Konzepte und Instrumente für einen Verkehr der Zukunft - Dokumentation des Workshops am 6./7.11.1990, Ruhr-Universität Bochum (WBZ)*. Bochum: Ruhr-Universität Bochum.

- Heine, W.-D. (1997). Mobilitätsmanagement. In E. Giese (Hrsg.), *Verkehr ohne (W)Ende? Psychologische und sozialwissenschaftliche Beiträge* (S. 95-112). Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.
- Held, M. (1982). *Verkehrsmittelwahl der Verbraucher. Beitrag einer kognitiven Motivationstheorie zur Erklärung der Nutzung alternativer Verkehrsmittel*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Herkner, W. (1986). *Psychologie*. Wien, New York: Springer.
- Hoffmann, J. (1983). *Das aktive Gedächtnis*. Berlin: Springer.
- Hofinger, G. (Hrsg.) (2001). *Denken über Umwelt und Natur*. Weinheim: BeltzPVU.
- Hoyer, S. (2007). *Die Ordnung der Welt. Wie sich Menschen eine komplexe Welt einfach erklären und in ihr handeln*. Dissertation. Bamberg: Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Institut für Theoretische Psychologie.
- Hunecke, M. (2000). Lebensstile, Mobilitätsstile und mobilitätsbezogene Handlungsmodelle. In Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), *U.MOVE: Jugend und Mobilität. Mobilitätsstilforschung zur Entwicklung zielgruppenspezifischer intermodaler Mobilitätsdienstleistungen für Jugendliche* (S. 30-40). Dortmund:
- Hussey, W. (1998). *Denken und Problemlösen*. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.
- Hägerstrand, T. (1970). What about People in Regional Science? *Regional Science Association Papers*, XXIV, 7-21.
- Höger, R. (1999). Motivation und Verhalten - Psychologische Aspekte der Mobilität. In M. Nehring & M. Steierwald (Hrsg.), *Verhaltensänderungen im Verkehr: "Restriktionen versus Soft-Policies"* (S. 3-12). Arbeitsbericht Nr. 147. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2001). *System Dynamics: A General Overview*. Verfügbar unter: <http://www.iiasa.ac.at/Research/POP/pde/htmldocs/system.html>.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* Vol. 1. New York: Dover.
- Johnson, D. S. & Garey, M. R. (1979). *Computers and Intractability - A Guide to the Theory of NP-Completeness*. San Francisco: W. H. Freeman.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jungermann, H., Pfister, H.-R. & Fischer, K. (2005). *Die Psychologie der Entscheidung*. München: Elsevier.

- Kahnman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kaiser, F. G., Schreiber, E. & Fuhrer, U. (1994). Mobilität und emotionale Bedeutung des Autos. In A. Flade (Hrsg.), *Mobilitätsverhalten. Bedingungen und Veränderungsmöglichkeiten aus umweltpsychologischer Sicht* (S. 113-130). Weinheim: Beltz, PVU.
- Kaminski, G. (1991). *Mobilität in der Perspektive der Ökologischen Psychologie*. Tübingen: Unveröffentlichtes Manuskript.
- Kill, H. H. (1997). Verkehrswachstum als Folge und Voraussetzung wirtschaftlicher Entwicklung - Möglichkeiten und Grenzen einer "Verkehrswende". In E. Giese (Hrsg.), *Verkehr ohne (W)Ende? Psychologische und sozialwissenschaftliche Beiträge* (S. 79-93). Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.
- Killackey, H. P. (1995). Evolution of the Human Brain: A Neuroanatomical Perspective. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The Cognitive Neurosciences* (S. 1243-1253). Cambridge, MA: Bradford.
- King, L. A. (1995). Wishes, motives, goals, and personal memories: Relations of measures of human motivation. *Journal of Personality*, 63, 985-1007.
- Kitamura, R. & Shoichiro, N. T. (2000). *A route choice model with inductive learning*. Washington D.C.: National Academic Press, TRANSPORTATION RESEARCH RECORD No. 1725.
- Klein, S. (Hrsg.) (1999). *Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr. Ermittlung des kommunalen Handlungsspielraums im Städtevergleich*. Bielefeld: Schmidt.
- Klemm, B. (1996). Auf Dresdens Straßen geht nur noch Schneckentempo. *Sächsische Zeitung* [18.05.1996].
- Klinger, E. (1977). *Meaning and Void: Inner Experience and the Incentives in People's Lives*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Klix, F. (1971). *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- Klix, F. (1980). *Information und Verhalten*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Klix, F. & Rautenstrauch-Goede, K. (1967). Struktur- und Komponentenanalyse von Problemlöseprozessen. *Zeitschrift für Psychologie*, 174, 167-193.
- Klumb, P. L. (1995). *Attention, action, absent minded aberrations: a behaviour economic approach*. Dissertation. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Kriz, J. (1992). *Chaos und Struktur*. Grundkonzepte der Systemtheorie, Bd. 1. München: Quintessenz-Studium.

- Kröpel, S. (1999). *Die subjektive Sicht der Stadt und des Stadtverkehrs in Simulationsmodellen*. Diplomarbeit. Trier und Wuppertal Institut: Universität Trier, Angewandte Geographie / Raumentwicklung.
- Kuhl, J. (1982). Handlungs- und Lageorientierung als Vermittler zwischen Kognition und Handeln. In W. Hacker, W. Volpert & M. v. Cranach (Hrsg.), *Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung* (S. 76-95). Bern: Huber.
- Kuhl, J. (1983). *Motivation, Konflikt und Handlungskontrolle*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kuhl, J. (2001). *Motivation und Persönlichkeit*. Göttingen, u.a.: Hogrefe.
- Kuhn, T. S. (1963). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Univ. Pr.
- Künzel, J. (2004). *PSI lernt sprechen. Erste Schritte zur verbalen Interaktion mit dem autonomen künstlichen Agenten PSI*. Verfügbar unter: <http://elib.uni-bamberg.de/volltexte/2004/10.html> [05.04.2006].
- Lachnit, H. (1993). *Assoziatives Lernen und Kognition*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Laird, J. E., Newell, A. & Rosenbloom, P. S. (1987). Soar: An Architecture for General Intelligence. *Artificial Intelligence*, 33, 1-64.
- Lambrecht, U., Diaz-Bone, H. & Höpfner, U. (2001). *Bus, Bahn und PKW auf dem Umweltprüfstand - Vergleich von Umweltbelastungen verschiedener Stadtverkehrsmittel*. Heidelberg: ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- LeDoux, J. E. (1987). Emotion. In P. Fred (Hrsg.), *Handbook of Physiology Section 1: The Nervous System* (S. 419-459). Bd. 5. Bethesda, MD: American Psychological Society.
- Lefrancois, G. R. (1986). *Psychologie des Lernens*. Berlin u.a.: Springer.
- Leontjew, A. N. (1980). Abriß der Entwicklung des Psychischen. In A. N. Leontjew (Hrsg.), *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Berlin: Volk und Wissen.
- Lewin, K. (1922). Das Problem der Willensmessung und das Grundgesetz der Assoziation II. *Psychologische Forschung*, 2, 65-140.
- Lewin, K. (1926). Vorsatz, Wille und Bedürfnis. *Psychologische Forschung*, 7, 330-385.
- Lewin, K. (1931). Der Uebergang von der aristotelischen zur galileischen Denkweise in Biologie und Psychologie. *Erkenntnis*, 1, 421-466.
- Lewin, K. (1935). *A Dynamic Theory of Personality. Selected Papers*. New York: McGraw-Hill.

- Lexikonredaktion, M. (1992). *Meyer großes Taschenlexikon*. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.
- Lexikonredaktion, M. (1996). *Meyer großes Taschenlexikon*. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich.
- Littig, B. (Hrsg.) (1995). *Die Bedeutung von Umweltbewusstsein im Alltag oder: Was tun wir eigentlich, wenn wir umweltbewusst sind?* Europäische Hochschulschriften, Reihe XXII (Soziologie), Frankfurt am Main u.a.: Peter Lang.
- Lorenz, K. (1937). Über die Bildung des Instinktbegriffs. *Naturwissenschaften*, 25, 289-331.
- Luria, A. R. (1966). *Higher Cortical Functions in Man*. New York: Basic Books.
- Lutchins, A. S. & Lutchins, E. H. (1950). New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving. *Journal of General Psychology*, 42, 279-297.
- Lüdemann, C. (1997). *Rationalität und Umweltverhalten. Die Beispiele Recycling und Verkehrsmittelwahl*. Wiesbaden: DUV.
- Macintosh, N. J. (1983). *Conditioning and associative learning*. Oxford: Clarendon.
- Madsen, K. B. (1974). *Modern Theories of Motivation*. Kopenhagen: Munksgaard.
- Mandl, H. (Hrsg.) (1997). *Bericht über den 40. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in München, 1996 - Schwerpunktthema Wissen und Handeln*. Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie.
- March, J. G. & Simon, H. A. (1958). *Organizations*. New York: Wiley.
- Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1987). *Der Baum der Erkenntnis*. Bern. München, u.a.: Scherz.
- McAndrew, F. T. (1993). *Environmental Psychology*.
- McClelland, D. C. (1987). Biological aspects of human motivation. In F. Halisch & J. Kuhl (Hrsg.), *Motivation, intention and volition* (S. 11-19). Berlin: Springer.
- McClelland, D. C. (1995). *Scientific psychology as a social enterprise*. Boston: Boston University.
- McClelland, D. C. & Franz, C. E. (1992). Motivational and other sources of work accomplishment in mid-life: A longitudinal study. *Journal of Personality*, 60, 679-707.
- McClelland, D. C., Koestner, R. & Weinberger, J. (1989). How do self-attributed and implicit motives differ? *Psychological Review*, 96, 690-702.
- Merz, J. & Ehling, M. (Hrsg.) (2001). *Zeitbudget in Deutschland - Erfahrungsberichte der Wissenschaft*. Schriftenreihe "Spektrum Bundesstatistik", 17. Statistisches Bundesamt Deutschland.

- Mielke, R. (2001). *Psychologie des Lernens: Eine Einführung*. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 29-38.
- Miller, G. A., Gallanter, E. & Pribram, K. H. (1973). *Strategien des Handelns. Pläne und Strukturen des Verhaltens*. Stuttgart: Klett.
- Mitscherlich, A. (1965). *Die Unwirtlichkeit unserer Städte: Anstiftung zum Unfrieden*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Mitscherlich, A. (1971). *Thesen zur Stadt der Zukunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Mittelstraß, J. (1980-1996). *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Stuttgart, Weimar: Metzler.
- Moczek, N. & Rambow, R. (1999). Die Verkehrsmittelwahl von Eltern mit kleinen Kindern. Ergebnisse einer Fallstudie aus Sulzbach/Taunus. In F. Meyer-Gramcko (Hrsg.), *Verkehrspsychologie auf neuen Wegen: Herausforderungen von Straße, Wasser, Luft und Schiene* (S. 675-683). Band 2. Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Moede, W. (1926). Kraftfahrer-Eignungsprüfungen beim deutschen Heer 1915-1918. *Industrielle Psychotechnik*(3), 23-28.
- Monheim, H. (2000). Verkehrswende - von der Utopie zur Realität. *Verkehrszeichen*, 16(1), 10-16.
- Münsterberg, H. (1913). *Psychologie und Wirtschaftsleben*. Leipzig: Barth Verlag.
- Nagel, K., Beckman, R. L. & Barret, C. L. (1998). TRANSIMS for transportation planning. *InterJournal Complex Systems*, 244.
- Neisser, U. (1974). *Kognitive Psychologie*. Stuttgart: Klett.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1963). GPS: A program that simulates human thought. In E. A. Feigenbaum & J. Feldmann (Hrsg.), *Computers and Thought* (S. 279-293). New York: McGraw-Hill.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NY: Prentice Hall.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75, 522-536.
- Oestereich, R. (1981). *Handlungsregulation und Kontrolle*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Oesterreich, R. (1987). *Handlungspsychologie* Kurseinheit 1: Handlungsregulationstheorie. Hagen: Fernuniversität -

- Gesamthochschule - in Hagen, Fachbereich Erziehungs-, Sozial- und Geisteswissenschaften.
- Ortúzar, J. d. D. & Willumsen, L. G. (1997). *Modelling Transport*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Paivio, A. (1978). Dual Coding: Theoretical Issues and empirical evidence. In J. M. Scandura & C. J. Brainerd (Hrsg.), *Structural/Process Models of Complex Human Behavior* (S. 527-549). Alphen aan den Rijn: Sijthoff&Nordhoff.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.
- Parkhurst, G. (1997). *Changing Tracks - The influence of a new light railway on perceptions of urban space and travel decisions*.
- Payne, J. W., Bettman, J. R. & Johnson, E. J. (1993). *The Adaptive Decision Making*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Petersen, L. R. & Petersen, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.
- Petersen, R. & Schallaböck, K. O. (1995). *Mobilität für morgen - Chancen einer zukunftsfähigen Verkehrspolitik*. Berlin u.a.: Birkhäuser.
- Popper, K. (1934). *The Logic of Scientific Discovery*. Wien: Springer.
- Preisendörfer, P. (1996). *Umweltbewusstsein in Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage 1996*. Bonn: Bundesumweltministerium (Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).
- Preisendörfer, P. (1999). *Umwelteinstellungen und Umweltverhalten in Deutschland. Empirische Befunde und Analysen auf der Grundlage der Bevölkerungsumfragen "Umweltbewusstsein in Deutschland 1991 - 1998"*. Opladen: Leske + Budrich.
- Pöppel, E. (1997). Systemzustände und Hirnprozesse. In E. U. v. Weizsäcker (Hrsg.), *Grenzen-los?* (S. 95-110). Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine-interaction. An approach to cognitive engineering*. Amsterdam: North Holland.
- Rasmussen, J. (1987a). *Mental models and the the control of actions in complex environments*. Risoe: Risoe National Laboratory.
- Rasmussen, J. (1987b). *Modelling action in complex environments*. Risoe: Risoe National Laboratory.
- Reason, J. (1994). *Menschliches Versagen*. Heidelberg: Springer.

- Reber, A. S. (1967). Implicit Learning of Artificial Grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.
- Recker, W. W., McNally, M. G. & Root, G. S. (1986a). A Model of Complex Travel Behaviour: Part 1: Theoretical Development. *Transportation Research*, 20A, 307-318.
- Recker, W. W., McNally, M. G. & Root, G. S. (1986b). A Model of Complex Travel Behaviour: Part 2: An Operational Model. *Transportation Research*, 20A, 319-330.
- Reese-Schäfer, W. (1999). *Niklas Luhmann zur Einführung*. Hamburg: Junius Verlag.
- Rensch, B. (1988). *Probleme genereller Determiniertheit allen Geschehens*. Berlin: Parey.
- Rescorla, R. A. (1988). Pavlovian conditioning: It's not what you think it is. *American Psychologist*, 43, 151-160.
- Rheinberg, F. (2002). *Motivation*. Grundriss der Psychologie, Band 6. Stuttgart: Kohlhammer.
- Richter, P. G., Richter, H. & Vogelsang, F. (1997). Alltagsmobilität in der Stadt - Verkehrsmittelwahl und Ansätze für die Verhaltensmodifikation. In E. Giese (Hrsg.), *Verkehr ohne (W)Ende?* (S. 247-259). Tübingen: Deutsche Gesellschaft für Verhaltenstherapie.
- Rindsfüser, G. & Doherty, S. (2000). Konzept, Module und Datenerfordernisse für SMART - Simulationsmodell des Aktivitäten-(Re)Planungsprozesses. In J. Beckmann (Hrsg.), *Tagungsband zum 1. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt" AMUS 2000* (S. 109-129). Stadt Region Land, Heft 69. Aachen: Institut für Stadtbauwesen, RWTH Aachen.
- Rohracher, H. (1988). *Einführung in die Psychologie*. München u.a.: Psychologie-Verl.-Union.
- Rost, W. (2001). *Emotionen. Elixiere des Lebens*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Rubinstein, S. L. (1977). *Grundlagen der Allgemeinen Psychologie*. Berlin: Volk und Wissen (Original 1964).
- Russel, S. J. & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Rüttinger, B., Rosenstiel, L. v. & Molt, W. (1974). *Motivation des wirtschaftlichen Verhaltens*. Stuttgart u.a.: Kohlhammer.
- Salin, E. (1964). *Die Entwicklung des internationalen Verkehrs. Soziologische und politische Aspekte und Probleme*. Basel: Kyklos.
- Schacter, D. L. (1987). Implicit memory: history and current status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 501-518.

- Schank, R. C. & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Schaub, H. (1993a). Computersimulation als Forschungsinstrument in der Psychologie. In F. Tretter & F. Goldhorn (Hrsg.), *Computer in der Psychiatrie. Diagnostik - Therapie - Rehabilitation* (S. 393-423). Heidelberg: Asanger.
- Schaub, H. (1993b). *Modellierung der Handlungsorganisation*. Bern: Huber.
- Schaub, H. (1997). Denken. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 374-420). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Schermer, F. J. (2002). *Lernen und Gedächtnis*. Grundriss der Psychologie, Band 10. Stuttgart: Kohlhammer.
- Schieferle, U. (2001). The role of interest in motivation and learning. In J. M. Collis & S. Messick (Hrsg.), *Intelligence and Personality* (S. 163-194). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Schieferle, U. & Köller, O. (2001). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 304-310). Weinheim: Beltz-PVU.
- Schlag, B. (Hrsg.) (1997). *Fortschritte der Verkehrspsychologie 1996*. 36. BDP-Kongress für Verkehrspsychologie. Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Schlag, B. (1999). Einführung. In B. Schlag (Hrsg.), *Empirische Verkehrspsychologie* (S. 5-8). Lengerich u.a.: Pabst.
- Schlieder, C. (2004). *Expertengespräch auf Basis der Vorlesung zur Semantischen Informationsverarbeitung* mit Ulrike Brüggemann im April 2004. Prof. Dr. Christoph Schlieder, Vertreter des Lehrstuhls Kulturinformatik an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.
- Schmidt-Bleek, F. (1994). *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS - das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Berlin u.a.: Birkhäuser.
- Schmitz, B. B. (1994). Mobilitätsmotive: Warum ist der Mensch mobil? In A. Flade (Hrsg.), *Mobilitätsverhalten. Bedingungen und Veränderungsmöglichkeiten aus umweltpsychologischer Sicht* (S. 103-112). Weinheim: Beltz, PVU.
- Schneider & Schmalz (2000). *Motivation*. Standards Psychologie, Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.
- Schultheiss, O. C. & Brunstein, J. C. (1997). Motivation. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 297-323). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

- Schultz, I. (1995). Frauenwege - Männerwege. In Institut für sozial-ökologische Forschung (Hrsg.), *City: Mobil Magazin: Stadtwege* (S. 36-39). Freiburg: Institut für sozial-ökologische Forschung.
- Sedgewick (1992). *Algorithmen in C++*. Bonn u.a.: Addison-Wesley.
- Seligman, M. E. P. (1972). Phobias and Preparedness. In M. E. P. Seligman & J. L. Hager (Hrsg.), *Biological Boundaries of Learning* (S. 451-462). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Seligman, M. E. P. & Johnston, J. C. (1973). A cognitive theory of avoidance learning. In F. J. McGuigan & D. B. Lumsden (Hrsg.), *Contemporary Approaches to Conditioning and Learning* (S. 69-110). New York: Wiley.
- Seligman, M. E. P., Maier, S. F. & Solomon, R. L. (1971). Unpredictable and uncontrollable aversive events. In F. R. Brush (Hrsg.), *Aversive Conditioning and Learning* (S. 347-400). New York: Academic Press.
- Shafir, E. & Tversky, A. (1995). Decision making. In E. Smith & Osherson (Hrsg.), *An invitation to cognitive science* Vol. 3 (S. 77-100). Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1968). *Mathematische Methoden der Informationstheorie*. München, Wien: Oldenbourg (Original 1949).
- Simon, H. A. (1947). *Administrative Behavior*. New York: Free Press.
- Simon, H. A. (1982). *Theories of Bounded Rationality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H. A. (1990). Invariants of Human Behavior. *Annual Review of Psychology*, 41, 1-19.
- Simon-Schäfer, R. (2006). *Expertengespräch über da Vico* mit Ulrike Brüggemann am 25.07.2006. Prof. Dr. Roland Simon-Schäfer, Vertreter des Lehrstuhls Philosophie II an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.
- Smith, E. E., Shoben, E. J. & Rips, L. J. (1974). Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 81, 214-241.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs*, 74(498).
- Statistisches Bundesamt (2004). *Statistisches Jahrbuch 2004 für die Bundesrepublik Deutschland*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Straub, J. (1997). Gedächtnis. In J. Straub, W. Kempf & H. Werbik (Hrsg.), *Psychologie. Eine Einführung. Grundlagen, Methoden, Perspektiven* (S. 249-279). München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Strohschneider, S. (2001). *Kultur • Denken • Strategie. Eine indische Suite*. Bern u.a.: Huber.

- Strohschneider, S. & Gerdes, J. (2004). MS ANTWERPEN: Emergency mangement training for low-risk environments. *SIMULATION & GAMING*, 35(3), 394-413.
- Strohschneider, S. & Tisdale, T. (1987). *Handlungspsychologie* Kurseinheit 3: Handlungsregulation in Unbestimmtheit und Komplexität. Hagen: Fernuniversität - Gesamthochschule - in Hagen, Fachbereich Erziehungs-, Sozial- und Geisteswissenschaften.
- Sydow, H. & Petzold, P. (1981). *Mathematische Psychologie*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Timmermans, H. J. P. (2001). Models of Activity Scheduling Behaviour. In K. J. Beckmann (Hrsg.), *Tagungsband zum 2. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt" AMUS 2001* (S. 63-78). Stadt Region Land, Heft 71. Aachen: Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*(55), 189-208.
- Tooby, J. & Cosmides, L. (1995). Mapping the Evolved Functional Organization of Mind and Brain. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The Cognitive Neurosciences* (S. 1243-1253). Cambridge, MA: Bradford.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Hrsg.), *Organization of Memory* (S. 381-403). New York: Academic Press.
- Tversky, A. & Kahnman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency. *Cognitive Psychology*, 5, 207-232.
- Ulich, D. & Mayring, P. (2003). *Psychologie der Emotion*. Grundriss der Psycholgoie, Band 5. Stuttgart: Kohlhammer.
- Veitch, R. & Arkkelin, D. (1995). *Environmental Psychology - An interdisciplinary perspective*. Englewood Cliffs, NY: Prentice-Hall.
- Vico, G. B. (2000). *Die neue Wissenschaft. Über die gemeinschaftliche Natur der Völker*. Berlin: Gruyter (Original 1744).
- Vollmer, G. (1989). Von den Grenzen unseres Wissens. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 42(10), 387-392.
- Whorf, B. L. (1986). *Sprache, Denken, Wirklichkeit: Beiträge zur Metalinguistik und Sprachphilosophie*. Reinbek: Rowohlt.
- Wiener, N. (1968). *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Reinbek: Rowohlt (Original 1948).
- Willke, H. (2000). *Systemtheorie I: Grundlagen*. Stuttgart: Lucius und Lucius.
- Winston, P. H. (1992). *Artificial Intelligence*. Reading, Masschusetts u.a.: Addison-Wesley.

- Wiswede, G. (1977). *Rollentheorie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Zimbardo, P. G. & Gerrig, R. J. (2004). *Psychologie*. München: Pearson Studium.
- Zsombok, C. E. (1997). Naturalistic Decision Making: Where Are We Now? In C. E. Zsombok & G. Klein (Hrsg.), *Naturalistic Decision Making* (S. 3-16). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zuckerman, M. (1979). *Sensation Seeking: Beyond the optimal level of arousal*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.



Die Entscheidungsträger unserer Gesellschaft müssen heutzutage hoch komplexe sozio-technische Systeme managen. Dies ist nach Ansicht der Autorin nur mit Hilfe von Computersimulationsmodellen in Form von Multiagentensystemen möglich, die auf einem psychologisch validen Agentenmodell basieren.

Diese These wird in dieser interdisziplinären Dissertation am Beispiel städtischer Mobilität begründet und die Notwendigkeit eines psychologisch basierten Modells der Alltagsorganisation zur Erzeugung der Verkehrsnachfrage hergeleitet. Es wird die Verwendung der PSI-Theorie von Prof. Dr. Dietrich Dörner als psychologische Basis begründet; die Theorie wird entsprechend differenziert, auf Alltagsorganisation angewendet und in Form eines Agentenmodells implementiert.

Hiermit ist ein erster Schritt auf dem Weg zu einer anderen Art von Verkehrsnachfragemodellierung getan, die Verkehrsverhalten kausal und psychologisch valide auf individueller Ebene erklärt. Die Zukunft wird zeigen, ob dies hilft, die im Rahmen der klassischen Verkehrsmodellierung auftretenden Erklärungs- und Prognoseprobleme zu lösen, jedoch zeigen die Systemanalyseergebnisse mögliche Quellen für diese Probleme auf, die durch den in dieser Arbeit vorgeschlagenen Ansatz eliminiert werden.

ISBN 978-3-923507-42-9

ISSN 1866-8674

Preis 37,80 Euro