

Mobility in a Globalised World 2018

Eric Sucky, Reinhard Kolke, Niels Biethahn, Jan Werner,
Michael Vogelsang (Hg.)



University
of Bamberg
Press

22 Logistik und Supply Chain Management

Logistik und Supply Chain Management

Band 22

Herausgegeben von
Prof. Dr. Eric Sucky

Mobility in a Globalised World 2018

Eric Sucky, Reinhard Kolke, Niels Biethahn, Jan Werner,
Michael Vogelsang (Hg.)

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Publikationsserver (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universität Bamberg erreichbar. Das Werk – ausgenommen Cover, Zitate und Abbildungen – steht unter der CC-Lizenz CC-BY.



Lizenzvertrag: Creative Commons Namensnennung 4.0

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Herstellung und Druck: Digital Print Group, Nürnberg

Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press, Anna Shchemelynina

© University of Bamberg Press, Bamberg 2019

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

ISSN: 2191-2424

ISBN: 978-3-86309-662-5 (Druckausgabe)

eISBN: 978-3-86309-663-2 (Online-Ausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus4-548276

DOI: <http://dx.doi.org/10.20378/irbo-54827>

Schriftenreihe

Logistik und Supply Chain Management

Herausgegeben von

Prof. Dr. Eric Sucky

Kontakt

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky, Otto-Friedrich-Universität Bamberg,
Lehrstuhl für BWL, insb. Produktion und Logistik,
Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg

Das erfolgreiche Management sowohl unternehmensinterner als auch unternehmensübergreifender Wertschöpfungsprozesse, Wertschöpfungsketten und ganzer Wertschöpfungsnetzwerke basiert im Besonderen auf dem zielgerichteten Einsatz von bestehenden und weiterentwickelten Methoden und Konzepten des Produktions- und Logistikmanagements sowie des Operations Research, dem Einsatz von innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie theoretischen und praktischen Erkenntnissen des Kooperationsmanagements. Die Schriftenreihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten Logistik und Supply Chain Management. Aufgenommen werden Publikationen, die einen Beitrag zum wissenschaftlichen Fortschritt in Logistik und Supply Chain Management liefern.

Mobility in a Globalised World 2018

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Editors

The term mobility has different meanings in the following science disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. In information systems and computer science, mobility is used for the concept of mobile computing, in which a computer is transported by a person during normal use. Logistics creates by the design of logistics networks the infrastructure for the mobility of people and goods. Electric mobility is one of today's solutions from an engineering perspective to reduce the need of energy resources and environmental impact. Moreover, for urban planning, mobility is the crunch question about how to optimise the different needs for mobility and how to link different transportation systems.

In this publication we collected the ideas of practitioners, researchers, and government officials regarding the different modes of mobility in a globalised world, focusing on both domestic and international issues.

Eric Sucky received his PhD from the School of Economics and Business Administration at the Johann Wolfgang Goethe University Frankfurt, Germany. Currently, he is Professor of Operations Management and Business Logistics at the University of Bamberg, Germany.



Univ.-Prof. Dr.
Eric Sucky

Reinhard Kolke holds a PhD in engineering from the mechanical engineering faculty at Otto-von-Guericke University in Magdeburg, Germany. After different tasks at the Federal Environmental Agency, he headed the research and development department at a medium-size company in Germany. In 2007, he became the Director of ADAC's strategic business unit Test and Technical Services. Furthermore, he is a Director in the Euro NCAP Board and currently chairman of the FIA Technical Working Group of the European Automobile Clubs. 2012 – 2016 he also became a Professor for Automotive Technology Management at the Business and Information Technology School, Iserlohn. Currently he gives lectures at the University of Applied Science in Kempten.



Dr.-Ing. Reinhard
Kolke

Niels Biethahn received his doctorate in Economic Sciences at the Ruhr-Universität in Bochum, Germany. Besides various positions in business consultancy, he significantly contributed to a restructuring process for a medium-sized automobile supplier as its Commercial Managing Director. Since 2009, he has been a lecturer, starting at the Business and Information Technology School in Iserlohn. He has been a professor at the DHBW Heilbronn since September 2018 and is responsible for the degree course Service Management - Service and Sales - Automotive there. Additional to his task as a professor he is one of the founders of the “*Institut für Automobil Forschung*” in Dortmund. Moreover, he is one of the owners of the CoCos management simulation.



Prof. Dr. Niels
Biethahn

Jan Werner holds a PhD in Economics from the Johann Wolfgang Goethe University in Frankfurt, Germany. He has worked inter alia for the World Bank, UNDP, the Asian Development Bank, the European Parliament and the GIZ. He was a Guest Professor at the Université Lumière de Lyon 2, France and at the Istanbul Bilgi University, Turkey. Currently, he is the Lead Economist at the Institute of Local Public Finance in Langen, Germany as well as Professor of Economics at the Cologne Business School, University of Applied Sciences, Germany.



Prof. Dr. Jan
Werner

Michael Vogelsang is a professor for economics at Ruhr West University of Applied Sciences (HRW), based in Mülheim a.d.R. and Bottrop, Germany. He is specialised in the economics of digitalisation and the macroeconomics of open economies. Formerly he worked as the chief economist for the German Association of Small and Medium-sized Enterprises in Berlin and Bruxelles.



Prof. Dr.
Michael
Vogelsang

Danksagung

Die Verarbeitung von Daten wird zunehmend eine Grundlagenkompetenz für alle Facetten der Mobilität. Dieser Aspekt zog sich wie ein roter Faden durch die Panel "Urban Economics", "Logistics", "Technology", "IT", "Artificial Intelligence" und "Start up" der 8. Mobility in a Globalised World-Konferenz, welche in September 2018 in Mülheim a.d.R. stattfand. Für die vielen Beiträge, die gleichermaßen exzellent und aktuell waren, danken die Herausgeber allen beteiligten Kolleginnen und Kollegen.

Die beiden Key Note Speaker waren Dirk Günnewig vom Verkehrsministerium Nordrhein-Westfalen und Professor Jörg Baetge von der Universität Münster. Professor Baetge lenkte in einer eindrucksvollen Dinner Speech den Blick auf unsere soziale Verantwortung und berichtete über das Massai Internat. Dirk Günnewig gab einen höchst interessanten Einblick in den Maschinenraum der Verkehrspolitik und legte dar, wie eine Digitale Verkehrspolitik in Nordrhein-Westfalen entwickelt wird.

Eine internationale Konferenz ist immer die Zusammenarbeit vieler Engagierter. All denjenigen, die uns in den verschiedensten Bereichen unterstützt haben, wollen wir danken. Unser besonderer Dank gilt hierbei der Hochschule Ruhr West (HRW) in Mülheim a.d.R. für die Unterstützung und die Bereitstellung der Räumlichkeiten sowie Professorin Susanne Staude, die uns in ihrer Funktion als Präsidentin sehr herzlich begrüßte. Den Studierenden vom eMotion Racing Team der HRW danken wir für die interessante Führung und die Einblicke in die Entwicklung des Rennwagens für den Formula Student Wettbewerbs. Das Organisationsteam im Jahr 2018 bestand aus Hui Fang Wu, Marcaille Kariem Soliman und Michael Vogelsang von der HRW, die für alle Anfragen vom Hotel bis zum WLAN-Zugang stets ein offenes Ohr hatten.

Zu Dank verpflichtet sind wir auch den Mitgliedern des Scientific Committee, die viel Zeit für die Prüfung der eingegangenen Abstracts aufgewendet haben, und den Modulleitern, die für die Ausgestaltung des Programms zuständig waren. Herzlicher Dank gilt dem Team des Lehrstuhls für BWL, insb. Produktion und Logistik, an der Universität Bamberg, insbesondere Sophie Kurbjuhn, Lisa Hippner und Dr. Immanuel Zitzmann, die in vielen Stunden aus unzähligen Einzelteilen ein druckreifes Gesamtwerk erstellt haben.

Bamberg, Mai 2019

Eric Sucky, Reinhard Kolke, Niels Biethahn, Jan Werner, Michael Vogelsang

Inhaltsverzeichnis

Mobility in Logistics	1
------------------------------------	----------

Eric Sucky

In drei Wochen von Duisburg nach Peking – Ist die Bahn eine Transportalternative für die deutsche Stahlindustrie?	5
--	----------

Carola Obermeier-Hartmann, Eric Sucky

Positionierung von Flexibilität in der Supply Chain.....	38
---	-----------

Immanuel Zitzmann

Fairness in Supply Chains	59
--	-----------

Immanuel Zitzmann, Alexander Dobhan

Bridging two worlds: How Cyber-Physical Systems advance Supply Chain Management.....	86
---	-----------

Christoph Klötzer

Theorie(n) des Supply Chain Managements: Eine Literaturanalyse	114
---	------------

Karina Ankenbrand, Isabel Linß, Eric Sucky

Eine Methode zur Bestimmung eines Abbruchkriteriums für die strategische Standortentscheidung.....	138
---	------------

Lars Eberhardt, Alexander Dobhan

Mobility in Logistics & Business Models.....	159
---	------------

Niels Biethahn

Vertriebskanäle des Werkzeughandels: Bedeutung verschiedener Kanäle und ihre Entwicklungstendenzen.....	163
--	------------

Frank Tubbesing

Business Models of User Entrepreneurs in comparison to Not-User Entrepreneurs	203
--	------------

Laura Miriam Gruner

Leistungsniveaumanagement im Rahmen des Budgetierungsprozesses der öffentlichen Verwaltung	215
---	------------

Volker Busch

Mobility in Urban Economics.....	229
---	------------

Jan Werner

Sustainable Parcel Delivery in Urban Areas with Micro Depots.....	233
--	------------

Klaus Stodick, Carsten Deckert

Options to support urban infrastructure delivery in pakistan - a survey for the province of Punjab.....	245
--	------------

Jan Werner

Mobility in IT & Artificial Intelligence	259
---	------------

Günter Koch

Artificial Intelligence: a multi-purpose term	267
--	------------

Michael Vogelsang

Why Open Source is Driving zhe Future Connected Vehicle	274
--	------------

Robert Höttger

Can care robots solve the shortage in nursing personal – an acceptance analysis.....	283
---	------------

Ivonne Honekamp, Larissa Sauer, Wilfried Honekamp

Visual Feedback for Maneuver-Based Driving: First Results from a Design Workshop	297
---	------------

Henrik Detjen, Maurizio Salini, Martin Wozniak

Artificial Intelligence in Automotive Production	308
---	------------

Richard Meyes, Hasan Tercan, Tobias Meisen

Fair Tour Planning: Managing Parcel Logistics by Neural Networks	325
---	------------

Can Sentürk, Hans-Günter Lindner

The Ocean Map that can be trusted - About the making of sea charts as it was and as it will be.....	336
--	------------

Gert Büttgenbach

Mobility in Technology	353
-------------------------------------	------------

Reinhard Kolke

Eco-balance and Sustainability of Electric Vehicles – A Contribution to the „Clean and Green“ Discussion	357
---	------------

Claudia Brasse

Neue Möglichkeiten der Mobilität für ältere und behinderte Menschen	375
--	------------

Katja A. Rösler

Simulation von Fahrverbräuchen	385
---	------------

Gregor Bischoff, Florian Ruther

Mobility in Logistics

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Logistics

Univ.-Prof. Dr. Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg,
eric.sucky@uni-bamberg.de

Der Wunsch nach individueller Mobilität und individuellem Waren- und Güterverkehr im Spannungsfeld von Zeit, Kosten und Qualität erfordert dynamische Innovationsprozesse, welche mit Blickrichtung auf die Faktoren Sicherheit, Funktionalität, Umwelt und Globalisierung neben neuen Technologien auch zukunftsweisende Logistiksysteme, Logistikkonzepte und logistische Dienstleistungen umfassen.

In dem Beitrag *In drei Wochen von Duisburg nach Peking – Ist die Bahn eine Transportalternative für die deutsche Stahlindustrie?* von Carola Obermeier-Hartmann und Eric Sucky wird die von China geplante „Neue Seidenstraße“ betrachtet, d.h. Chinas „Belt and Road Initiative“ (BRI), welche neue Handelsrouten zwischen Asien, Afrika und Europa schaffen sowie alte wiederbeleben soll. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, ob die Bahn eine Alternative zum Schiff auf der Route von Europa nach Asien sein kann. Während in bisherigen Veröffentlichungen insbesondere auf die Zeitersparnis auf der Route von China nach Deutschland abgestellt wurde und produktunspezifische Analysen erfolgten, fokussieren sich Carola Obermeier-Hartmann und Eric Sucky konkret auf das Produkt Stahl.

Aspekte des Supply Chain Managements stehen im Fokus der weiteren Beiträge. Supply Chain Management beschreibt die an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit sowohl der einzelnen Supply Chain-Akteure als auch der gesamten Supply Chain zu erhöhen. Es umfasst dabei sowohl die zielgerichtete Gestaltung der einzelnen Supply Chain-Ebenen als auch die zielgerichtete Koordination der Prozesse in der Supply Chain.. Um Supply Chains robust, resilient und agil zu gestalten, bedarf es daher Flexibilitätspotenziale. Da deren Aufbau mit Kosten verbunden ist, ist Flexibilität an der Stelle im Güterfluss einer Supply Chain zu positionieren, an dem sie einen hohen Nutzen erzeugt. Immanuel Zitzmann untersucht in seinem Beitrag *Positionierung von Flexibilität in der Supply Chain*, wo Flexibilitätspotenziale in einer Supply Chain den höchsten Beitrag zur Bewältigung von Unsicherheiten leisten können. Dies geschieht anhand der Ergebnisse aus zwei Simulationsstudien.

Das aktive Management komplexer Wertschöpfungsnetzwerke, d.h. Supply Chains, erfordert die Kooperation der in einer Supply Chain agierenden, rechtlich und wirtschaftlich eigenständigen Unternehmen. Die Kooperationsbereitschaft ist insbeson-

dere dann gegeben, wenn partnerschaftliche Supply Chain-Beziehungen existieren und die durch Supply Chain Management erzielten Effizienzgewinne fair auf beteiligte Unternehmen aufgeteilt werden. In ihrem Beitrag *Fairness in Supply Chains* untersuchen Immanuel Zitzmann und Alexander Dobhan mit Hilfe von Experimenten, ob es zu fairen Lösungen in typischen Supply Chain-Verhandlungen kommt.

Cyber-physische Systeme (CPS) sind Systeme, bei denen informations- und softwaretechnische Komponenten mit mechanischen bzw. elektronischen Komponenten verbunden werden und die über eine Dateninfrastruktur, wie z.B. das Internet, kommunizieren. In seinem Beitrag *Bridging two worlds: How Cyber-Physical Systems advance Supply Chain Management* analysiert Christoph Klötzer das Einsatzpotenzial von CPS in Supply Chains bzw. im Supply Chain Management.

Die zentrale Bedeutung von Theorien für sämtliche wissenschaftlichen Disziplinen folgt daraus, dass zum Einen wissenschaftliche Erkenntnisse hauptsächlich in Theorien systematisiert und zusammengefasst werden und zum Anderen, dass Theorien Basis für eine Vielzahl praktischer Anwendungen sind und der Bewahrung und Kommunikation von Wissen sowie der Entwicklung von Verständnis dienen. In der betriebswirtschaftlichen Forschung existiert eine Bandbreite von unterschiedlichen Theorien zur Erklärung verschiedener betriebswirtschaftlicher Ansätze und Disziplinen. Der Beitrag *Theorie(n) des Supply Chain Managements: Eine Literaturanalyse* von Karina Ankenbrand, Isabel Linß und Eric Sucky geht der Frage nach, welche Theorie bzw. welche Theorien der betriebswirtschaftlichen Teildisziplin Supply Chain Management zu Grunde liegen oder zu Grunde gelegt werden können.

Die Wahl von Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung der stationären Wertschöpfungsprozesse in Supply Chains, beispielsweise die Anzahl und Lage von Produktionsstätten, Lagern und Umschlagpunkten, ist eine wesentliche Aufgabe bei der Konfigurationsplanung, da die Lage der Standorte in einem hohen Maß die Kosten sowie die Leistungsfähigkeit der Supply Chain bestimmt und sich getroffene Entscheidungen nur mit einem großen Ressourceneinsatz revidieren lassen. In ihrem Beitrag *Eine Methode zur Bestimmung eines Abbruchkriteriums für die strategische Standortentscheidung* suchen Lars Eberhardt und Alexander Dobhan nach einem Methodendesign, damit ein Entscheider auf Basis seines individuellen Intellekts, sowie seinen Möglichkeiten einen zielführenden Abbruch seiner Entscheidungsfindung bei strategischen Entscheidungen im Allgemeinen und bei einer Standortentscheidung im Speziellen unter Erreichung einer bestimmten Ergebnisqualität vollziehen kann.

In drei Wochen von Duisburg nach Peking – Ist die Bahn eine Transportalternative für die deutsche Stahlindustrie?

Carola Obermeier-Hartmann

Outokumpu Nirosta GmbH, Oberschlesienstr. 16, 47807 Krefeld,
carola.obermeier-hartmann@outokumpu.com

Prof. Dr. Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg,
eric.sucky@uni-bamberg.de

1	Einleitung.....	6
2	Deutschland als Zentrum der europäischen Stahlproduktion.....	8
3	China – Abnehmer der deutschen Stahlindustrie	9
4	Die Route Europa-Asien – logistische Grundlagen	10
5	Bahn oder Schiff – eine vergleichende Analyse	20
6	Die Handlungsalternativen	29
7	Bahn oder Schiff – ein Fazit.....	33
8	Literatur	34

Abstract:

In our times, China is talking about the “New Silk Road”, also called “One Belt, One Road” – from the traffic geographical point of view a centennial project, not only a railway project designed to reactivate old trade overland routes in order to connect the continents Europe and Asia. After some tests in 2008, the railway connection is already established and can be considered an alternative to common ways of transportation. On focus of consideration: steel. The analysis of the connection Duisburg – Peking is targeting as well as the container shipment of steel coils in an intermodal transport environment. Based on the 6R rule, the criteria of process stability, time, capacity, environment and costs are analyzed. Finally, the mutual dependencies are described to derive a general overview of the results.

JEL Classification: L81, R41, R42

Keywords: rail connection, New Silk Road

1 Einleitung

China plant eine „Neue Seidenstraße“, ein Konzept, dass auch „One Belt, One Road“ genannt wird – Chinas „Belt and Road Initiative“ (BRI) soll neue Handelsrouten zwischen Asien, Afrika und Europa schaffen und alte wiederbeleben. Im Jahr 2013 gab China bekannt, unter anderem die verkehrstechnische Handelsbeziehung zwischen dem europäischen und dem asiatischen Kontinent stärken zu wollen. Der Fokus auf die Jahrtausende alten Handelswege über Land inklusive dem Ausbau des Straßen- und Schienennetzes (Grieger 2016) wurde bereits 2015 unter dem Schlagwort „Europäischer Landgürtel“ auf dem EU-China-Gipfel beschlossen. Die „Belt and Road Initiative“ (BRI) umfasst nun den Auftrag der chinesischen Regierung, die Infrastruktur zwischen Asien, Europa und Afrika zu entwickeln, d.h. es sollen mehrere Wirtschafts- und Handelskorridore zu Land („Belt“) und zur See („Road“) zwischen China und Europa, Afrika, dem Nahen Osten, Südasien, Zentralasien und Südostasien eingerichtet werden (BIP 2018). Aktuell bieten, nach den ersten Versuchen ab 2008 (Kranz/Zamponi 2008), inzwischen immer mehr Unternehmen diese Verbindungen an (DB Schenker 2016). So existiert seit 2011 eine reguläre, direkte Güterzugverbindung zwischen China und Deutschland mit dem weltweit größten Binnenhafen in Duisburg als Start- und Zielpunkt (BIP 2018).

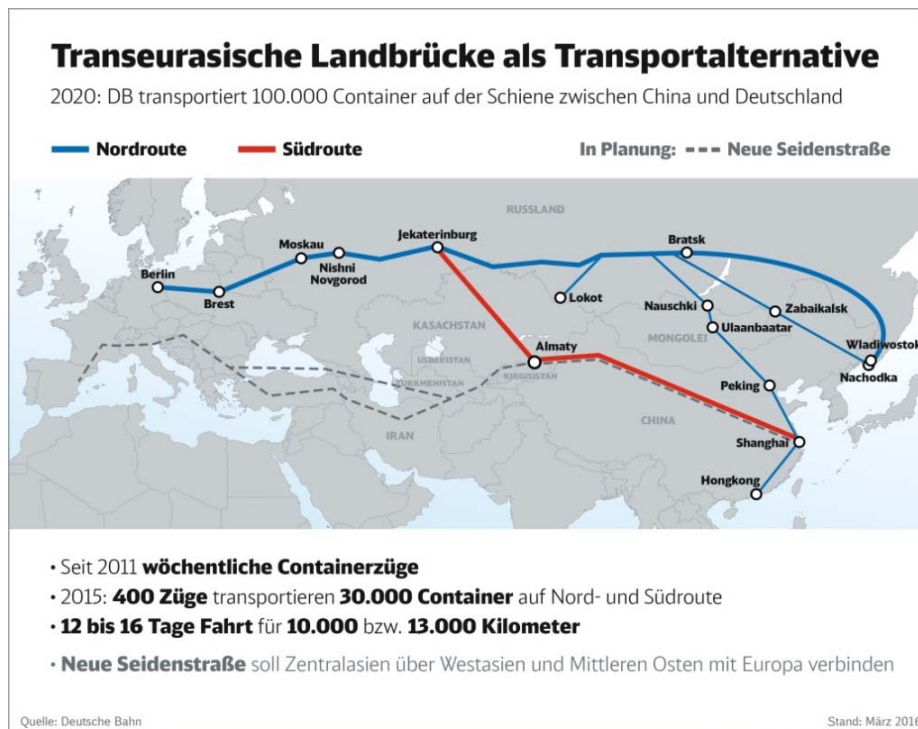


Abbildung 1: Existierende und geplante Verbindungen zwischen China und Europa¹

¹ Quelle: https://www.deutschebahn.com/de/mp_schenker_china_zuege-1205926.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, ob aktuell die Bahn eine Alternative zum Schiff auf der Route von Europa nach Asien sein kann. Während in bisherigen Veröffentlichungen zum einen insbesondere auf die Zeitersparnis auf der Route von China nach Deutschland abgestellt wurde und zum anderen eher allgemeine, produktspezifische Analysen erfolgten, fokussiert der vorliegende Beitrag einerseits konkret auf das Produkt Stahl. Andererseits wird eine multikriterielle Analyse durchgeführt.

Um eine konkrete Analyse durchführen zu können, ist die Fokussierung auf ein Produkt sinnvoll – im Fokus steht hier die Stahlindustrie: auf der einen Seite die chinesische Stahlindustrie, die immer wieder mit massiven Überkapazitäten negative Schlagzeilen macht und auf der anderen Seite die traditionsreiche deutsche Stahlindustrie, die ums Überleben kämpft. Und doch findet ein intensiver Handel statt (FAZ 2017). Die globalen Stahlhandelsströme in Abbildung 2 zeigen die Bedeutung der beiden gewählten Regionen, wobei heute fast 50 % des Rohstahls in China produziert werden.

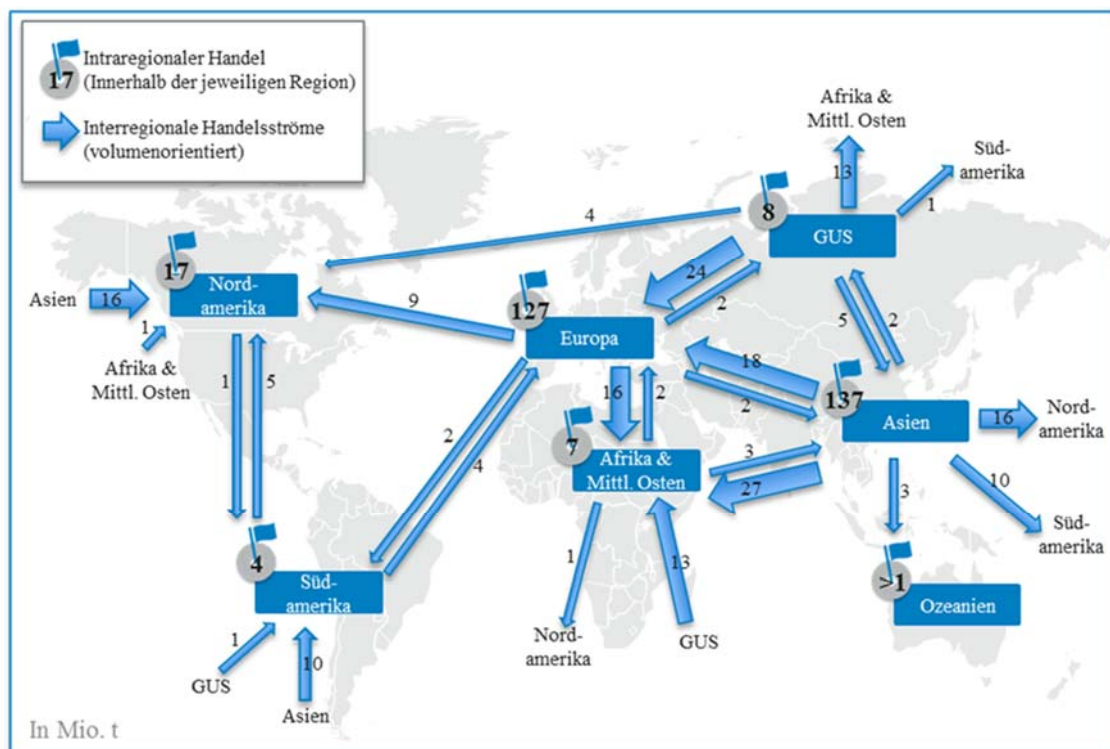


Abbildung 2: Globale Stahlhandelsströme 2016 in Millionen Tonnen

Die vorliegende Untersuchung folgt der erweiterten 6-R-Regel und durchleuchtet neben den richtigen Gütern/Informationen, der richtigen Menge und dem richtigen Ort zielgerichtet die Handlungskriterien hinsichtlich Prozessstabilität, Zeit, Kapazität, Umwelt und Kosten. Final werden die Zielbeziehungen und Abhängigkeiten dargestellt, um daraus eine Gesamtübersicht der Ergebnisse zu formulieren. Mit einer Bewertungsmatrix, unterstützt durch die Spinnennetz-Darstellung, wird die

Frage beantwortet, ob sich die Bahn als Transportalternative für die deutsche Stahlindustrie eignet.

2 Deutschland als Zentrum der europäischen Stahlproduktion

Zentrum der europäischen Stahlindustrie war und ist Deutschland. Trotz der weltweiten Veränderung der Stahlindustrie insgesamt und einem Rückgang der Produktions- und Verbrauchszahlen auf europäischem Boden fertigt Deutschland in den letzten 50 Jahren nahezu konstant mehr als ein Fünftel der gesamteuropäischen Produktion. So wurden 2016 rund 42 Mio. t Stahl in Deutschland produziert, ein Anteil von rund 21 %, 2000 waren es mit 46 Mio. t, 1967 mit 31 Mio. t produzierten Stahl jeweils rund 22 % der europäischen Gesamtmenge. Die Wirtschaftsvereinigung Stahl geht in ihrer Prognose davon aus, dass Deutschland zu den wenigen Staaten gehören werde, die weiterhin eine befriedigende Kapazitätsauslastung (circa 85 %) der Produktionsanlagen erzielen dürfte (WV Stahl 2016a). Daraus den Rückschluss zu ziehen, die deutsche Stahlindustrie befinde sich in einer wirtschaftlich stabilen und soliden Lage, wäre jedoch falsch (WV Stahl 2016a). Allein ein Blick in die Zeitung genügt, um ein „[...] anhaltend schwieriges bzw. strukturell herausforderndes wirtschaftliches Umfeld“ (WV Stahl 2016a, S. 21) zu registrieren. So fallen die Umsatzerlöse der deutschen Stahlindustrie seit 2011 jährlich zwischen 4,1 % und 9,7 %. Von 2011 noch 49,7 Mrd. € Umsatzerlös auf 37,8 Mrd. € Umsatzerlös in 2015 (WV Stahl 2016b).

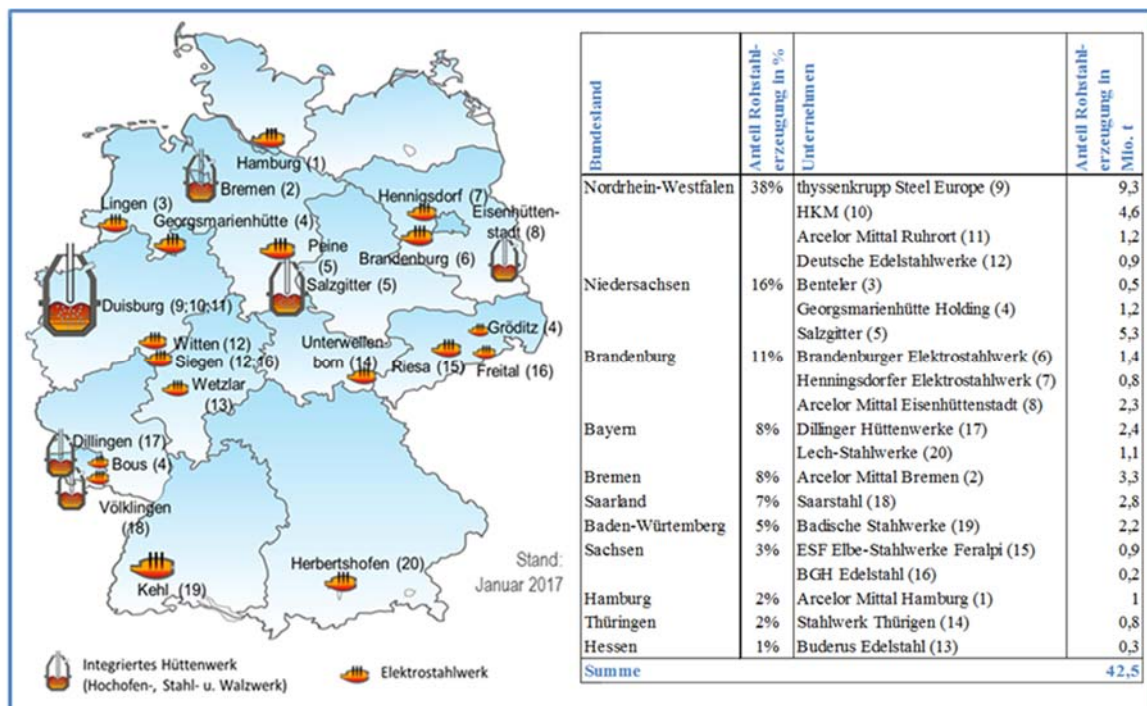


Abbildung 3: Stahlindustrie in Deutschland (in Anlehnung an WV Stahl, 2017)

Abbildung 3 präsentiert Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen als die deutschen Zentren der Stahlindustrie mit einem gemeinsamen Anteil von über 50 % an der

Rohstahlerzeugung. Auch die drei größten Stahlerzeuger in Deutschland sind in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen beheimatet: thyssenkrupp (12,1 Mio. t), ArcelorMittal (7,8 Mio. t) und Salzgitter inkl. HKM (7,0 Mio. t). Globale Player, europäische Champions, nationale Spitzenreiter und leistungsfähige Mittelständler mit Nischenprodukten verdeutlichen die große Bedeutung der deutschen Stahlindustrie. Strategisch gut positioniert spielt Deutschland auch auf der Route Europa-Asien eine besondere Rolle (WV Stahl 2016a).

3 China – Abnehmer der deutschen Stahlindustrie

China hat sich, mit 50 % Marktanteil (808 Mio. produzierte Tonnen 2017), in den letzten 50 Jahren zur führenden Stahlnation der Welt entwickelt. 1967 begonnen mit lediglich 14 Mio. produzierten Tonnen Stahl, hat die rasante Entwicklung des Landes – eine Steigerung von über 1.500 % – mit den ersten marktwirtschaftlich orientierten Reformen ab 1978 begonnen. Die Industrialisierung und Urbanisierung hat durch massive Investitionen in Infrastruktur, im Bausektor und im Maschinen- und Anlagenbau auch in der Stahlindustrie für wirtschaftlichen Aufschwung gesorgt, die Öffnung nach außen führt zu zusätzlicher Nachfrage. So wuchs die Branche in den 1980ern durchschnittlich 7 % jährlich, in den 1990ern schon 10 % und während der 2000er gab es ein jährliches Wachstum von knapp 20 % (Holloway et al. 2010).

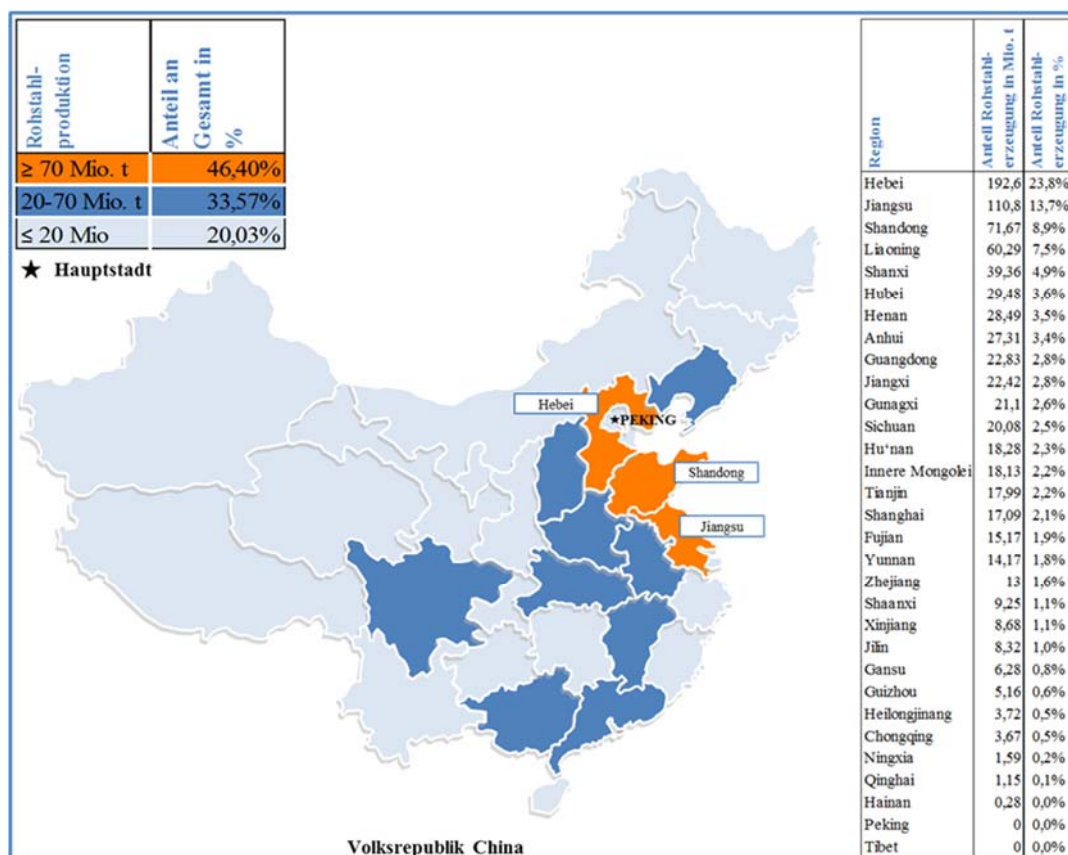


Abbildung 4: Stahlindustrie in China – Absolute und prozentuale, regionale Verteilung der Rohstahlerzeugung (in Anlehnung an worldsteel 2017b)

Auch ein Blick auf die heute positive Außenhandelsbilanz zeigt das Ausmaß der chinesischen Stahlwirtschaft. Weisen die Statistiken der worldsteel für 1968 keinerlei Exporte der Volkswirtschaft China, und lediglich 690.000 t Import und damit eine negative Außenhandelsbilanz aus, wurden 2016 13,6 Mio. t importiert und 108,1 Mio. t Stahl exportiert (IISI 1978 und worldsteel 2017a). Um im Folgenden die möglichen Logistikketten vergleichen zu können, gibt die Abbildung 4 einen Überblick über die geographische Verteilung der Stahlproduktion auf die einzelnen Regionen des Landes.

Fast ein Viertel (192,6 Mio. t) des gesamtchinesischen Stahls wird in der Region Hebei außerhalb der Hauptstadt Peking produziert. Werden die an der Küste entlang nördlich liegenden Regionen Jiangsu und Shandong bis Shanghai hinzugenommen, so sind fast 50 % (375,07 Mio. t) der jährlichen Produktion abgedeckt. Mit 271,36 Mio. t Stahlproduktion jährlich entfällt ein weiteres Drittel auf die Regionen Zentralchinas und der nördlichen Küstenregion, die verbleibenden 20 % sind auf vereinzelte Produktionsstätten im Rest des Landes vernachlässigbar verstreut (worldsteel 2017b). Nicht überraschend ist, dass auch die fünf chinesischen Hersteller aus den aktuellen Top 10 der Stahlproduzenten – (2) China Baowu Group (63,81 Mio. t), (3) HBIS Group (46,18 Mio. t), (6) Shagang Group (33,25 Mio. t), (7) Ansteel Group (33,19 Mio. t), (9) Shougang Group (26,80 Mio. t) – schwerpunktmäßig in den genannten Ballungsräumen aktiv sind (worldsteel 2017a, 2017b).

4 Die Route Europa-Asien – logistische Grundlagen

Die Betrachtung allgemeiner Verkehrs- und Transportkennzahlen zu See- und Luftverkehr als wichtigste Transportmittel zur Überwindung langer Distanzen zeigt zunächst die Bedeutung der beiden Kontinente Europa und Asien (Woitschützke 2016). So liegen neun der zehn größten Seehäfen in der asiatischen Region, sechs davon alleine in China, inklusive der Nummer eins: Shanghai mit einem Durchsatz 2016 von über 37,1 Mio. TEU. Werden die Top 20 betrachtet, so liegen 90 % der weltweit größten Häfen entweder in Asien (15, mit einem summierten Durchsatz von 262,4 Mio. TEU) oder in Europa (3, mit einem summierten Durchsatz von 31,3 Mio. TEU) (UNCTAD 2017). Im Luftfrachtverkehr ist ein ähnlicher, wenn auch nicht ganz so drastischer, Trend erkennbar, 55 % der Top 20 Luftfrachtdrehkreuze liegen entweder in Asien (8) mit einem summierten Durchsatz von 20,6 Mio. t Frachtgut oder in Europa (3) mit einem summierten Durchsatz von 5,9 Mio. t Frachtgut 2016 (ACI 2018). Auch der Blick auf die Schiene ist eindeutig: kein Bahnnetz weltweit ist ausgedehnter als das eurasische Geflecht inklusive der bekannten Transsibirischen Route (Woitschützke 2016). „Das hohe Volumen des Warenaustauschs zwischen den genannten Regionen weist auf erhebliche logistische Aktivitäten im Rahmen dieser Handelsrouten hin [...]“ (Göpfert/Braun, 2013, S. 4), die im weiteren Verlauf dargestellt und analysiert werden.

4.1 Stahl – Besonderheiten beim Transport

„Stahl ist ein logistikintensives Produkt“ (Ameling 2006, S. 20), für dessen Transport spezifische Erfahrung und spezielles Equipment benötigt wird. Dabei sind jedoch unterschiedliche Logistik- bzw. Transportarten zu unterscheiden; im Vorfeld der Produktion werden große Volumina an Rohstoffen transportiert, nach Zusammenschlüssen zu internationalen Konzernen gibt es in vielen Unternehmen intensive Zwischenwerks-Verkehre sowie innerbetriebliche Verkehre in unterschiedlichen Produktionsstadien und am Ende steht die finale Belieferung des Kunden mit dem fertigen Produkt (Ameling 2006).

Im Weiteren werden die Besonderheiten des Coils (im kalten Zustand, Coilachse waagrecht) als Stahlprodukt gezeigt, fokussiert auf Zwischenwerksverkehre oder Kundenbelieferung. Der Coil-Transport zeichnet sich unter anderem durch das ungewöhnlich hohe konzentrierte Gewicht des Produkts aus – damit verbunden ist eine intensive Ladungssicherung, um den Schutz aller Verkehrsbeteiligten garantieren zu können.

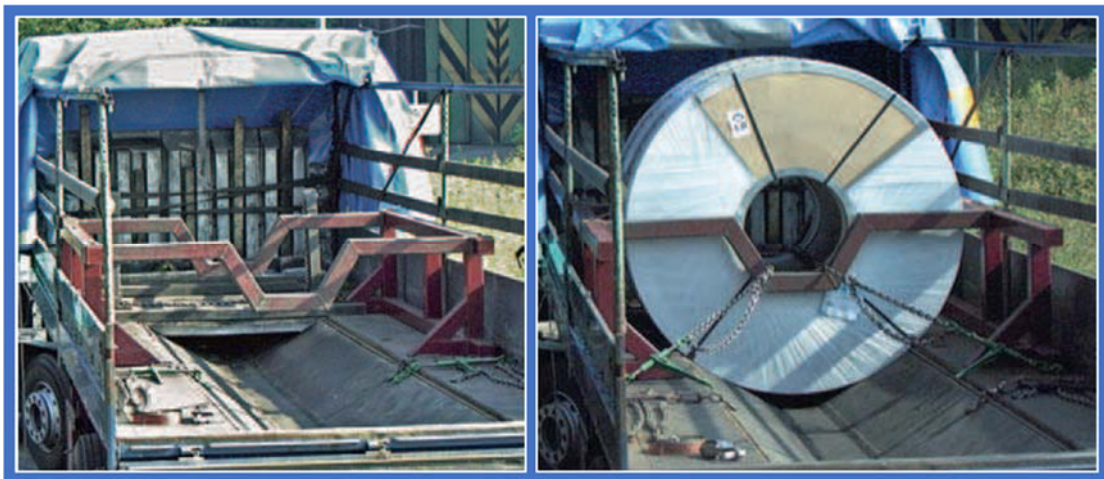


Abbildung 5: LKW-Auflieger mit Coilmulde (Quelle: Stahl-Online 2010)

Für den Transport eines Coils ohne Palette kommen nur spezielle Lastkraftfahrzeuge in Frage, die, wie in Abbildung 5 zu erkennen, mit einer sogenannten Coilmulde ausgestattet sind und über zusätzliches Ladungssicherungsequipment verfügen. Die Komplexität der Ladungssicherung zeigt ein Blick in das Merkblatt 114 des Stahl-Informations-Zentrums, welches basierend auf den gültigen DIN-Normen Empfehlungen zur Verladung auf Straßenfahrzeugen ausspricht. Darin heißt es unter anderem, dass ein Abstand von mindestens 20 mm zwischen dem tiefsten Punkt des Coils und des Muldenbodens bestehen und die Auflagefläche einen Neigungswinkel von 35° haben muss. Des Weiteren muss Form- bzw. Kraftschluss, beispielsweise durch Einsetzen von Steckungen, Spezialfahrzeugbauten, Coil-Mulden-Abdeckungen sowie dem zusätzlichen Einsatz von Zurrketten, -gurten, und/oder Drahtseilen, hergestellt werden. Auch der Lastverteilungsplan ist,

ebenso wie der Einsatz von rutschhemmendem Material, zu berücksichtigen – ein Spezialtransport, auf den sich ein kleiner aber sehr erfahrener Teil der Spediteure konzentriert (Stahl-Online 2010).

Auch bei dem Transportträger Bahn sind spezielle Wagons im Einsatz, die im Güterwagenkatalog der Deutschen Bahn sogenannte „Gattung S“: Drehgestellflachwagen für Coil-Transporte (DB 2018). Dabei kommen je nach Empfindlichkeit und Gewicht des Materials unterschiedliche Wagons in Frage, für nässeempfindliche Produkte beispielsweise der Wagen Shimmms 708; oder für besonders schweres, aber nicht witterungsempfindliches Material der Wagen Sahnms 711. Bei Verladung in die Mulde muss ein Mittenversatz von 50 mm berücksichtigt werden – auch hier wird die Komplexität des Stahltransports deutlich (Stahl-Online 2010). Auch bei der Bahn spielt der Lastverteilungsplan eine entscheidende Rolle. Abbildung 6 zeigt beispielhaft das Ladeschema. Deutlich erkennbar sind die differenzierten Belademuster der einzelnen Coilmulden nach Durchmesser und Gewicht.

<u>Ladeschema Sahnms 711</u>							
Mulde	1	2	3	4	5	6	7
Ø min. mm	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Ø min. mm	2.000	2.500	1.700	2.500	1.700	2.500	2.000
Gew. Max. t	22,5	45,0	15,0	40,0	15,0	45,0	22,5

<u>Ladeschema Shimmms 708</u>					
Mulde	1	2	3	4	5
Ø min. mm	1.000	800	1.000	800	1.000
Ø min. mm	2.250	1.700	2.700	1.700	2.250
Gew. Max. t	33	17	45	17	33

Abbildung 6: Ladeschema DB-Wagen (in Anlehnung an DB 2018)

Sowohl für den Binnenschiffverkehr als auch für den Seeverkehr gibt es die Möglichkeit, Coils auch ohne Palette in sogenannte „Bulk-Carrier“, Massengutfrachter, oder auf Leichter, auch Barge genannt, zu laden (Tata Steel 2016). Dabei handelt es sich um antriebslose Schwimmbehälter, die mit Hilfe eines Schubschiffes hauptsächlich im Binnenschiffsverkehr im Einsatz sind, aber auch von Seeschiffen transportiert werden können (Deutsch 2013). Sowohl die Bulk-Carrier als auch die Barge können nach Größe und Ladekapazität differenziert werden. Insgesamt gilt es, mit Fingerspitzengefühl und Erfahrung das Schiff so zu laden, dass weder Material noch Mensch zu Schaden kommen – eine Herausforderung. Besondere Gefahren für das Material entstehen durch den möglichen direkten Kontakt des Materials mit Salz- oder Regenwasser sowie beim Stauen und Löschen des Schiffes.

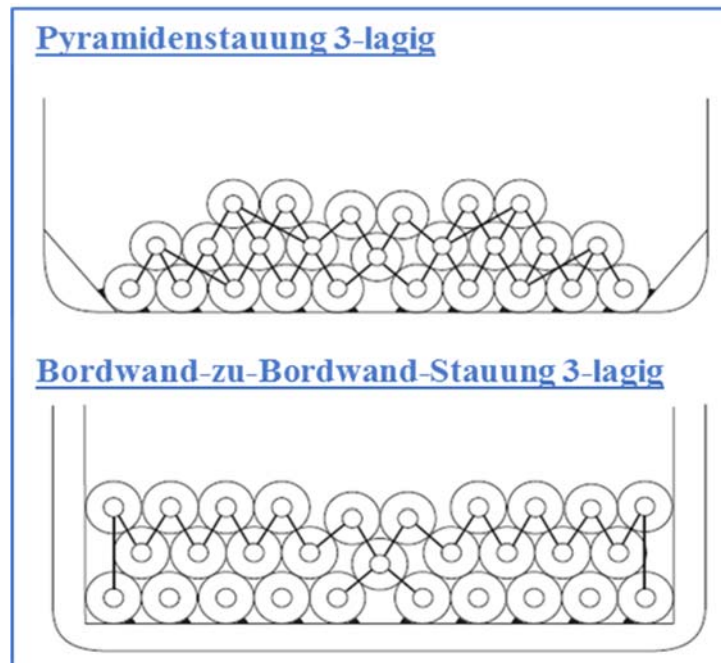


Abbildung 7: Stauung von Coils in den unterschiedlichen Bulk-Schiffstypen (in Anlehnung an Tata-Steel 2016)

Der Blick auf die Details des konventionellen Bahn-, Straßen-, Binnen- und Seeschifftransport zeigt deutlich die Besonderheiten dieses schweren aber hochsensiblen Produkts. Die Verladung in Containern ist eine weitere Herausforderung – die Beförderung des Containers hingegen ist „Standard“. Doch auch hier gilt, die sogenannte Stauung von Coils in den Container bedarf aufgrund der starken Punktbelastung und großen Freiräumen, Spezialequipment und das nötige Fachwissen in den Bereichen Lastverteilung und Ladungssicherung (Containerhandbuch 2018).

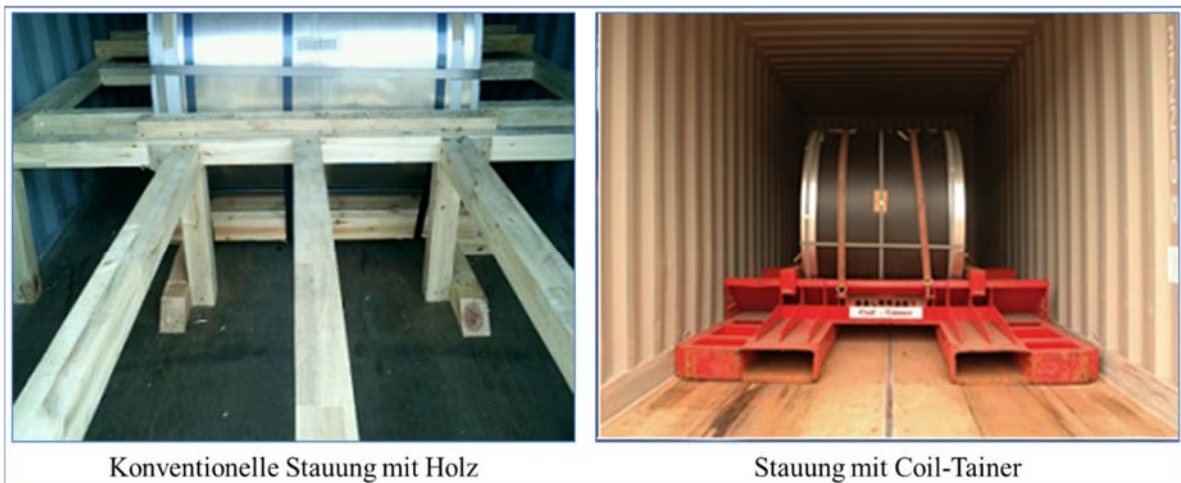


Abbildung 8: Coil-Stauung in Container: Konventionell (in Anlehnung an Containerhandbuch 2018 und Coil-Tainer 2018)

Dabei kristallisieren sich, aufgrund des hohen Gewichts des Produkts Stahl, drei komplexe Kernthemen heraus. Bei Coil-Massen von bis zu 49 % der Container-

Nutzlast spielt die Belastung des Containerbodens in Querrichtung eine entscheidende Rolle – dieses Problem wird durch Längsbalken auf Bodenquerträgern gelöst. Bei einer relativen Coil-Masse von über 49 % der Nutzlast darf aufgrund der Längsfestigkeit nur ein Coil auf halber Länge des Containers platziert werden und bei Coils mit über 65 % Coil-Masse der Container-Nutzlast ist der Einsatz von Stahlträgern zur Sicherung gegen Transportbeschleunigung zwingend erforderlich (Containerhandbuch 2018). Auch die Stauung selbst ist eine Herausforderung, da der Stapler in den seltensten Fällen die Möglichkeit hat, direkt in den Container zu laden, sodass Unterkonstruktionen aus Holz vor der offenen Containertür beladen werden und im Anschluss das gesamte Konstrukt in den Container geschoben wird (Containerhandbuch 2018).

4.2 Verkehrsträger in der Stahlindustrie

Allgemein gelten Flugzeug und Seeschiff für den internationalen Warenverkehr und die damit verbundene Überwindung weiter Distanzen im Hauptlauf als die wichtigsten Transportmittel (Woitschützke 2013). Aufgrund des Gewichts des betrachteten Produkts Stahl wird das Flugzeug als Transportmittel auf der Route Europa – Asien ausgeschlossen. Unabhängig vom Verkehrsträger im Hauptlauf werden darauf aufbauend Vor- und Nachlauf des Gesamttransportes mit LKW oder Binnenschiffen auf der Route Europa – Asien, speziell Deutschland – China analysiert.

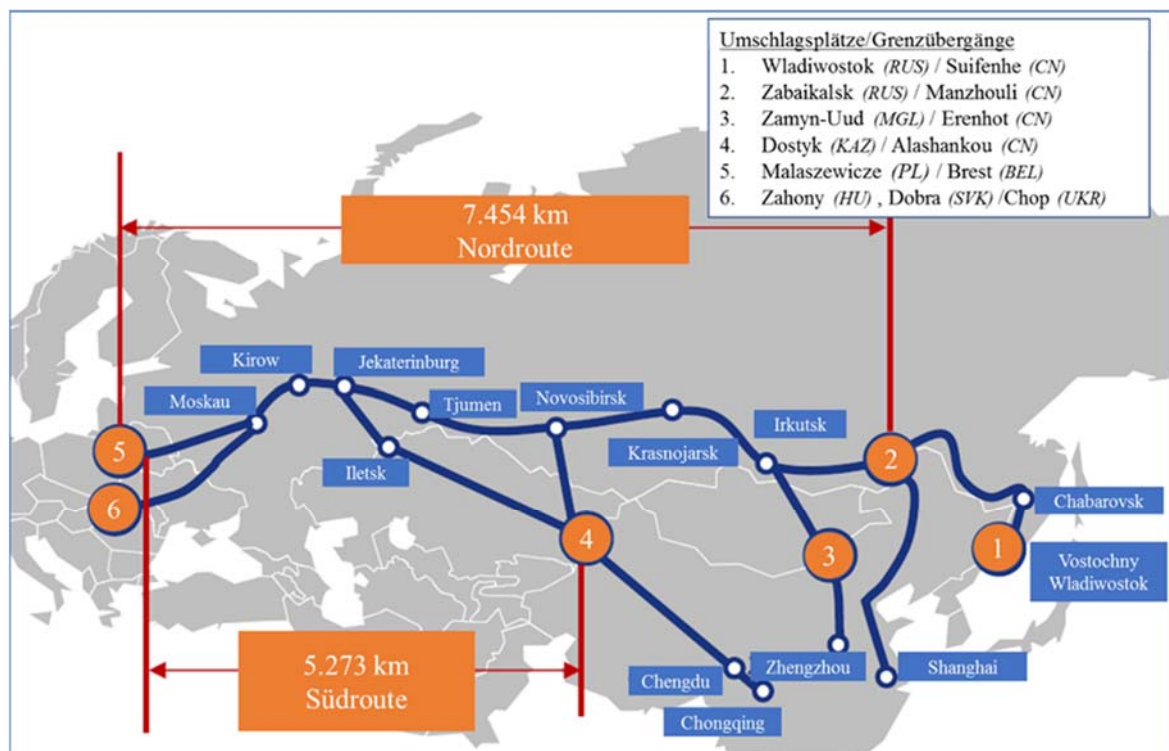


Abbildung 9: Nord- und Südroute im Transit Europa – China inkl. Umschlagsplätze/Grenzübergänge (in Anlehnung an Hellmann 2015a)

Die Bahn im nationalen Güterverkehr ist nichts Neues, in Deutschland werden rund 20 % des jährlichen Güterverkehrsaufkommens über die Schiene transportiert und auch auf transkontinentaler Ebene gibt es seit längerem Bemühungen, wie beispielsweise den gemeinsamen, liberalisierten Schienenverkehrsmarkt Europas (Woitschützke 2013). Interkontinentale Landverkehrswege sind eher selten, die bedeutendste und ausgedehnteste Verbindung ist das euroasiatische Bahnnetz. Mit rund 8.000 km ist die Transsibirische Eisenbahnstrecke der Hauptteil dieser Verbindung (Woitschützke 2013), wobei im Güterverkehr (vgl. Abbildung 9) von den meisten Verkehrsdienstleistern sowohl die Südroute über Kasachstan und Russland (Städte entlang der Route: Iletsk, Dostyk, Alanshankou, Changdu und Chongqing) als auch die Nordroute über Sibirien und nördlich der Mongolei (Städte entlang der Route: Tjumen, Novosibirsk, Krasnojarsk, Irkutsk, Zabaikalsk, Manzhouli, Zhenzhou, Shanghai und Wladiwostock) unterschieden und angeboten werden, mit, je nach Anbieter, geringfügigen Abweichungen in der finalen Streckenführung (DB Schenker 2016, Hellmann 2015a).

Eine entscheidende Rolle spielen die Umschlagsplätze, denn obwohl es sich um die längste Eisenbahnstrecke der Welt handelt, muss zweimal auf andere Spurweiten umgesetzt werden. So hat China dieselbe Normalspurbreite (1435 mm) wie die meisten Länder in Europa, aber in Russland, Weißrussland, der Mongolei und Kasachstan ist das Breitspurnetz (1520 mm) verbaut. So wird auf asiatischer Seite an der mongolisch-chinesischen Grenze in Erenhot/Zamyn-Uud, an der russisch-chinesischen Grenze in Zabaikalsk/Manzhouli oder an der kasachisch-chinesischen Grenze in Dostyk/Alanshankou die Spur gewechselt, auf europäischer Seite ist die polnisch-weißrussische Grenze Brest/Malasewicze Hauptumschlagspunkt (DB Schenker 2016).

Der vorgestellten Eisenbahnverbindung gilt seit geraumer Zeit ein besonderes Interesse, so möchte Russland als Transitkorridor zwischen den beiden Kontinenten fungieren und hat seit 2013 bereits 10.6 Milliarden € in den Aufbau der Infrastruktur sowie die Erneuerung des Schienennetzwerkes investiert. Großes Ziel ist es, die Geschwindigkeitseinschränkungen zu eliminieren; schnelle Zollabwicklung, möglicherweise durch Sonderabkommen, zu ermöglichen und eine stabile Tarifstruktur zu implementieren (Hellmann 2015b). Und auch China hat das Potenzial der Verbindung erkannt und möchte mit dem Projekt „Neue Seidenstraße“ oder auch „One Belt, One Road“ sowohl die See- als auch die Landverkehrsverbindung der Kontinente Europa, Asien und im nachgelagerten Schritt auch Afrika stärken – insgesamt sind sechs Verbundkorridore geplant (Grieger 2016). Damit zeichnet sich ab, dass die Bahn nach langer Zeit der Vernachlässigung als Verkehrsträger im interkontinentalen Transport neben Schiff und Flugzeug, zurück in den Fokus der Möglichkeiten gerät.

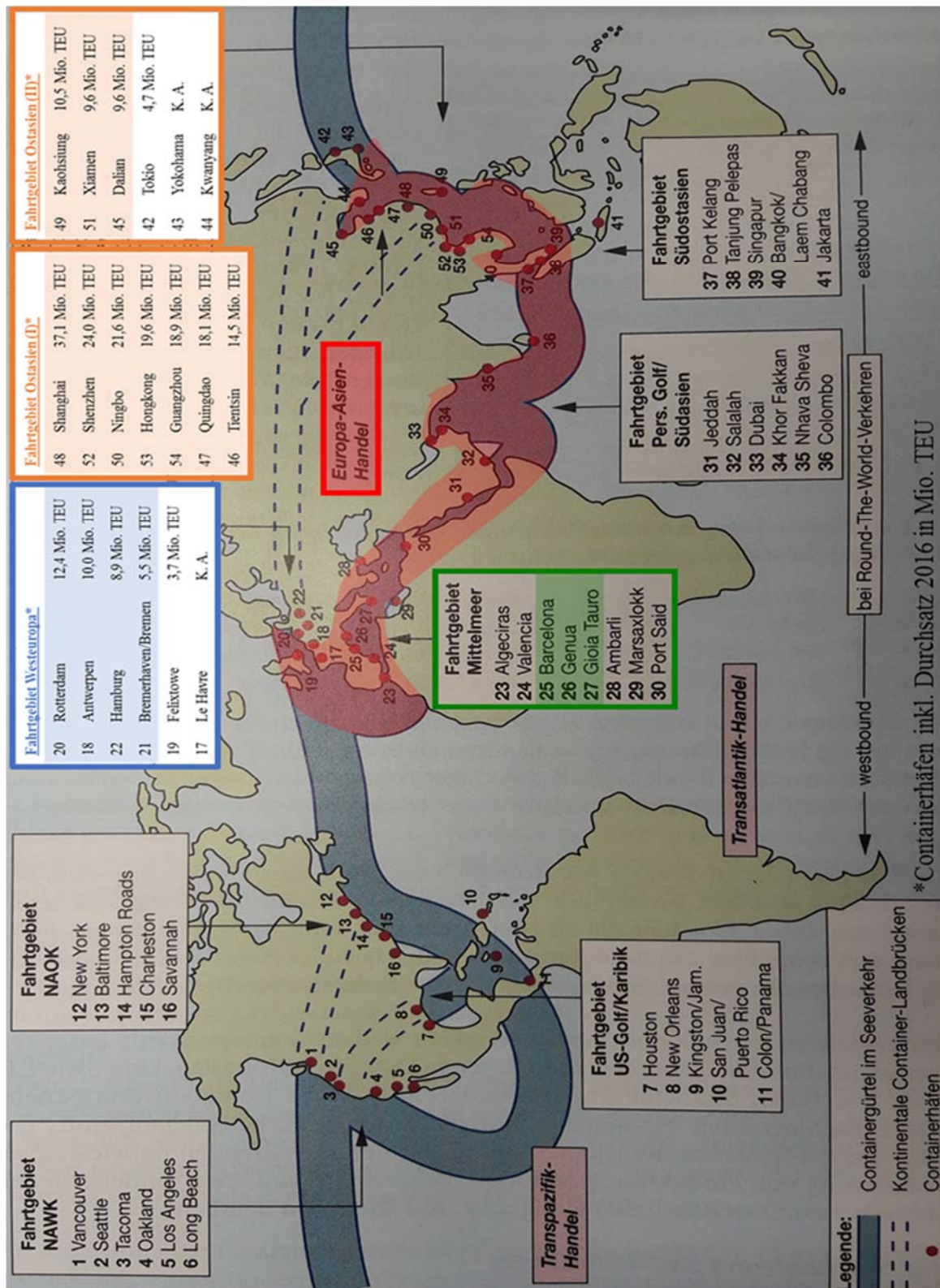


Abbildung 10: Der Containergürtel inkl. bedeutender Containerhäfen mit Fokus auf dem Europa-Asien-Handel (in Anlehnung an Woitschütze 2013 und UNCTAD 2017)

Der Seegüterverkehr, der anteilig circa 70 % des wertmäßigen Welthandels sowie 80 % des weltweiten Handels nach Gewicht ausmacht, basiert auf der größten physisch zusammenhängenden Transportinfrastruktur der Welt. Neben der geographi-

schen Konfiguration des Transportweges können auch die Reihenfolge der Hafenanläufe, die Fahrpläne inkl. der Frequenz sowie der Schiffstyp und die Schiffsgröße zu den entscheidenden Gestaltungsparametern des Seeschiffs im Hauptlauf gehören (Schieck 2008).

Wichtige internationale Fahrtgebiete, wie die hier im Fokus stehende Verbindung von Europa nach Asien, werden im containerisierten Stückgutverkehr via Linienschifffahrt bedient (Schieck 2008), d.h. es besteht ein regelmäßigen Güterseeverkehr zwischen festgelegten Lade- und Lösshäfen bei Einhaltung fixer Fahrpläne. Der durch die festen Routen der Liniendienste entstandene sogenannte Containergürtel (Abbildung 10) verbindet die größten Container-Seehäfen der nördlichen Hemisphäre. Auch die europäisch-asiatische Verbindung, inkl. Deutschland und China, liegt mit der Suez-Indik-Route neben der transatlantischen und der transpazifischen Route an diesem, den Globus umspannenden Band (Woitschützke 2013).

Die Weltseehäfen der Suez-Indik-Route sind auf europäischer Seite Rotterdam, Antwerpen, Hamburg, Bremerhaven/Bremen, Felixtowe und Le Havre, wobei für Transporte aus Deutschland hauptsächlich die deutschen, niederländischen und belgischen Häfen (blau hinterlegt) interessant sind – größter europäischer Hafen ist Rotterdam mit einem Durchsatz 2016 von 12,4 Mio. TEU. Für Fracht aus Süddeutschland können auch die Häfen Barcelona, Genua oder Gioia Tauro (grün hinterlegt) im Fahrgebiet des Mittelmeers in Frage kommen – diese Route wird jedoch vernachlässigt, da Nordrhein-Westfalen der akkumulierte Standort der Stahlindustrie in Deutschland ist.

Für den ostasiatischen Raum sind folgende Welthäfen von besonderem Interesse: Shanghai, Shenzhen, Ningbo, Hongkong und Guangzhou, Qingdao, Tianjin, Kaosung, Xiamen, Dalian, Tokio, Yokohama und Kwanyang, wobei 77 % davon in China liegen (orange hinterlegt) – größter asiatischer und gleichzeitig größter Hafen weltweit ist Shanghai mit 37,1 Mio. TEU. Entscheidend bei der Hafenauswahl ist zusätzlich die Effizienz im Umschlag vor Ort inklusive der Ausstattung an Art, Anzahl und Technik von Umschlagemitteln (Schieck 2008).

Seegüterverkehrsschiffe können auf dieser Strecke maximal die sogenannte Schiffsklasse „Suez-Max“ haben, die mit 18,90 m Tiefgang, maximal 43,89 m und bis 13.000 TEU Tragfähigkeit die Passage des Suezkanals, der mit einer Länge vom 161 km das Mittelmeer mit dem Roten Meer verbindet, noch passieren können (Woitschützke 2013, Schieck 2008). Dies gilt, unabhängig davon, ob es sich um Tankschiffe, Massengutschiffe für trockenes Gut, konventionelle Stückgutschiffe, Roll-on/Roll-off-Schiffe, Spezialschiffe oder die in der vorliegenden Arbeit im Fokus stehenden Containerschiffe handelt (Schieck 2008).

	Entfernung (in nm)	Entfernung (in km)	Abweichung zu SI-Route (in %)
Suez-Indik-Route	11.400	21.100	-/-
Kap-Route	14.660	27.000	+28,6 %
Polar-Route	8.270	15.300	-27,5 %

Tabelle 1: Alternative Transportrouten auf der Strecke: Hamburg – Tianjin

Neben der Suez-Indik-Route, die als Standardroute sowohl von Süd- als auch Nord-europa durch die Straße von Gibraltar, den Suezkanal, entlang der Malakka-Straße bis nach China und ggfs. noch weiter führt, gibt es für die Verbindung noch zwei Alternative: die circa 30 % längere Route um das Kap der Guten Hoffnung, für Schiffe, die aufgrund von Abmessungen und/oder Tiefgängen von der Suez-Indik-Route ausgeschlossen sind und die circa 30 % kürzere Polar-Route (Nordostpassage), die jedoch im heutigen Klima nur zwei bis drei Monate im Jahr eisfrei ist (Woitschützke 2013). Tabelle 1 macht die Entfernungsunterschiede der alternativen Transportrouten anhand der Strecke Hamburg – Tanjin noch einmal deutlich.

Viele Containerschiffe pendeln heute also als sogenannte Mega-Carrier kontinuierlich mit hoher Produktivität zwischen einigen, wenigen Welthäfen im internationalen Seegüterverkehr (Deep Sea Shipping), die Zubringer- und Verteilerverkehre übernehmen via Kurzstreckensee-, Binnenschiffahrts-, Schienengüter- oder Straßengüterverkehr den ergänzenden Hinterlandverkehr, auf den im folgenden Kapitel näher eingegangen wird (Schieck 2008).

4.3 LKW, Bahn und Binnenschiff im Vor- und Nachlauf

Nachdem im Hauptlauf, unabhängig ob via Seeschiff oder Bahn, der überwiegende Anteil der Strecke überbrückt ist, also hoch frequentierte Umschlagspunkte verbunden wurden, erfolgt im Vorlauf die Abholung beim Absender und im Nachlauf die Verteilung auf die Empfänger. Sowohl Vor- als auch Nachlauf können via LKW, Bahn oder Binnenschiff erfolgen, wobei die Gegebenheiten, die ausschlaggebend für die Wahl des Verkehrsträgers sind, in den beiden im Fokus liegenden Ländern Deutschland und China unterschiedlich sind bzw. sein können.

In beiden Ländern ist der Anteil der Straße an den gesamten zur Verfügung stehenden Kilometern rund 95 %. Auch an der Verkehrsleistung der Straße als Verkehrsträger von 4.338,9 Mrd. tkm in China (2010) und 328,8 Mrd. tkm in Deutschland (2011) lässt sich die große Bedeutung des Straßengüterverkehrs ablesen. Die Anbindung an die Straße, das heißt die Straßendichte ist 2015/2016 jedoch in Deutschland mit 232,5 km/100 km² fast fünfmal höher als in China mit 47,7 km/100 km² (Göpfert/Braun 2013 und Schulte 2013).

Schienen und Binnenschiff spielen auf den ersten Blick eine untergeordnete Rolle, wobei hier der Blick auf die Verkehrsleistung entscheidend ist. So wurden 2010 in China 2.242,8 Mrd. tkm via Binnenschiff abgewickelt und 2016 schon 3.753,6 Mrd. tkm – ein Anstieg um 67 %. Göpfert weist darauf hin, dass sich die Binnenschiffahrt im Boom befindet und vor allem der Dreischluchten-Damm über den Yangzi-Fluss zur Attraktivität dieses Transportmittels in China beiträgt. 2010 ist das deutsche Wasserstraßennetz mit 62,3 Mrd. abgewickelten tkm deutlich kleiner als das chinesische, jedoch ist mit 2 km/100 km² die Dichte der klaren deutschen Süd-Nord-Ausrichtung deutlich größer (Göpfert 2013, NBSC 2016). Mit den Hauptflüssen Rhein, Weser, Elbe und Oder ist die Verbindung zu Nord- und Ostsee und damit zu den großen (auch nichtdeutschen) Seehäfen sichergestellt (Woitschützke 2013).

Die Bahn als Verkehrsträger im Vor- und/oder Nachlauf erreichte in China 2010 eine Verkehrsleistung von 2764,4 Mrd. tkm, jedoch mit rückläufigem Trend (2015: 2375,4 Mrd. tkm); dies kann daran liegen, dass ein Großteil der Seehäfen nicht ans Bahnnetz angeschlossen ist. In Deutschland hingegen ist die Bahn stärker vertreten als das Binnenschiff, 2010 wurden 107,3 Mrd. tkm über die Schiene transportiert (NBSC 2016).

Mit der Wahl des LKW als Transportmittel kann, durch flächendeckende (meist nationale) Infrastruktur, jeder Ort – vorausgesetzt angebunden an den Verkehrsträger Straße, in Ausnahmen sogar ohne – angefahren werden: ein entscheidender Vorteil (Clausen/Geiger 2013). Mit spezialisierten Fahrzeugen ist (fast) jede Transportaufgabe zu bewältigen und durch den Einsatz von für den Containertransport konzipierten Kraftfahrzeugen ist der Umschlag in den nächsten Teil der Transportkette leicht zu realisieren. Zusätzlich kann der LKW vom aktiven Transportmitteln in sogenannten Roll-on/Roll-off- oder Huckepackverkehren als passive Ladeeinheit genutzt werden, eine weitere Möglichkeit, räumliche und zeitliche Flexibilität umzusetzen (Schieck 2008).

Um große Mengen und/oder Massen von Gütern, wie beispielsweise in der Stahlindustrie, energieeffizient zu befördern, ist der Schienengüterverkehr, durch den geringen Rollwiderstand zwischen Schiene und Rad, besonders gut geeignet. Kapazitiv eingeschränkt wird dies durch die maximale Anzahl von Zügen pro Zeiteinheit und Mindestzugfolgezeiten auf den jeweiligen Streckenabschnitten und gebunden an das Schienennetz und Fahrpläne. Dabei wird zwischen Ganzzug- und Einzelwagenverkehren unterschieden, wobei Ganzzüge alle Wagen von einer gemeinsamen Quelle zum gleichen Empfangsbahnhof (Senke) transportieren und alternativ einzelne Wagen durch ein- oder mehrmalige Rangiertätigkeiten an Satelliten, Knotenpunkt- oder Rangierbahnhöfen erst zu ausgelasteten Gesamtzügen organisiert werden (Clausen/Geiger 2013, Schieck 2008).

Das Binnenschiff ist ein kostengünstiges, massenleistungsfähiges Transportmittel mit sehr hoher Transportsicherheit, weshalb es im Gefahrgüterbereich vermehrt eingesetzt wird. Die Binnenschifffahrt ist weitestgehend staufrei im Einsatz und ist auch befreit von Einschränkungen bezüglich Sonn- und Feiertagen, allerdings stark gebunden an die (oft) natürlich gegebenen Binnenwasserstraßen des jeweiligen Landes und die eingeschränkte Geschwindigkeit. Zu unterscheiden sind Containerschiffe, Schubverbände (inkl. Leichter) und Roll-on/Roll-off-Schiffe, die stark abhängig von Klima- und Wetterbedingungen, insbesondere durch Wasserstände, die Flüsse, Kanäle, Binnenseen und den küstennahen Seeraum bedienen (Schieck 2008).

Werden drei Transportmittel bezüglich einer zu transportierenden Menge von 4.000 t verglichen, so werden im Durchschnitt ein Güterzug, zwei Binnenschiffe oder 160 LKW für den Transport benötigt (Woitschützke 2013).

5 Bahn oder Schiff – eine vergleichende Analyse

Es folgt die detaillierte Betrachtung der Transportmittelwahl in Bezug auf die Handlungskriterien Prozessstabilität (Wie beständig ist der Prozess gegenüber inneren und äußeren Einflüssen?), Zeit (Wie viele Tage werden benötigt, um die definierte Strecke zurückzulegen?), Kapazität (Welches Fassungsvermögen haben die jeweiligen Transportmittel?), Umwelt/Nachhaltigkeit (Welche ökologischen Auswirkungen sind zu erwarten?) und Kosten (Welchen Wert hat die Dienstleistung Transport und wie wirtschaftlich ist diese?). Im Anschluss werden Zielbeziehungen und Abhängigkeiten dargestellt, um mit einer Gesamtübersicht abzuschließen.

5.1 Maßgebende Ziele der Supply Chain

„Die Logistik soll sicherstellen, dass die richtigen Güter, Informationen und Dienstleistungen, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge und in der richtigen Qualität, zu richtigen (möglichst geringen) Kosten zur Verfügung stehen“ (z. B. Arndt 2015). Für die Analyse ist daher festzulegen, „welche Güter und Informationen, in welchen Mengen, an welchen Orten, zu welchen Zeitpunkten in welcher Qualität durch welche Aktionen verfügbar sein müssen“ (Ehrmann 2018, S. 31).

Welche Güter/Informationen? – in der vorliegenden Arbeit steht die Stahlindustrie mit dem Endprodukt Coil im Fokus und eben dieses soll auch Gegenstand des Transports sein. Die benötigten Informationen, in diesem Fall die Einfuhrdokumente, Begleit- und Ausfuhrpapiere, hängen von der Wahl des Transportmittels ab.

In welchen Mengen? – der vorliegenden Arbeit soll, wie bereits erläutert, ein Coil zugrunde liegen, welches sicher in einen Container gestaut ist. Es wird davon aus-

gegangen, dass das Coil der Größe und dem Gewicht entspricht, um lediglich ein Coil im Container verstauen zu können.

An welchen Orten? – in der vorliegenden Arbeit stehen die Länder Deutschland als kumulierter Standort der Stahlindustrie in Europa, und China als Ballungsgebiet der Stahlindustrie in Asien im Fokus. In Deutschland von besonderem Interesse ist Nordrhein-Westfalen als Kerngebiet der deutschen Stahlindustrie und um konkrete Vergleiche zu ermöglichen, wird – soweit notwendig – Duisburg als Quelle (Absenderstadt) des zu transportierenden Coils festgelegt. In China ist die Region Hebei als Kerngebiet der chinesischen Stahlindustrie von besonderem Interesse und – soweit notwendig – wird Peking als Senke (Empfängerstadt) festgelegt.

Zeit, Qualität und Kosten sind aufgrund der Variabilität je nach Wahl des Transportmittels als Handlungskriterien definiert, welche im Folgenden bezüglich ihrer Relevanz für die Stahlindustrie vorgestellt werden. Die entscheidende Kernfrage bleibt: Welches Transportmittel ist das „richtige“ – Bahn oder Schiff?

5.2 Die Auswahl der Analysekriterien – Relevanz für die Stahlindustrie

Zeit, Qualität (in diesem Fall Prozessstabilität) und Kosten als Analysekriterien ergeben sich aus der 6-R-Regel. Das Thema Umwelt ist unter anderem unter der Überschrift „Grüne Logistik“ und „Nachhaltigkeit“ auch in der Logistikbranche ein aufstrebendes Thema, während die Kapazität von Transportmitteln seit jeher zu den Grundlagen der Transportmittellogistik zählt (Schieck 2008).

Prozessstabilität

Unter Prozessstabilität wird sowohl die Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit als auch das externe Gefahrenpotenzial betrachtet, darunter fallen die Einflussgröße Klima aber auch kriminelle Aktivitäten.

Zeit

Ein wesentlicher Charakterzug der Logistik ist die Zeit als entscheidende Größe im Wettbewerb (Pfohl 2010). „Kurze Lieferzeiten“ sind beispielsweise ein oft gefordertes Kriterium, um aus Kostengründen geringe Lagerbestände zu realisieren und bei Nachfrageänderungen schnell reagieren zu können – dies gilt auch für die Stahlindustrie.

Kapazität

Allgemein gelten aggregierte Transportmengen als Möglichkeit, Kosten einzusparen und den Service zu verbessern. Das entsprechend gewählte Transportmittel muss diese geforderte Kapazität jedoch auch zur Verfügung stellen können, besonders in der Stahlindustrie kann dies, aufgrund des oft hohen Gewichts des Produkts, eine Herausforderung sein (Schulte 2013).

Umwelt

„Die Logistik ist eine der betrieblichen Funktionen, für die ökologische Anforderungen zur Entlastung der natürlichen Umwelt durch Vermeidung, Minderung und Beseitigung von höchster Relevanz sind“ (Pfohl 2010, S. 41). Die Globalisierung und daraus unter anderem resultierend das anwachsende Verkehrsaufkommen und dessen negative Folgen haben ein neues umweltorientiertes Bewusstsein in der Transportmittelwahl – auch in der Stahlindustrie – geschaffen und werden deshalb als separates Kriterium aufgeführt (Pfohl 2010).

Kosten

Zu den Hauptbeurteilungskriterien für außerbetriebliche Transporte zählen die Kosten. Dazu zählen unter anderem Frachtkosten, Transportnebenkosten (z. B. Hafengebühren, Standgelder und Zölle) und Handlingkosten. Hier stehen die Frachtkosten im Mittelpunkt (Ehrmann 2014). Auch in der Stahlindustrie sind aufgrund der hohen Wettbewerbsintensität niedrige Logistikkosten ein wesentlicher Erfolgsfaktor, da schon kleine Kostenvorteile entscheidend sein können (Schulte 2013).

5.3 Analyse der Handlungskriterien

Im Kern geht es um die Frage, ob die Bahn sich als Alternative zum Seeschiff auf der Route Europa – Asien eignet. Dies soll nun abschließend anhand der im Vorfeld definierten Handlungskriterien analysiert werden. Prozessstabilität, Zeit, Kapazität, Umwelt und Kosten werden im Einzelnen immer im Bezug sowohl auf die Bahn als auch auf das Schiff untersucht.

Kriterium 1: Prozessstabilität – Zuverlässigkeit und Gefahrenpotenziale

Im Allgemeinen gelten sowohl die Bahn als auch das Schiff für fast jede Güterart als sichere Transportabwicklung mit hoher Termintreue und -sicherheit durch Fahrplan- bzw. Linienverbindungen. Dabei lässt sich die Zuverlässigkeit gut anhand der Verbindungen analysieren. So zeigt Tabelle 2 die 129² wöchentlichen Verbindungen von Hamburg nach Ostasien. Wenn nun nur die beiden am nächsten zu Peking gelegenen Häfen Dalian und Tianjin betrachtet werden, gibt es immer noch 13 regelmäßige Verbindungen in die Region und das lediglich von Hamburg aus.

Hinzu kommen die weiteren nahe an Nordrhein-Westfalen gelegenen Seehäfen Rotterdam und Antwerpen. Das führt zu einer regelmäßigen Versorgung der Route mit Linienschiffen, deshalb kann in dieser Hinsicht von einer zuverlässigen Transportroute ausgegangen werden.

² Nicht berücksichtigt sind mögliche Doppelnennungen aufgrund von Verbundverkehren.

HAMBURG -	Dalian	Tianjin	Shanghai	Ningbo	Xiamen	Shenzhen	Hongkong	Guangzhou
Seestrecke (in nm)	11.306	11.486	10.863	10.766	10.333	10.143	10.148	10.189
	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche	Reederei Abfahrten/ Woche
	CMA-CGM 1	APL 1	CMA CGM 5	CMA CGM 5	CMS CGM 1	APL 1	CMA CGM 1	APL 1
	COSCO 1	Sarjak 1	COSCO 5	COSCO 5	COSCO 1	SSL Line Lim 2	COSCO 1	SSL Line Lmit 2
	Evergreen 1	SSL Line Lim 1	Evergreen 5	Evergreen 5	Evergreen 1	Evergreen 1	Evergreen 1	
	Hapag-Lloyd 1		Hamburg S. 2	Hamburg S. 2	Hapag Lloyd 1		Hapag Lloyd 2	
	K-Line 1		Hapag Lloyd 2	Hapag Lloyd 2	isa 3		K-Line 2	
	MOL 1		K-Line 1	HMM 1	K-Line 1		MOL 2	
	NYK 1		Maersk 1	K-Line 2	Maersk 1		NYK 2	
	OOCL 1		MOL 1	Maersk 2	MOL 1		OOCL 1	
	UASC 1		MSC 2	MOL 2	NYK 1		PIL 1	
	Yang Ming 1		NYK 2	MSC 2	OOCL 1		UASC 2	
			OOCL 4	NYK 2	PIL 1		Yang Ming 2	
			PIL 1	OOCL 5	Sarjak 1			
			UASC 2	PIL 1	SSL Line Lim 2			
			Yang Ming 2	UASC 2	UASC 1			
			Yang Ming 2	Yang Ming 2	Yang Ming 1			
Summe	10	3	35	40	18	3	17	3

Tabelle 2: Wöchentliche Seeschiff-Verbindungen Hamburg – Ostasien (vgl. Port of Hamburg 2018)

Auch für die Bahn gibt es inzwischen mehrere Anbieter und regelmäßige Verbindungen nach Fahrplan Richtung Asien, wenn auch weitaus weniger als mit dem Schiff. Eine genaue Anzahl zu definieren ist schwierig, da es im Gegensatz zu den Seehäfen keine selbstständig organisierten Start-/Endpunkte gibt, welche die Verbindungen zählen. Auf deutscher Seite zählen Duisburg, Hamburg und Nürnberg zu den großen Umschlagsterminals und auf chinesischer Seite Zhengzhou, Chongqing und Wuhan. Tabelle 3 zeigt beispielhaft den Fahrplan der Transa Spedition GmbH, die im Auftrag für DB Schenker die „China-Züge“ abwickelt. Demnach kommen neun Züge pro Woche aus China und fünf Züge verlassen Deutschland in Richtung China.

	Chongqing - Duisburg	Wuhan - Duisburg/Hamburg	Zhenzhou - Hamburg	Changsha - Duisburg
Westgehend	Sa., Mo., Do.	Mi.,Fr.	Mo., Mi., Fr.	Sa
Ostgehend	Sa., Do.	Sa.	Sa., Do	

Tabelle 3: Wöchentliche Bahn-Verbindungen Deutschland - China (vgl. Transa 2016)

Für beide Transportmittel sind die Klimaveränderungen auf der Transportroute ein Gefahrenpotenzial für die Ware. So kann es auf der Schiffsroute (tangierte Klimazonen: 3) je nach Jahreszeit zu Hitze und extremer Feuchtigkeit kommen und auf der Bahnroute (tangierte Klimazone: 1) zu extremer Kälte (Woitschützke 2013). Für die Auswirkungen der Containerschweißbildung spielt es auch eine Rolle, ob von warm nach kalt oder von kalt nach warm transportiert wird. Für das im Fokus stehende Produkt Stahl im Allgemeinen ist die Temperatur nicht entscheidend, weshalb auf eine detaillierte Betrachtung verzichtet wird.

Auch wenn das Klima im Allgemeinen keinen größeren Einfluss auf das Produkt Stahl hat, so ist die Gefahr für ein Containerschiff in einen Sturm zu geraten auf der Route durchaus gegeben. Die Schiffsorganisation „World Shipping Council“ geht aufgrund von Mitgliederbefragung davon aus, dass in den Jahren 2014–2016 im Durchschnitt 612 (exklusive Schiffskatastrophen) Container pro Jahr aufgrund von

schlechten Wetterverhältnissen oder schlechter Ladungssicherung verloren gegangen sind, inkludiert man die Schiffskatastrophen waren es 1.390 pro Jahr. Im Verhältnis zu über 130 Mio. transportierten Containern (2016) ist diese Zahl jedoch verschwindend gering: 0,0011 % (WSC 2017). Gleichzeitig wird auch immer wieder auf die Thematik Piraten hingewiesen, wobei 2017 von den 180 Vorfällen lediglich 23 auf Containerschiffe erfolgten. Hauptsächliches Ziel ist die konventionelle Schifffahrt, wobei die Region Südostasien als besonders gefährlich gilt (ICC 2018).

Für die Verbindung mit der Bahn ist die Darstellung der Gefährdungspotenziale schwierig. So bietet die Bahn zwar eine Echtzeit-Überwachung der Container an, von welchen möglichen Gefährdungen, abgesehen vom Klima, ausgegangen wird, ist jedoch nicht dargestellt (Transa 2016). Auch welche Auswirkungen die Schwankungen der politischen Beziehungen des Westens mit Russland auf die Bahnverbindung haben, ist aus keiner verlässlichen Quelle bekannt. Bisher gab es jedoch auch keine größere Meldung zu einem Vorfall auf der Route, weder zu größeren wetterbedingten Ausfällen, noch von Überfällen oder dergleichen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass aufgrund der höheren Frequenz der Linienverbindungen und der größeren Auswahl das Seeschiff eine höhere Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeiten realisieren kann als die Bahn. Nichtsdestotrotz gibt es auch für die Bahn nach China regelmäßige Fahrpläne, so dass grundsätzlich beide Transportmittel auf der Strecke Europa – Asien als zuverlässig eingestuft werden können. Die Transportkette ist nach derzeitigem Wissensstand voraussichtlich ähnlich anfällig für externe Störungen. Es wird darauf hingewiesen, dass politische Auseinandersetzungen mit Handelseinschränkungen aufgrund ihrer mangelnden Vorhersehbarkeit und Konstanz nicht berücksichtigt worden sind. Das Klima spielt hinsichtlich des hier betrachteten Materials eine untergeordnete Rolle.

Kriterium 2: Zeit – die entscheidende Größe im Wettbewerb?!

Der Produktionsprozess eines Coils ist (zeit-)aufwendig, Lieferzeiten von circa 8 Wochen sind keine Seltenheit – ein schneller Transport kann unter Umständen also entscheidend zu pünktlicher Belieferung des Kunden beitragen. Allerdings werden die langen Lieferzeiten bei Stahl als Vormaterial von den weiterverarbeitenden Unternehmen mit einkalkuliert. Aufgrund des hohen Wertes des Materials kann die Kapitalbindung während des Transports auch Einfluss auf die Wahl des Transportmittels haben.

Tabelle 4 zeigt die Transitzeiten Terminal – Terminal von Bahn und Schiff im Vergleich. Ein Vergleich identischer Terminal-Terminal-Verbindungen ist nicht möglich, da für den Schiffs- und Bahnverkehr unterschiedliche Terminals genutzt werden und demnach betrachtet werden müssen.

SEESCHIFF		BAHN	
Hamburg - Dalian	ca. 47 Tage	Hamburg - Zhengzhou (Südroute)	ca. 17 Tage
Hamburg - Tianjin	ca. 47 Tage	Duisburg - Changsha (Nordroute)	ca. 22 Tage

Tabelle 4: Transitzeiten Terminal – Terminal auf der Route Deutschland – China (vgl. Port of Hamburg 2018, Transa 2016)

Deutlich wird jedoch, dass die Transitzeiten der Bahn (circa 17–22 Tage) von Deutschland in die Ballungsgebiete des Stahls in China um fast 50 % von den Transitzeiten des Seeschiffes (circa 47 Tage) abweichen – eine erhebliche Differenz.

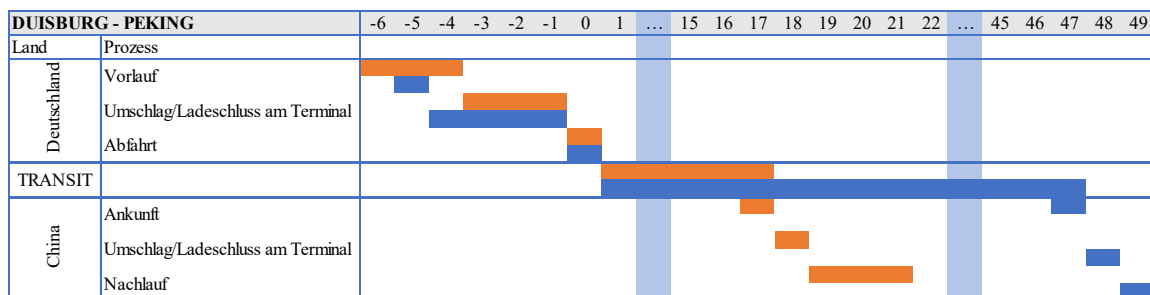


Abbildung 11: Transitzeit Duisburg – Peking: Bahn und Seeschiff im direkten Vergleich (in Anlehnung an Hellmann 2015a, Transa 2016, Searates 2018)

Die Betrachtung des Hauptlaufs allein ist jedoch nicht ausschlaggebend, da Vor- und Nachlauf entscheidend auf die Transitzeit einwirken können. Abbildung 11 zeigt beispielhaft die Transitzeiten zur Lieferung eines Containers von Duisburg nach Peking. Die Abbildung zeigt, dass in diesem Fall Vor- und Nachlauf bei einem Transport via Seeschiff weniger Zeit benötigen als bei einem Transport via Bahn. Dies liegt unter anderem an der Lage der Terminals, so ist der Seehafen Tianjin nur circa 180 km von Peking entfernt während sowohl das Bahnterminal Zhengzhou als auch das Bahnterminal Changsha rund 800 km von Peking entfernt sind. Bei der massiven Differenz der benötigten Zeit im Hauptlauf hat dies jedoch keinen Einfluss auf das Endergebnis – die Bahn bleibt in diesem Fall deutlich schneller als das Schiff. So benötigt die Bahn für die Route Duisburg – Peking inkl. Vor- und Nachlauf circa 27 Tage, das Seeschiff im Hauptlauf auf derselben Strecke circa 49 Tage – eine Differenz von 22 Tagen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass auf der analysierten Strecke die Bahn im Hauptlauf circa 50 % schneller ist als das Seeschiff, werden Vor- und Nachlauf inkludiert, ist die Bahn circa 45 % schneller. Real betrachtet kann das Material den Kunden 3 Wochen eher erreichen, ganz abgesehen von der geringeren Kapitalbindung.

Kriterium 3: Kapazität – Grundlage des Transportmittels

Die Kapazität ist Grundlage eines jeden Transportmittels und kann in der Tragfähigkeit in Tonnen als auch in TEU, der nominellen Anzahl an 20-Fuß-Containerstellplätzen, gemessen werden. Auf der vorliegenden im Fokus liegenden

Route können aufgrund der Passage durch den Suezkanal maximal Schiffe mit einer Kapazität von bis zu 13.000 TEU eingesetzt werden, Schiffe ab 10.000 TEU werden bis heute jedoch noch relativ selten eingesetzt. Das durchschnittliche Containerschiff hat bei einer Länge von circa 300–350 Metern ein Fassungsvermögen von circa 8.500 TEU und damit eine Tragfähigkeit von circa 101.500 t (Schönknecht 2009, Selzer 2014). Die Kapazitäten des Seeschiffes auf der Route Deutschland – China sind somit abhängig von der gewählten Schiffgröße. Im vorliegenden Fall wird ein durchschnittliches Containerschiff mit einer Kapazität von 8.100 TEU vorausgesetzt.

Die Kapazität der Bahn wird von den Anbietern Kühne + Nagel mit 41 bis 52 x 40-Fuß-Containern per Zug, das entspricht 82-104 TEU und von GVT Intermodal mit 84 TEU angegeben (vgl. GVT Intermodal 2018, Kühne + Nagel 2018). Im vorliegenden Fall wird, um einen Vergleich zu ermöglichen, eine Kapazität von 90 TEU pro Zug angenommen.

Für beide Transportmittel gilt, dass die Lastverteilung berücksichtigt werden muss. Diese ist für das Produkt Stahl aufgrund des hohen Gewichts von besonderer Relevanz. Das heißt, für das Containerschiff ist neben der TEU-Kapazität auch die Tragfähigkeit und die Stauung (sehr schwere Container können nur in begrenzter Anzahl transportiert werden) entscheidend. Für die Bahn ist das maximal zulässige Gesamtgewicht des Zuges die entscheidende Restriktion. So kann ein „Ganzzug Stahl“ durchaus weniger Wagons haben, als ein durchschnittlich beladener Zug.

Im vorliegende Fall gilt damit der Vergleich eines Containerschiffs von 8.100 TEU Kapazität gegenüber der Bahn mit einer Kapazität von 90 TEU pro Zug – es wären 90 Züge notwendig, um die gleiche Menge an Containern transportieren zu können wie mit einem einzigen Seeschiff. Abschließend lässt sich festhalten, dass das Seeschiff der Bahn mit 8.100 zu 90 TEU pro Weg kapazitiv weit überlegen ist.

Kriterium 4: Umwelt – ein Blick auf die CO₂-Bilanz

Die Transportmittelwahl kann entscheidend dazu beitragen, verkehrsbedingte Emissionen zu reduzieren, allerdings ist in der Praxis die Messung des ökologischen Fußabdrucks schwierig (Selzer 2014).

Das Umweltbundesamt hat 2018 einen Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr veröffentlicht (Bezugsjahr 2016), in dem LKW, Bahn und Binnenschiff einander gegenübergestellt werden.

Es lässt sich festhalten, dass die Betrachtung der Umwelt als Kriterium kein eindeutiges Ergebnis erzielt. In der Gesamtbetrachtung lässt sich die Bahn als Transportmittel mit insgesamt weniger negativem Umwelteinfluss als das Seeschiff bezeichnen.

Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr – Bezugsjahr 2016

		Lkw	Güterbahn	Binnenschiff
Treibhausgase	g/tkm	104	20	32
Kohlenmonoxid	g/tkm	0,091	0,014	0,075
Flüchtige Kohlenwasserstoffe	g/tkm	0,035	0,003	0,028
Stickoxide	g/tkm	0,256	0,040	0,430
Feinstaub	g/tkm	0,003	0,001	0,010

Tabelle 5: Durchschnittliche Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr (in Anlehnung an Umweltbundesamt 2018)

Kriterium 5: Kosten – Aspekte der Wirtschaftlichkeit

Ein möglicher Ansatz zur Wertsteigerung eines Unternehmens ist die Kostenminimierung. Hier kann die Logistik als Teil der Prozesskosten ein wesentlicher Hebel sein (Pfohl 2016). Das Kriterium (Transport-)Kosten muss differenziert werden, so treten neben Frachtkosten, Transportnebenkosten (z. B. Straßenbenutzungsgebühren, Hafengebühren, Standgelder, und Zölle) auch Handlingkosten und sonstige Logistikkosten in Erscheinung. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Frachtkosten.

Viele der Zug-Anbieter werben damit, circa 50 % günstiger als das Flugzeug zu sein (vgl. z. B. tbngroup 2018), Vergleiche mit dem Seeschiff hingegen sind selten. Abbildung 12 zeigt den Transportkostenvergleich dreier Anbieter.





Transportmittel	<u>Transportkosten</u>			
	 1 Pullover	15 Tonnen/60 Kubikmeter	 1.000 Fernseher	
See		0,20 €	1.500 € - 2.500 €	3,90 €
Schiene		0,50 €	7.000 – 7.500 €	8,50 €

Abbildung 12: Transportkostenvergleich Seeschiff vs. Bahn (Hellmann 2015a, JetRail 2018, Kühne+Nagel 2018)

Zwar gehen die drei Anbieter von unterschiedlichen Start- und Endpunkten aus, alle Preise beziehen sich jedoch auf eine sogenannte „End-2-End“- , also eine Haus-zu-Haus- Belieferung Deutschland/Schweiz – China. Bei dem Transport der Pullover wird eine Preisveränderung von circa 60 %, deutlich, bei dem Transport von 15 Tonnen – am ehesten vergleichbar mit einem Coil – eine Preisveränderung von 72 % (2.000 € zu 7.250 €) und bei den Fernsehern eine Preisveränderung von 54 %. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Bahn zwischen 50–75 % teurer als das Seeschiff ist. Für den weiteren Verlauf wird angenommen, dass für den Transport mit der Bahn auf den Seetransportpreis 62,5 % aufgeschlagen werden müssen.

Containerraten via Seeschiff lassen sich heute über diverse Onlineportale anfragen, so liegen die Angebote für einen regulären 20-Fuß-Container auf der Route Hamburg – Tianjin derzeit zwischen 500 € und 600 € (Icontainers 2018, Searates 2018). Für die Strecke Duisburg – Peking kommen noch die Kosten für Vor- und Nachlauf inkl. Umschlag hinzu, auch diese Raten können angefragt werden. Für den Vorlauf (inkl. Umschlag) in Deutschland ist mit Kosten zwischen 550 € und 800 €, für den Nachlauf in China mit Kosten zwischen 350 € und 550 € zu rechnen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass der Transportpreis via Seeschiff auf der Route Duisburg – Peking ungefähr zwischen 1.400 € und 1.950 € liegt. Abbildung 14 gibt einen Gesamtüberblick der Kosten. Bei der Betrachtung dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine grobe Orientierung handelt, unter anderem aufgrund der Besonderheiten des Produktes Stahl sind Preisveränderungen bei tatsächlichem Abschluss eines Transportvertrages nicht auszuschließen.

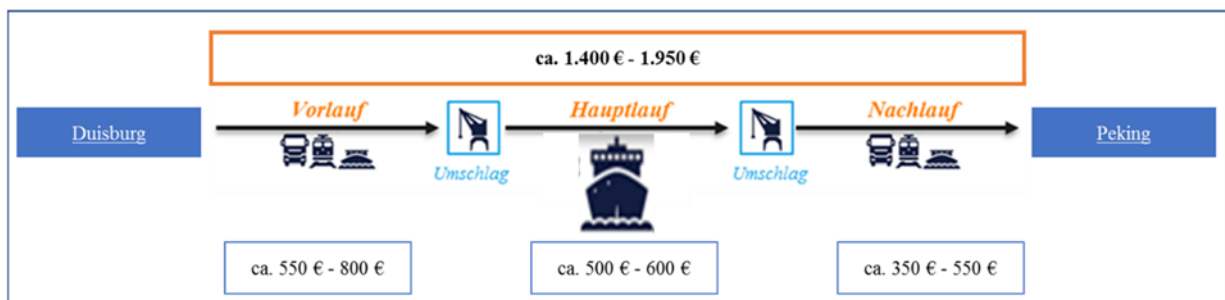


Abbildung 13: Transportkosten Seeschiff auf der Route Duisburg – Peking (Icontainers 2018, Searates 2018)

Wenn, wie oben dargestellt, angenommen werden kann, dass die Bahn ungefähr 62,5 % teurer ist als das Seeschiff, ergibt sich für die Route Duisburg – Peking für einen Standardcontainer mit Coil eine grobe Kostenübersicht wie in Abbildung 13 dargestellt: Kosten zwischen 1.400 € – 1.950 € für den Transport via Seeschiff, alternativ für den Transport mit der Bahn Kosten von ungefähr 2.275 € – 3.170 €.

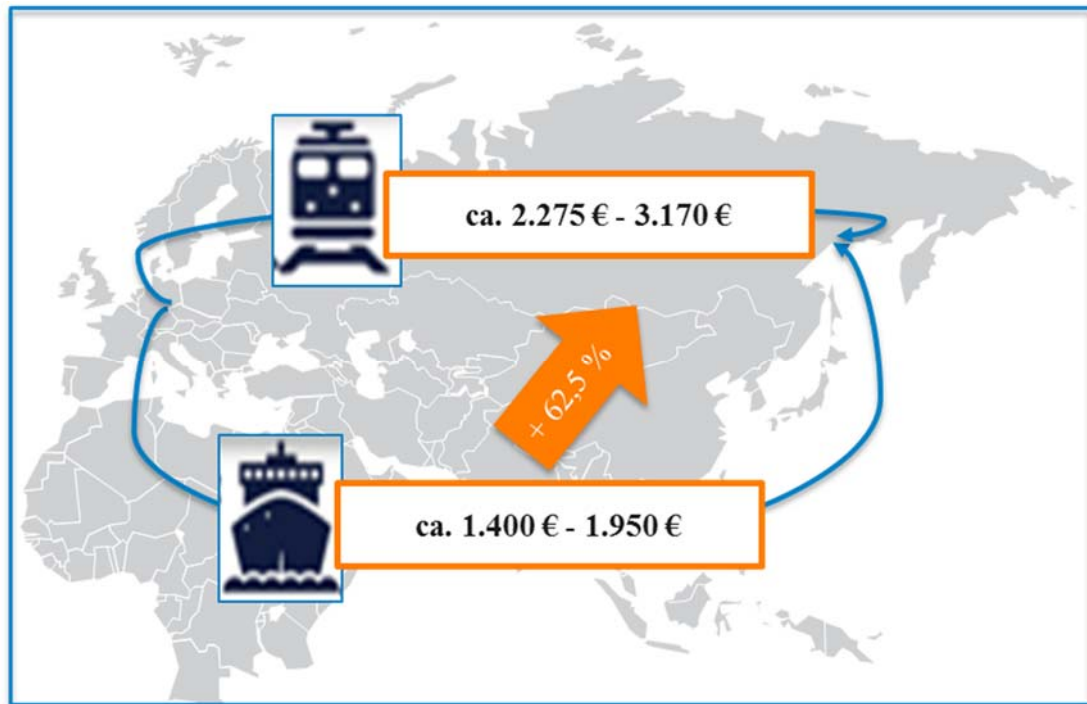


Abbildung 14: Transportkosten Bahn vs. Seeschiff auf der Route Duisburg – Peking

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Bahn als Transportmittel im Hauptlauf für einen Standardtransport zwischen 50 % und 75 % teurer ist als das Transportmittel Seeschiff im Hauptlauf, jedoch eine detaillierte Betrachtung notwendig ist, um die exakten Kosten zu kalkulieren. Überschlägig kann davon ausgegangen werden, dass der Transport via Seeschiff zurzeit unter 2.000 € liegt, der Transport via Bahn zurzeit bei ungefähr 3.000 €.

6 Die Handlungsalternativen

Im folgenden Kapitel werden die Beziehungen der im Vorfeld analysierten Handlungskriterien zueinander untersucht. Dabei gilt es sowohl komplementäre, konkurrierende als auch indifferente Beziehungen und Abhängigkeiten darzustellen. Komplementäre Ziele beeinflussen sich gegenseitig positiv, konkurrierende Ziele beeinflussen sich gegenseitig negativ und indifferente Ziele sind unabhängig voneinander. Im weiteren Verlauf wird mit Hilfe eines Spinnennetzes eine Gesamtübersicht der Erkenntnisse gegeben.

Prozessstabilität und Zeit

Die Prozessstabilität wurde hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit aufgrund der Fahrpläne im Bahnbereich und der Liniendienste im Schiffsbereich als ähnlich eingestuft, lediglich die nutzbaren Frequenzen des Schiffs als Transportmittel sind deutlich höher. Auf die tatsächliche Transportzeit hat dieser Aspekt der Prozessstabilität also keinen Einfluss. Jedoch kann angenommen werden, dass aufgrund der Häufigkeit der regelmäßigen Verbindungen, das Schiff als Transportmit-

tel hinsichtlich kurzfristig benötigter Verbindungen einen Vorteil bietet und damit auch einen positiven Einfluss auf die Zeit hat, zusammengefasst jedoch eine indifferente Beziehung besteht.

Bezüglich des Gefahrenpotenzials sind die beiden Transportmittel ähnlich, im Grunde genommen als sicher, einzustufen. Im Falle eines Ereignisses allerdings kann der zeitliche Einfluss enorm sein, bis hin zu Verlusten der Ware. Beispielhaft sind hier Piratenüberfälle auf See oder Instabilitäten an den Landübergängen zu nennen. Aber auch schon wetterbedingte Störungen können zu Verzögerungen führen. Eine Verbesserung der Prozessstabilität hat somit einen positiven Einfluss auf die Zeit.

Prozessstabilität und Kapazität

Die Betrachtung der Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit einer Verbindung sowie das Gefahrenpotenzial haben keinen Einfluss auf die Kapazität. Die Kapazität eines Transportmittels ist mit der Wahl nach Verkehrsträger und Größe zunächst fixiert. Mittel- bis langfristig ist die nutzbare Kapazität jedoch von der Prozessstabilität abhängig.

Prozessstabilität und Kapazität

Die CO₂-Effizienz eines Transportmittels, also das Kriterium Umwelt, hat auf den ersten Blick keinen Einfluss auf die Prozessstabilität. Zukunftsorientiert kann vermutet werden, dass die Betrachtung des Umweltaspekts in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnt und dann auch, im Rahmen neuer möglicher Regularien, Einfluss auf die Prozessstabilität hinsichtlich Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit nehmen könnte.

Prozessstabilität und Kosten

Die hochfrequentierte Seeschiffverbindung Europa – Asien hat sich aufgrund des hohen Angebots in den letzten Jahren preislich sehr gut entwickelt. Das heißt, je besser die Prozessstabilität in Bezug auf Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit, desto niedriger die Kosten. Diese komplementäre Beziehung ist auch bei der Bahn zu erkennen, die Verbindung ist mit der erhöhten Frequenz auch günstiger geworden.

Zeit und Kapazität

Die direkte Transportzeit ist unabhängig von der Kapazität des gewählten Transportmittels. Jedoch könnte ein Transportmittel mit mehr Kapazität im Zweifel zu einer Zeitersparnis führen, wenn alternativ aufgrund mangelnder Kapazität ein zweiter Transport arrangiert werden müsste. Kann jedoch die Zeit verkürzt werden, z. B. aufgrund verbesserter Abläufe im Umschlag, können in gleicher Zeit mehr Transporte stattfinden, wodurch sich die Kapazität insgesamt erhöht.

Zeit und Umwelt

Die Beziehung des Handlungskriteriums Zeit zum Handlungskriterium Umwelt ist nach Wahl des Transportmittels differenziert zu betrachten. So kann mit Hilfe des sogenannten „Slow Steaming“, einer generell gedrosselten Dienstgeschwindigkeit, bis zu 50 % des Brennstoffs von Seeschiffen eingespart werden, mit der Konsequenz der zeitlichen Verzögerung (Selzer 2014). Ob es ähnliche Möglichkeiten im Bereich des Bahntransports gibt ist nicht bekannt. Auch wenn der Fokus des vorliegenden Papiers auf dem Hauptlauf liegt, gibt es auch im Bereich Vor- und Nachlauf im Bereich Seeverkehr noch Umweltschutzpotenzial, beispielsweise durch die Nutzung der Binnenschifffahrt im Zulauf als Ersatz für den LKW.

Zeit und Kosten

Das Handlungskriterium Zeit steht in direkter Konkurrenz zu dem Handlungskriterium Kosten. So sind die Transitzeiten der Bahn auf der Route Duisburg – Peking fast 50 % geringer als die des Seeschiffs. Im Gegenzug ist jedoch das Seeschiff 50 %–75 % günstiger – eine erhebliche sowohl zeitliche als auch monetäre Differenz. Hier kann nur in Abhängigkeit von der Priorität entschieden werden.

Kapazität und Umwelt

Es können Rückschlüsse gezogen werden, dass eine höhere Kapazität dem Handlungskriterium Umwelt zugutekommt, weil damit weitere Transporte nicht mehr notwendig sind. Allerdings muss detailliert betrachtet werden, wann eine negative Beziehung entsteht; wenn beispielsweise Kanäle in stark in die Umwelt eingreifender Form erweitert werden, um Schiffe mit erhöhter Kapazität passieren lassen zu können. In Bezug auf die Bahn gilt dies bezüglich neuer Strecken.

Kapazität und Kosten

Die allgemeinen Kosten des Transports (z. B. Hafengebühren, Personal, etc.) werden, neben Berücksichtigung vieler weiterer Faktoren, auf die transportierten TEU umgeschlagen, damit handelt es sich bei der Beziehung des Handlungskriterium Kapazität um eine komplementäre Verbindung zum Handlungskriterium Kosten. Das heißt: je mehr Kapazität das Transportmittel, desto geringer die Kosten für den einzelnen Container (Stückkostendegression).

Umwelt und Kosten

Oft ist es so, dass das Handlungskriterium Umwelt konkurrierend zum Handlungskriterium Kosten betrachtet wird. Häufig sind Investitionen notwendig, um beispielsweise den Ausstoß von CO₂ zu verringern oder auch die Energierückgewinnung durch Bremskoppelung zu realisieren. Im weiteren Sinne kann auch eine ergänzende Beziehung entstehen. Wenn zum Beispiel im Vorlauf zum Seehafen von

LKW auf Binnenschiff umgestellt wird, ergibt sich eine Kostenersparnis und Verminderung des CO₂-Ausstoßes.

Gesamtübersicht

Um eine Gesamtübersicht möglich zu machen und auch eine Entscheidungsgrundlage zu bieten, wird auf Basis der Analyse und der dargestellten Zielbeziehungen eine Bewertung entwickelt. Tabelle 6 zeigt diese Bewertung der einzelnen Handlungskriterien auf Basis der Analyseergebnisse.

	Prozessstabilität	Zeit	Kapazität	Umwelt	Kosten
BAHN	3	4	2	3	2
SCHIFF	4	2	5	3	4
	<i>1 = instabil</i> <i>5 = stabil</i>	<i>1 = langsam</i> <i>5 = schnell</i>	<i>1 = niedrige Kapazität</i> <i>5 = hohe Kapazität</i>	<i>1 = hohe Belastung</i> <i>5 = niedrige Belastung</i>	<i>1 = hohe Kosten</i> <i>5 = niedrige Kosten</i>

Tabelle 6: Bewertungsmatrix

So können beide Alternativen als stabile Prozesse bezeichnet werden, jedoch erhält das Seeschiff einen Punkt mehr, da eine höhere Frequenz des Linienverkehrs vorliegt. Fünf Punkte können nicht erreicht werden, da das Gefahrenpotenzial für beide Transportmittel bezüglich externer Störungen bestehen bleibt. Zeitlich betrachtet ist die Bahn ca. 50 % schneller, wobei durch den Einsatz moderner Technik sowohl bei der Bahn als auch beim Schiff Optimierungspotenzial zu erwarten ist. Kapazitätiv kann ein durchschnittliches Containerschiff 90 x mehr TEU laden als ein Zug – eine eindeutige Bewertung. Beide Verkehrsträger sind im Vergleich zu Flugzeug und LKW ökologischere Möglichkeiten des Gütertransports. Allerdings lassen die Ungenauigkeiten in der Bestimmung von ökologischen und nicht-ökologischen Transportmitteln keine eindeutige Zuordnung zu. Um die Frage zu klären, ob die Bahn oder das Schiff ökologischer ist, würde eine Detailanalyse notwendig werden. Eindeutig bewertet ist auch das konkurrierende Handlungskriterium der Zeit im Vergleich zu den Kosten: die Bahn ist heute noch 50 %–75 % teurer als das Schiff. Aus dieser Bewertungsmatrix ergibt sich folgendes Spinnennetz Schaubild (Abbildung 15). Da die das Spinnennetz ausfüllende Fläche der Bewertungsmatrix des Schiffes größer ist als die der Bahn, müsste aus neutraler Sicht gesagt werden, dass das Schiff der Bahn vorzuziehen ist.

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Seeschiff den Transportweg von Europa nach Asien dominiert. Die Analyse lässt aber erkennen, dass die Bahn je nach Priorisierung eines bestimmten Ziels durchaus eine mögliche Alternative sein kann.

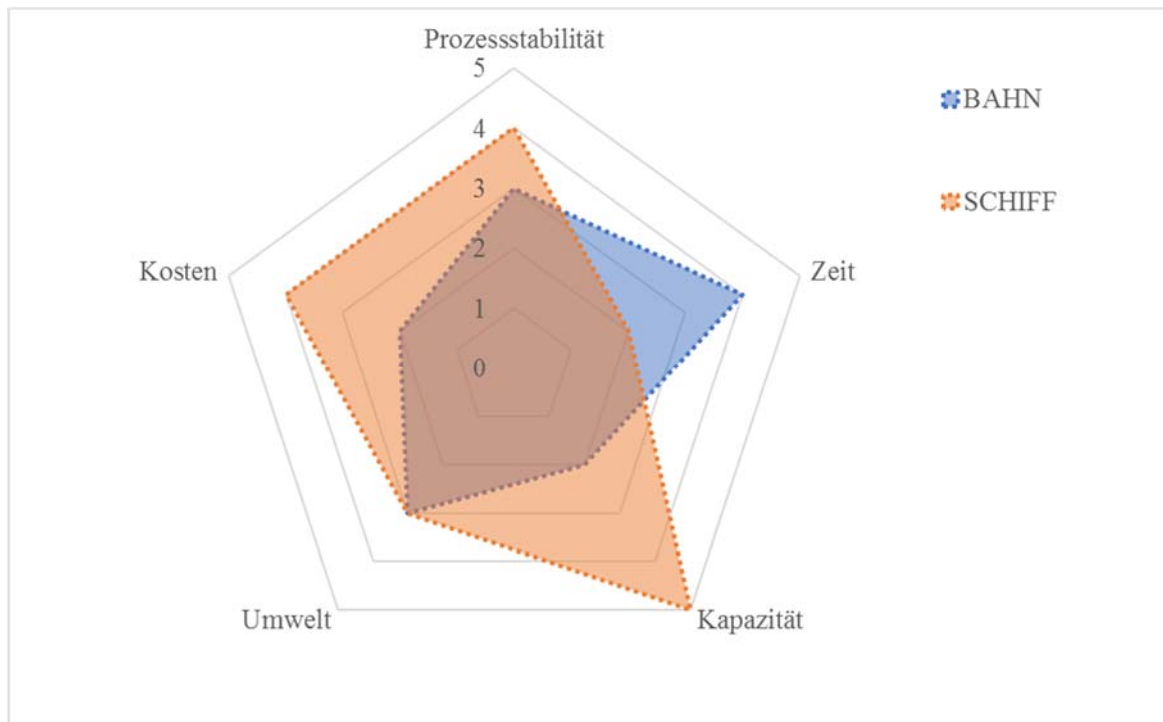


Abbildung 15: Spinnennetz – Bahn vs. Schiff

7 Bahn oder Schiff – ein Fazit

Bahn oder Schiff – mit beiden Verkehrsträgern kann inzwischen Stahl auf der Route Europa – Asien, hier im speziellen auf der Route Duisburg – Peking transportiert werden.

Die Analyse hat gezeigt, dass bezüglich der Handlungskriterien Prozessstabilität und Umwelt das Resultat von Bahn und Schiff ähnlich ist. Bei der tatsächlichen Beantwortung der Frage, ob die Bahn eine Alternative zum Schiff ist, spielen diese also erst einmal eine untergeordnete Rolle. So kann angenommen werden, dass beide Transportmittel einen stabilen Prozess etabliert haben. Bezüglich des Einflusses auf die Umwelt konnte nicht abschließend geklärt werden, ob eines der betrachteten Verkehrsmittel ökologischer transportiert. Sowohl Bahn als auch Schiff haben in dieser Hinsicht Stärken und Schwächen, gelten aber beide als die ökologischen Möglichkeiten, Güter von A nach B zu befördern. Kern der Betrachtung sind also die Handlungskriterien Zeit, Kapazität und Kosten und damit verbunden eine Frage der individuellen Priorisierung, da Zeit und Kosten in direktem Interessenkonflikt zueinanderstehen. Monetär betrachtet ist die Bahn ungefähr 50 %–75 % teurer als die Beförderung via Seeschiff, gleichzeitig ist sie annähernd 50 % schneller. Der Sender muss also definieren, ob eine schnelle Lieferung zu höheren Kosten oder niedrige Kosten bei zeitlicher Verzögerung im Fokus der Betrachtung stehen. In dieser Hinsicht lässt sich also die Ausgangsfrage nicht allgemein gültig beantworten. Als Alternative zum Flugzeug gilt die Bahn in der Stahlindustrie auf jeden Fall.

Abhängig von der zu transportierenden Menge ist die Kapazität ein entscheidendes Merkmal. Geht es um einzelne Containertransporte, ist dieses analysierte Handlungskriterium zu vernachlässigen, sobald jedoch die Menge die Transportmöglichkeiten eines Ganzzuges von 80–100 TEU überschreitet, kann die Kapazität des Transportmittels Bahn restriktiv wirken.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bahn bei kleinen Mengen und bei untergeordneter Rolle der Kosten definitiv eine Alternative zum Schiff ist. Für den kosteneffizienten Transport ist sie hingegen nicht geeignet. Beobachtet man die Entstehung der „Neuen Seidenstraße“ und die Entwicklung der vergangenen Jahre, kann vermutet werden, dass der Bahnverkehr zukünftig weiter ausgebaut wird und gegebenenfalls dadurch auch die Kosten gesenkt werden könnten. Sollten sich die Preise der Bahn den Preisen im Schiffsverkehr annähern, würde die Bahn für Kleinmengen wohl an Attraktivität gewinnen. Große Mengen werden wohl auch zukünftig via Schiff transportiert werden.

8 Literatur

- ACI (2018): Cargo Traffic 2016 FINAL (Annual). Abgerufen unter: <http://www.aci.aero/Data-Centre/Annual-Traffic-Data/Cargo/2016-final-summary>.
- Ameling, D. (2006): Globalisierung als Motor für die internationale Logistik – Das Beispiel der Stahlindustrie, in: Europäischer Schienengüterverkehr – Ein Markt der Zukunft, Köln, S. 17–31.
- Arndt, H. (2015): Logistikmanagement, Wiesbaden.
- BIP – Best in Procurement (2018): Staatsprojekt Neue Seidenstraße, abgerufen unter: <https://www.bme.de/infocenter/publikationen/bip-best-in-procurement/>.
- Clausen, U./Geiger, C. (2013): Verkehrs- und Transportlogistik, Berlin.
- Coil-Tainer (2018): Traditional Way vs. Coil-Tainer Way. Abgerufen unter: <http://www.coil-tainer.com/traditional-way-coil-tainer-way.php>.
- Containerhandbuch online (2018): Containerhandbuch – Fachinformationen der deutschen Transportversichere. Abgerufen unter: <https://www.containerhandbuch.de/chb/kaps/index.html>.
- Deutsch, A. (2013): Verlagerungseffekte im containerbasierten Hinterlandverkehr – Analyse, Bewertung, Strategieentwicklung, Bamberg.
- DB Schenker (2016): DB Schenker entwickelt transeurasische Landbrücke als alternative Transportroute zwischen China und Europa, abgerufen unter https://www.deutschebahn.com/resource/blob/1172548/83116fc3ec42c804f082296b34cfc9df/TD-MoU_CR_dt-data.pdf.

- DB (2018): Güterwagenkatalog – Gattung S: Drehgestellflachwagen für Coiltransporte, abgerufen unter:
<https://gueterwagenkatalog.dbcargo.com/en/gueterwagenkatalog/wagengattungen/gattung-s-drehgestellflachwagen-fuer-coiltransporte/>.
- Ehrmann, H. (2014): Logistik. 8. Aufl., Herne.
- FAZ (2017): Chinas Stahl-Überkapazitäten sind sogar noch gestiegen, abgerufen unter: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/agenda/chinas-stahl-ueberkapazitaeten-sind-sogar-noch-gestiegen-14875237.html>.
- Göpfert, I./Braun, D. (2013): Internationale Logistik in und zwischen den Weltregionen. 2. Aufl., Wiesbaden.
- Grieger, G. (2016): One Belt, One Road (OBOR): China's regional integration initiative, abgerufen unter: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/586608/EPRS_BRI\(2016\)586608_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/586608/EPRS_BRI(2016)586608_EN.pdf).
- GVT Intermodal (2018): Within 15 days from Chengdu to Tilburg by rail, abgerufen unter: <http://www.gvtintermodal.com/en/connection/chengdu-tilburg-rotterdam>.
- Hellmann (2015a): Hellmann Rail Eurasia, abgerufen unter:
<http://www.hellmann.net/mitarbeiter/raileurasia/assets/hellmannraileurasia.pdf>
- Hellmann (2015b): Info-Veranstaltung Rail Eurasia Zugservice Entwicklung China / Russland, abgerufen unter:
<http://www.hellmann.net/mitarbeiter/raileurasia/assets/eroeffnung.pdf>.
- Holloway, J./Roberts, I./Rush, A. (2010): China's Steel Industry, abgerufen unter:
<https://www.rba.gov.au/publications/bulletin/2010/dec/pdf/bu-1210-3.pdf>.
- ICC (2018): IMB Piracy Reporting Centre, abgerufen unter: <https://www.icc-ccs.org/index.php/piracy-reporting-centre>.
- Iconainers (2018):
<https://www.iconainers.com/de/angebote/FCL/DEBRE/PORT/DE/CNTSN/PORT/CN/?dv20=1&dv40=0&hc40=0>.
- IIISI (1978): A Handbook of World Steel Statistics, Brüssel.
- Jetrail (2018): <http://www.jet-rail.ch/de/StueckgutContainer-per-Bahn-von-und-nach-China.1.html>.
- Kranz, B./Zamponi, R. (2008): In 15 Tagen von China nach Europa, in: Hamburger Abendblatt, abgerufen unter:
<https://www.abendblatt.de/wirtschaft/article107367587/In-15-Tagen-von-China-nach-Europa.html>.

- Kühne+Nagel (2018): Schneller als über den Seeweg, günstiger als mit dem Flugzeug, abgerufen unter: https://de.kuehne-nagel.com/fileadmin/country_page_structure/WE/Germany/03_Seefracht/02_Dokumente/2015_Flyer_Bahnverkehre_Europa_Asien.pdf.
- NBSC (2016): China Statistical Yearbook 2016, abgerufen unter: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2016/indexeh.htm>.
- Pfohl, H.-C. (2010): Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 8. Aufl., Berlin.
- Port of Hamburg (2018): abgerufen unter <https://www.hafen-hamburg.de/de/linerservices>.
- Schieck, A. (2008): Internationale Logistik – Objekte, Prozesse und Infrastrukturen grenzüberschreitender Güterströme, München.
- Schönknecht, A. (2009): Maritime Containerlogistik – Leistungsvergleich von Containerschiffen in intermodalen Transportketten, Berlin.
- Schulte, Christof (2013): Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain. 6., überarbeitete und erweiterte Aufl., München.
- Searates (2018): abgerufen unter <https://www.searates.com/de/reference/portdistance/>.
- Selzer, Günter (2014): Globale Seeschifffahrt – Waren- und Dienstleistungslogistik im weltweiten Seeverkehr, Aachen.
- Stahl-Online (2010): Merkblatt 114 – Verpackung, Lagerung und Transport von unbeschichtetem und beschichtetem Band und Blech. Stahl-Informations-Zentrum im Stahl-Zentrum, Düsseldorf.
- Tata SteelTA STEEL (2016): Stowage and securing on seagoing vessels, abgerufen unter: https://www.tatasteeleurope.com/static_files/Downloads/Corporate/Products%20and%20services/Shipping/Stowing%20and%20securing%20on%20seagoing%20vessels.pdf.
- tbngroup (2018): Ihre Containerzug-Fracht von China nach Europa in ≈ 13 Tagen!, abgerufen unter: <http://tbngroup.de/internationale-spedition/containerzug/>.
- Transa (2016): Bringen Sie Ihr Geschäft ins Rollen mit innovativen schienenbasierten Logistiklösungen zwischen China und Europa, abgerufen unter: <https://www.transa.dbschenker.de/resource/blob/360568/adb04f14bcdd562ddff2044c4e34daac/chinazug-data.pdf>.

- Umweltbundesamt (2018): Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr – Bezugsjahr 2016, abgerufen unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-4>.
- UNCTAD (2017): Review of Maritime Transport 2017, abgerufen unter: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf.
- WSC (2017): Containers Lost At Sea – 2017 Update, abgerufen unter: http://www.worldshipping.org/industry-issues/safety/Containers_Lost_at_Sea_-_2017_Update_FINAL_July_10.pdf.
- WV Stahl (2016a): Stahlprognose 2017. Hohe Unsicherheit in der Weltwirtschaft und im Stahlaußenhandel – Informationen für Mitgliedsunternehmen 19. Dezember 2016. Im Stahl-Zentrum, Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf.
- WV Stahl (2016b): Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2016. Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf, abgerufen unter: http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/12/Fakten_Stahlindustrie_2016_V2.pdf.
- WV Stahl (2017): Die bedeutendsten Standorte der Stahlerzeugung in Deutschland, abgerufen unter <http://www.stahl-online.de/index.php/statistiken/2/>.
- Woitschützke, C. (2013): Verkehrsgeographie, Köln.
- Worldsteel (2017a): World Steel in Figures 2017, abgerufen unter: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:0474d208-9108-4927-ace8-4ac5445c5df8/World+Steel+in+Figures+2017.pdf>.
- Worldsteel (2017b): Chinese Mainland Steel Plants 2017, abgerufen unter: <https://www.worldsteel.org/publications/bookshop/product-details.~Map-of-China-steel-mills-2017--PDF-format~PRODUCT~Map~.html>

Positionierung von Flexibilität in der Supply Chain

Dr. Immanuel Zitzmann

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg,
immanuel.zitzmann@uni-bamberg.de

1	Einführung	39
2	Unsicherheiten und Flexibilität in Supply Chains	40
3	Simulationsstudien zur Positionierung von Flexibilität in Supply Chains	44
4	Flexibilitätsnutzen aus unterschiedlichen Positionierungen	48
5	Schlussbetrachtung	53
6	Literaturverzeichnis	54

Abstract:

Reale Prozesse sind immer von Unsicherheit geprägt. Dies gilt auch für Prozesse in einer Supply Chain. Um diese robust, resilient und agil zu gestalten, bedarf es Flexibilitätspotenziale. Da deren Aufbau mit Kosten verbunden ist, ist Flexibilität an der Stelle im Güterfluss einer Supply Chain zu positionieren, an dem sie einen hohen Nutzen erzeugt. Der vorliegende Beitrag untersucht, wo Flexibilitätspotenziale in einer Supply Chain den höchsten Beitrag zur Bewältigung von Unsicherheiten leisten können. Dies geschieht anhand der Ergebnisse aus zwei Simulationsstudien.

JEL Classification: M29

Keywords: Unsicherheit, Flexibilität, Supply Chain

1 Einführung

Die Erstellung von Gütern, ob Produkten oder Dienstleistungen, findet in Supply Chains statt.¹ Unter einer Supply Chain kann dabei ein „[...] produkt- und/oder dienstleistungsbezogenes, institutionsübergreifendes Netzwerk zur Leistungserstellung, bestehend aus Ressourcen, welche durch wechselseitige Prozesse in Verbindung miteinander stehen [...]“² verstanden werden. Diese, im Unternehmenskontext als Wertschöpfungsnetzwerke bezeichneten Systeme, sind durch globale und komplexe Strukturen gekennzeichnet.³ Das Ausmaß weltweiter Supply Chains macht diese verletzlich gegenüber Unsicherheiten.⁴ Dabei sind sie nicht nur von Ereignissen in der unmittelbaren Nähe der eigenen Produktionsstätten oder der Kunden betroffen, sondern auch von geographisch weit entfernten Entwicklungen.⁵ Beispiele für regionale Ereignisse, die Auswirkungen auf globale Supply Chains haben, sind etwa ein Erdbeben in Japan oder ein Unwetter in Neckarsulm.⁶ Neben lokalen Schäden wurden durch diese Ereignisse die Lieferketten ganzer Industrien unterbrochen. Ein prominentes Beispiel für diese Zusammenhänge ist der Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull im Jahr 2010 und die daraus folgenden Auswirkungen.⁷ Neben diesen Ereignissen mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, aber großer Auswirkung bedrohen auch operative Unsicherheiten Supply Chains.⁸ Dies liegt u. a. an dem Fokus auf effizienten Prozessen, welche die Effektivität der Systeme vernachlässigt.⁹

In der Literatur zum Supply Chain Management (SCM) lassen sich verschiedene Ansätze identifizieren, die alle das Ziel verfolgen, Risiken und Unsicherheiten in Leistungsnetzwerken zu begegnen. Demnach soll eine Supply Chain robust, resilient und agil sein.¹⁰ Die Ausprägung der einzelnen Eigenschaft ist dabei von den angestrebten Zielen abhängig.¹¹ Allen Ansätzen gemeinsam ist jedoch die Notwen-

¹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010), S. 13–14.

² Vgl. Zitzmann (2018), S. 16.

³ Vgl. Meixell/Gargeya (2005).

⁴ Vgl. Peck (2006); Peck (2005).

⁵ Vgl. Simangunsong et al. (2012).

⁶ Vgl. Frankfurter Allgemeine (2016); Neidhart (2016).

⁷ Vgl. Spiegel Online (2010); Süddeutsche Zeitung (2010); Welt (2010).

⁸ Vgl. Sodhi/Tang (2012); Tang/Tomlin (2008).

⁹ Vgl. Craighead et al. (2007), S. 150–151; Svensson (2000), S. 731.

¹⁰ Vgl. Klibi et al. (2010); Christopher/Peck (2004); Naylor et al. (1999).

¹¹ Vgl. Zitzmann (2018), S. 63–64; Cabral et al. (2012).

digkeit von Flexibilität in der Supply Chain.¹² Ohne diese ist es nicht möglich, auf unerwartete Ereignisse zu reagieren und sich daraus ergebende Risiken zu bewältigen bzw. Chancen zu realisieren.

Im Bereich des Flexibilitätsmanagements sowie der Flexibilität in Supply Chains lassen sich eine Vielzahl an Forschungsfragen stellen.¹³ Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der Positionierung von Flexibilitätspotenzialen innerhalb des Güterflusses einer Supply Chain. Im Speziellen wird der folgenden Forschungsfrage nachgegangen: *An welcher Stelle in der Supply Chain lässt sich durch den Aufbau von Flexibilitätspotenzial der größte Nutzen erzielen?*

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, werden die Ergebnisse zweier Simulationsstudien betrachtet. Zunächst erfolgt in Abschnitt 2 eine Erläuterung zu Unsicherheiten und zur Flexibilität in Supply Chains. Abschnitt 3 stellt die in den Simulationsstudien betrachtete Supply Chain sowie die durchgeführten Studien vor. Im darauf folgenden Abschnitt 4 werden die Ergebnisse bezogen auf die gestellte Forschungsfrage analysiert, bevor Abschnitt 5 eine abschließende Zusammenfassung vornimmt.

2 Unsicherheiten und Flexibilität in Supply Chains

Der vorliegende Beitrag baut auf der bestehenden Literatur zu Risiken, Unsicherheiten und Flexibilität in Supply Chains auf. Daher erfolgt in Abschnitt 2.1 zunächst eine Differenzierung in operative und disruptive Unsicherheiten, welche in einer Supply Chains auftreten. Anschließend betrachtet Abschnitt 2.2 den komplexen Begriff „Flexibilität“ mit dem Fokus auf der Flexibilität in Supply Chains. Dabei wird auch auf die Möglichkeiten, Flexibilitätspotenzial aufzubauen, eingegangen.

Unsicherheiten in Supply Chains

Der vorliegende Beitrag versteht unter Unsicherheiten Ereignisse, die sowohl positive wie auch negative Auswirkungen haben können. Bestehen negative Effekte bezogen auf die Zielerreichung des betrachteten Systems, im vorliegenden Kontext der Supply Chain, so werden diese als Risiko bezeichnet.¹⁴ Handelt es sich jedoch um mögliche, positive Abweichungen, so werden diese als Chancen bezeichnet.¹⁵

¹² Vgl. Zitzmann (2018), S. 89–92; Zitzmann (2014), S. 372–373.

¹³ Vgl. Stevenson/Spring (2007).

¹⁴ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4493.

¹⁵ Vgl. Thiemt (2003), S. 14.

In ihrem Literaturüberblick identifizieren Simangunsong et al. (2012) 14 Quellen für Unsicherheiten in Supply Chains, welche sie drei Gruppen zuordnen:¹⁶ Unsicherheiten innerhalb einer Supply Chain-Institution, Unsicherheiten innerhalb der Supply Chain, Unsicherheiten außerhalb der Supply Chain. Chopra/Sodhi (2004), Jüttner (2005), Tang/Tomlin (2008), Sodhi/Tang (2012) sowie Tiwari et al. (2015) gliedern die Ursachen von Supply Chain-Unsicherheiten ebenfalls in diese drei Bereiche.¹⁷

Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt auf der Gestaltung von Supply Chain-Flexibilität und nicht auf der Reduktion von Unsicherheiten, wie es etwa das (Supply Chain-)Risikomanagement tut. Daher stehen im Vordergrund nicht die Quellen, sondern die Auswirkungen von Unsicherheiten in Leistungsnetzwerken. Hier lässt sich eine Unterscheidung gemäß der Stärke der Auswirkungen von Unsicherheiten in operative und disruptive Unsicherheiten vornehmen:

- **Operative Unsicherheiten** bezeichnen inhärente Schwankungen, die Teil einer Supply Chain sind. Dies sind beispielsweise Nachfrageschwankungen, Abweichungen in Produktionszeiten oder von der Planung abweichende Transportzeiten.¹⁸
- **Disruptive Unsicherheiten** beschreiben Ereignisse, die massiven Einfluss auf das Leistungssystem haben. Hier lassen sich sowohl Maschinenausfälle und Unfälle, aber auch Naturkatastrophen und Streiks einordnen.¹⁹

Sowohl operative wie auch disruptive Unsicherheiten können aus den zuvor aufgeführten Quellen resultieren und den Güter-, Informations- oder Finanzfluss innerhalb einer Supply Chain stören oder unterbrechen. In diesem Beitrag werden Auswirkungen von Unsicherheiten auf Güterflüsse betrachtet bzw. wie sich diese mithilfe von Flexibilität bewältigen lassen. Da es i. d. R. keine Institution gibt, die eine Supply Chain ganzheitlich managt, lassen sich aus Institutionsperspektive die Auswirkungen von Unsicherheit auf den Güterfluss in drei Bereiche einteilen:²⁰ dies sind die Güterversorgung, der Prozess der Leistungserstellung und die Nachfra-

¹⁶ Vgl. Simangunsong et al. (2012), S. 4498–4499. Diese Gliederung findet sich auch bei Jüttner et al. (2003), S. 201–202.

¹⁷ Vgl. Tiwari et al. (2015); Sodhi/Tang (2012); Tang/Tomlin (2008); Jüttner (2005); Chopra/Sodhi (2004).

¹⁸ Vgl. Tang/Tomlin (2008), S. 13–14.

¹⁹ Vgl. Svensson (2000), S. 739. Taleb bezeichnet solche Ereignisse als „Black Swan“. Vgl. Taleb (2012), S. 6.

²⁰ Vgl. Lummus et al. (2003).

geseite.²¹ Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Auftreten von Unsicherheiten in einem dieser drei Bereiche, unabhängig davon, ob es sich um operative oder disruptive Unsicherheiten handelt, zu Auswirkungen in einem oder mehreren der anderen Bereiche führen kann.

Flexibilität in Supply Chains

Flexibilität stellt eine geeignete Eigenschaft einer Supply Chain dar, um auf Unsicherheiten zu reagieren.²² Sie lässt sich definieren als „[...] *Fähigkeit eines offenen, dynamischen, sozio-technischen Systems, [sich] mittels eines vorhandenen (Flexibilitäts-) Potentials [an] relevante system- oder umweltinduzierte Veränderungen [anzupassen]*.“²³ Die wesentlichen Merkmale der Flexibilität, welche sich auch in weiteren Definitionen finden, lauten:²⁴

- Flexibilität ist eine Fähigkeit.
- Flexibilität dient zum Umgang mit Veränderungen.
- Flexibilität bedeutet die Existenz von Handlungsspielräumen.
- Flexibilität bedeutet Zielgerichtetheit.

Über diese Fähigkeiten verfügt ein System jedoch nicht automatisch. Wie die aufgeführte Definition zeigt, muss sie mithilfe von Flexibilitätspotenzial proaktiv geschaffen werden. Dies kann auf zwei Ebenen geschehen.²⁵ Flexibilitätspotenzial entsteht auf einer strategischen Ebene durch die Verfügbarkeit zusätzlicher Kapazitäten. Dieses Potenzial kann daher als Kapazitätsflexibilität bezeichnet werden. Es lässt sich beispielsweise durch Reservemaschinen, zusätzlich verfügbare Transportfahrzeuge oder eine Multiple Sourcing-Strategie an Stelle eines Single Sourcing aufbauen. Kommen diese Potenziale zum Einsatz, so bedarf es meist einer Vorlaufzeit zu deren Aktivierung. Zudem ist zu beachten, dass bis zur Verfügbarkeit des benötigten Gutes weiterhin die entsprechende Prozesszeit vergeht. Um eine unmittelbare Verfügbarkeit zu ermöglichen, bedarf es der zweiten Art von Flexibilitätspotenzialen. Dabei handelt es sich um Bestandsflexibilität.²⁶ Redundante Güter in Form von Lagerbeständen können unmittelbar zur Befriedigung von Nachfrage-

²¹ Vgl. Tang/Tomlin (2009); Chopra/Sodhi (2004).

²² Vgl. Singer (2012), S. 70; Merschmann/Thonemann (2011), S. 50–51; Tang/Tomlin (2008), S. 15–17.

²³ Pibernik (2001), S. 45.

²⁴ Vgl. Singer (2012), S. 30–31.

²⁵ Auch hier existieren verschiedenen Kategorien und Gliederungen, vgl. z. B. Sánchez/Pérez (2005), S. 685; Vokurka/O’Leary-Kelly (2000); S. 786; Upton (1994), S. 77.

²⁶ Vgl. Wang (2008); Vickery et al. (1999).

schwankungen oder auf vorgelagerten Supply Chain-Stufen zur Bewältigung von Maschinenausfällen und Lieferengpässen genutzt werden. Die proaktive Planung von Bestandspotenzial findet i. d. R. auf der taktisch-operativen Planungsebene statt.²⁷ Abbildung 1 fasst die Möglichkeiten zum Aufbau von Flexibilitätspotenzial zusammen.

Flexibilitätspotenzial	
Redundante Kapazitäten	Redundante Bestände

Abbildung 1: Zusammensetzung des Flexibilitätspotenzials²⁸

Redundante Kapazitäten und Bestände verursachen Kosten. Daher ist der Aufbau von Flexibilitätspotenzial kein Selbstzweck, sondern muss sich an den Zielen der Supply Chain ausrichten und den Nutzen, der aus den Potenzialen hervorgeht, beachten.²⁹ Da die Operationalisierung von Flexibilität jedoch eine große Herausforderung ist, gelingt es nicht, ein allgemeines Vorgehen zur Dimensionierung des optimalen Flexibilitätsniveaus abzuleiten.³⁰ Möglichkeiten, wie sich Flexibilitätspotenziale dennoch systematisch planen lassen, finden sich beispielsweise bei Zitzmann (2018) oder Pibernik (2001).³¹ Bei diesen Betrachtungen stehen jedoch das Planungsvorgehen bzw. die Art und der Umfang des aufzubauenden Flexibilitätspotenzials im Vordergrund. Der folgende Abschnitt dieses Beitrags betrachtet hingegen die Positionierung des Potenzials innerhalb einer Supply Chain.

²⁷ Vgl. Zitzmann (2018), S. 166–171.

²⁸ Quelle: Zitzmann (2018), S. 105.

²⁹ Vgl. Kaluza/Blecker (2005), S. 9; Hocke (2004), S. 17–18; Pibernik (2001), S. 43.

³⁰ Vgl. Kaluza/Blecker (2005), S. 10. Vgl. auch Singer (2012), S. 93; Möslein-Tröppner (2010) S. 47; Upton (1994), S. 76. Grundsätzliche Herausforderungen bei der Erfassung von Flexibilität entstehen auch aus der Uneinigkeit über das Konzept der Flexibilität. Vgl. hierzu Sethi/Sethi (1990), S. 289. Laut Slack ist ein Potenzial zudem nicht immer zu erkennen und daher auch nicht zu messen, vgl. Slack (1983), S. 12. Die Multidimensionalität der Flexibilität stellt wohl das grundlegendste Problem bei deren Messung dar. Vgl. dazu Singer (2012), S. 87.

³¹ Vgl. Zitzmann (2018); Pibernik (2001).

3 Simulationsstudien zur Positionierung von Flexibilität in Supply Chains

Aussagen zu den Orten an denen innerhalb einer Supply Chains Flexibilitätspotenzial aufgebaut werden soll finden sich in der Supply Chain-Literatur lediglich im Kontext des Postponement.³² Ein Grund hierfür kann sein, dass das Flexibilitätsmanagement selten aus der Supply Chain-Perspektive betrachtet wird. Meist steht die Frage im Vordergrund, wie Flexibilität aus Sicht eines Unternehmens aufzubauen ist. Allerdings kann dies zu falschen Handlungsempfehlungen führen. Treten beispielsweise Unsicherheiten primär in der Endkundennachfrage auf, so können diese nicht mit einem Multiple Sourcing des Produzenten bewältigt werden, auch wenn diese Strategie dessen Flexibilität bei geringer Kostensteigerung erhöht.³³ Besteht ein großes Risiko für die Supply Chain hingegen in unsicheren Produktionsprozessen, so kann dies zwar auch mit Sicherheitsbeständen beim Händler kompensiert werden, die effiziente Lösung wäre jedoch, Potenziale in der Nähe der Quelle der Unsicherheiten zu schaffen. Um solche Fehleinschätzungen zu verhindern, nimmt die nachfolgende Analyse nicht einen einzelnen Akteur, sondern einen Supply Chain-Ausschnitt in den Blick. Abschnitt 3.1 stellt zunächst diesen Ausschnitt, der den Simulationsstudien zugrunde liegt, vor. Abschnitt 3.2 erläutert die in den Studien betrachtete Lokalisierung von Flexibilität und präsentiert die Ergebnisse der Untersuchungen.

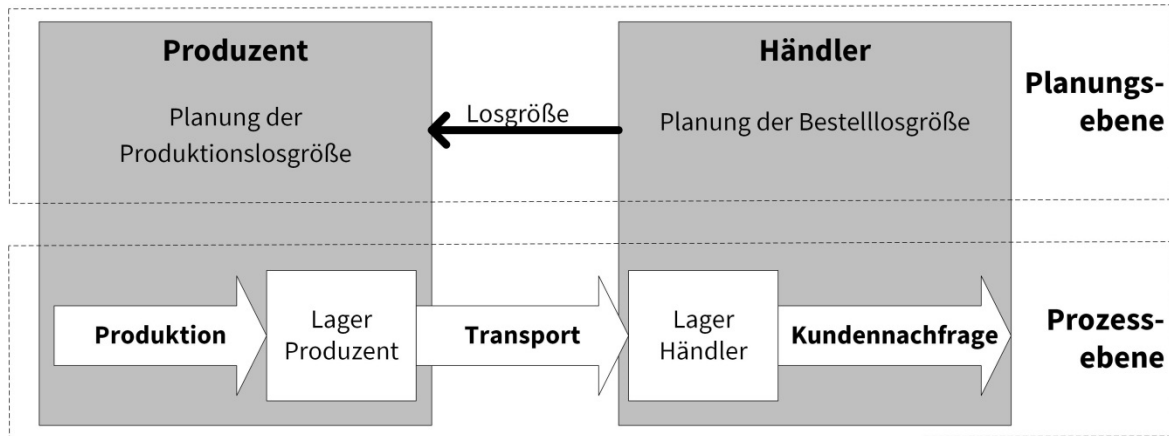
Supply Chain-Ausschnitt als Untersuchungsgegenstand

Die durchgeführten Simulationsstudien betrachten einen mehrstufigen Supply Chain-Ausschnitt. Dabei handelt es sich nicht um ein real existierendes System, sondern um ein in der Literatur eingesetztes Referenzbeispiel.³⁴ Abbildung 2 stellt die Struktur, bestehend aus drei Prozessen, dar.

³² Vgl. beispielsweise Ernst/Kamrad (2000).

³³ Vgl. Ernst/Kamrad (2000), S. 499–501. Hier findet sich noch eine weitere Differenzierung zwischen Flexibilität und Modularität.

³⁴ Ausführungen, die sich auf das vorgestellte Modell beziehen, finden sich z. B. bei Sucky (2004) und Dobhan (2012). Ursprünglich ist dieser Supply Chain-Ausschnitt von Banerjee (1986) verwendet worden. Im Rahmen der Simulationsstudien wurden verschiedene Anpassungen vorgenommen. Vgl. zu den Anpassungen Zitzmann (2018), S. 189–199.

Abbildung 2: Betrachteter Supply Chain-Ausschnitt³⁵

Die zur Modellierung der Prozesse genutzten Parameter sind in Tabelle 1 und 2 angegeben. In dem Supply Chain-Ausschnitt wird ein Gut zunächst vom Produzenten erzeugt, anschließend zum Händler transportiert und dort an die Kunden entsprechend deren Nachfrage weitergegeben. Die einzelnen Prozesse sind jeweils durch ein Lager voneinander entkoppelt. Diese befinden sich beim Produzenten bzw. beim Händler. Des Weiteren ist eine Differenzierung zwischen der Planungs- und der Prozessebene zu sehen.

Parameter	Wert und Erläuterung
Produktionszeit	Dreiecksverteilung, Modus: 36 Minuten/Stück, Untere Grenze: 32,4 Minuten/Stück (-10 %), Obere Grenze: 54 Minuten/Stück (+50 %)
Lagerkapazität (Produzent und Händler)	Unbeschränkt
Transportzeit	Dreiecksverteilung, Modus: 120 Stunden, Untere Grenze: 108 Stunden (-10 %), Obere Grenze: 180 Stunden (+50 %)
Nachfrage	Normalverteilung, Mittelwert: 100 Stück/Monat, Standardabweichung: 20 Stück/Monat, Untere Grenze: 0 Stück/Monat

Tabelle 1: Modellparameter inklusive operativer Unsicherheiten

³⁵ Quelle: Eigene Darstellung nach Zitzmann/Karl (2018), S. 258.

Ereignis	Wahrscheinlichkeit	Auswirkung
Produktionsunterbrechung	0,1 %/Stunde	Unterbrechung für eine gleichverteilte Dauer zwischen einem Tag (6 Arbeitsstunden) bis zu 10 Tagen (60 Arbeitsstunden)
Transportunterbrechung	0,1 %/Stunde	Unterbrechung für eine gleichverteilte Dauer zwischen einem Tag (6 Arbeitsstunden) bis zu 10 Tagen (60 Arbeitsstunden)
Unerwarteter Nachfragesprung	0,05 %/Stunde	Gleichverteilte Nachfrage von 120 % bis 200 % der aktuellen Periodennachfrage
Unerwarteter Nachfrageeinbruch	0,05 %/Stunde	Gleichverteilte Nachfrage von 0 % bis 80 % der aktuellen Periodennachfrage

Tabelle 2: Modellparameter betreffend der disruptiven Unsicherheiten

Auf der Planungsebene trifft zunächst der Händler eine um zwei Monate vorlaufverschobene Entscheidung über seine Bestelllosgröße. Grundlage dieser Entscheidung sind Prognosedaten über die Kundennachfrage. Nachdem der Produzent die Bestelllosgrößen erhalten hat, trifft er seine Entscheidung über die Produktionslosgrößen. Dieser Prozess wiederholt sich zum jeweiligen Periodenanfang. Eine Periode stellt dabei einen Monat mit 120 Arbeitsstunden dar. Nach Abschluss des Produktionsloses in einer offenen Produktion werden die Güter im Produzentenlager bis zum Periodenende eingelagert. Der Transport erfolgt zu Beginn der Folgeperiode. Erreichen die Güter das Händlerlager, so stehen sie unmittelbar zur Befriedigung der kontinuierlich auftretenden Kundennachfrage zur Verfügung. In allen Prozessschritten des Supply Chain-Ausschnittes können voneinander unabhängige operative und disruptive Unsicherheiten auftreten. Die entsprechende Modellierung ist in Tabelle 1 und 2 zu finden.

Positionierung von Flexibilitätspotenzial in den Simulationsstudien

Aufbauend auf dem erläuterten Supply Chain-Ausschnitt werden die Ergebnisse zweier Simulationsstudien vorgestellt, welche den Aufbau von Flexibilitätspotenzialen betrachten. Die Studien wurden von Zitzmann (2018) und Zitzmann/Karl (2018) durchgeführt und betrachteten Instrumente zur Flexibilitätsplanung bzw. das

Zusammenspiel zwischen Kapazitäts- und Bestandsflexibilität.³⁶ Die Analyse der Positionierung von Flexibilitätspotenzialen stand nicht im Vordergrund der jeweiligen Untersuchung. Dies soll hier erfolgen.

Planungsverfahren (zugrundeliegendes Vorgehen)	Durchschnittlicher Bestand im Lager des Produzenten	Durchschnittlicher Bestand im Lager des Händlers
PV1 (Deterministische Planung)	105 Stück	36 Stück
PV2 (Stochastische Optimierung Gewichtung 1)	86 Stück	45 Stück
PV3 (Stochastische Optimierung Gewichtung 2)	106 Stück	28 Stück
PV4 (Robuste Optimierung Erwartungswert)	113 Stück	33 Stück
PV5 (Robuste Optimierung Maximin)	77 Stück	70 Stück
PV6 (Flexible Planung Service 90 %)	100 Stück	72 Stück
PV7 (Flexible Planung Service 70 %)	105 Stück	56 Stück
PV8 (Losfixe Planung ohne Bestand)	117 Stück	63 Stück
PV9 (Losfixe Planung mit Bestand)	156 Stück	120 Stück
PV10 (Periodenfixe Planung ohne Bestand)	89 Stück	36 Stück
PV11 (Periodenfixe Planung mit Bestand)	130 Stück	88 Stück

Tabelle 3: Aus dem Einsatz der unterschiedlichen PV hervorgehende Bestandshöhen

³⁶ Vgl. Zitzmann (2018), S. 203–232 zu Planungsinstrumenten insbesondere auf der taktisch-operativen Ebene. Vgl. Karl/Zitzmann (2018) zu Kapazitäts- und Bestandsflexibilität.

Laut der Arbeit von Zitzmann (2018) besteht die Möglichkeit, Flexibilität mit Beständen im Lager des Produzenten oder des Händlers aufzubauen. Abhängig davon, welches Planungsverfahren (PV) die Akteure einsetzen, entstehen unterschiedliche Bestandshöhen und somit ein sich unterscheidendes Niveau an Flexibilität güterflussaufwärts auf der Seite des Produzenten oder güterflussabwärts auf Seiten des Händlers. In dieser Simulationsstudie 1 wurden insgesamt 11 PV auf Grundlage von jeweils 100.000 Simulationsläufen untersucht. Tabelle 3 gibt die Bestandshöhen an, die durchschnittlich bei den einzelnen PV entstehen. Das jeweilige Vorgehen bei den unterschiedlichen PV ist ausführlich bei Zitzmann (2018) erläutert.

Simulationsstudie 2 untersucht neben der Möglichkeit der Bestands- auch die Kapazitätsflexibilität. Zusätzlich zu Beständen im Lager von Produzenten und Händler stehen redundante Kapazitäten im Produktions- und Transportprozess zur Verfügung. Abhängig davon, welche Potenziale aufgebaut sind, verändert sich die Konfiguration der Supply Chain. An allen vier genannten Punkten im Supply Chain-Ausschnitt kann Flexibilität existieren, nur an einzelnen, an keinem oder in einer beliebigen Kombination. So entstehen insgesamt 16 unterschiedliche Konfigurationen des Flexibilitätspotenzials. Für jede Konfigurationsalternative wurden 10.000 Simulationsläufe durchgeführt.

4 Flexibilitätswutzen aus unterschiedlichen Positionierungen

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der beiden Simulationsstudien hinsichtlich der Positionierung von Flexibilitätspotenzial vorgestellt und analysiert. Als Bewertungskriterium dient dafür die Anzahl an Fehlmengeneunden, die im Durchschnitt der Simulationsläufe bei der jeweiligen Konfiguration auftreten bzw. der sich daraus ergebene Servicegrad. Abschnitt 4.1 stellt zunächst die Ergebnisse der beiden Simulationsstudien bezüglich dieser Kennzahlen vor. In Abschnitt 4.2 werden die Ergebnisse näher betrachtet und Erkenntnisse bezüglich der Positionierung von Flexibilitätspotenzial aufgezeigt.

Ergebnisse der Simulationsstudien

In Tabelle 4 ist die durchschnittliche Performance der Supply Chain angegeben, die sich beim Einsatz des jeweiligen PVs in Simulationsstudie 1 aus 100.000 Simulationsläufen ergibt. Die höchste Anzahl an Fehlmengeneunden tritt hier beim PV3 auf. In durchschnittlich 254 der 720 simulierten Stunden treten Fehlmengen auf. Dies entspricht einem Servicegrad von 65 %. Den höchsten Servicegrad mit 98 % erreicht eine Supply Chain, in der das PV9 zum Einsatz kommt. Hier treten lediglich in durchschnittlich 12 Stunden Fehlmengen auf. Die Ergebnisse aller anderen Verfahren liegen zwischen diesen beiden Extrema.

Planungs- verfahren (PV)	Durchschnittliche Anzahl an Fehlzeitenstunden	Durchschnittlicher Servicegrad
PV1	193 Stunden	73 %
PV2	150 Stunden	79 %
PV3	254 Stunden	65 %
PV4	206 Stunden	71 %
PV5	77 Stunden	89 %
PV6	77 Stunden	89 %
PV7	120 Stunden	83 %
PV8	98 Stunden	86 %
PV9	12 Stunden	98 %
PV10	200 Stunden	72 %
PV11	33 Stunden	95 %

Tabelle 4: Fehlzeitenstunden und Servicegrad beim Einsatz unterschiedlicher PV

Die durchschnittliche Anzahl an Fehlzeitenstunden und die sich daraus ergebenden Servicegrade bei unterschiedlichen Konfigurationen von Kapazitäts- und Bestandspotenzial in der Simulationsstudie 2 sind in Tabelle 5 angegeben. Diesen Werten liegend jeweils 10.000 Simulationsläufe pro Supply Chain-Konfiguration zugrunde. Der höchste Servicegrad von 95 % bei 39 Fehlzeitenstunden ergibt sich bei der K12. Hier sind alle vier möglichen Arten von Flexibilität vorhanden. Existiert kein Flexibilitätspotenzial (K13) in dem betrachteten Supply Chain-Ausschnitt so treten in durchschnittlich 104 Stunden Fehlzeiten auf. Dies entspricht einem Servicegrad von 86 %.

Konfiguration	Kapazitäts- flexibilität Produzent	Bestands- flexibilität Produzente	Kapazitäts- flexibilität Transport	Bestands- flexibilität Händler	Fehlmen- gen- stunden	Servicegrad
K1	X				97	87 %
K2	X	X			94	87 %
K3	X			X	52	93 %
K4	X	X		X	51	93 %
K5			X		74	90 %
K6		X	X		69	90 %
K7			X	X	46	94 %
K8		X	X	X	41	94 %
K9	X		X		63	91 %
K10	X	X	X		63	91 %
K11	X		X	X	40	94 %
K12	X	X	X	X	39	95 %
K13					104	86 %
K14		X			98	86 %
K15				X	58	92 %
K16		X		X	57	92 %

Tabelle 5: Fehlmenigenstunden und Servicegrad der unterschiedlichen Konfigurationen

Erkenntnisse zur Positionierung von Flexibilitätspotenzial

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die Ergebnisse der beiden Simulationsstudien aufgeführt. Die nun folgenden Erläuterungen betrachten zunächst isoliert die jeweiligen Ergebnisse der einzelnen Simulationsstudien, um Erkenntnisse bezüglich des Nutzens von Flexibilitätspotenzial in Abhängigkeit von dessen Position in der Supply Chain abzuleiten. Anschließend werden die Schlussfolgerungen zusammengeführt.

In Abbildung 3 sind die Bestandshöhen von Produzenten und Händler aufgeführt, die sich aus dem Einsatz der verschiedenen PV in Simulationsstudie 1 ergeben. Zudem ist der Servicegrad angegeben. Dabei ist die Darstellung entsprechend des Servicegrades aufsteigend von links nach rechts sortiert.³⁷

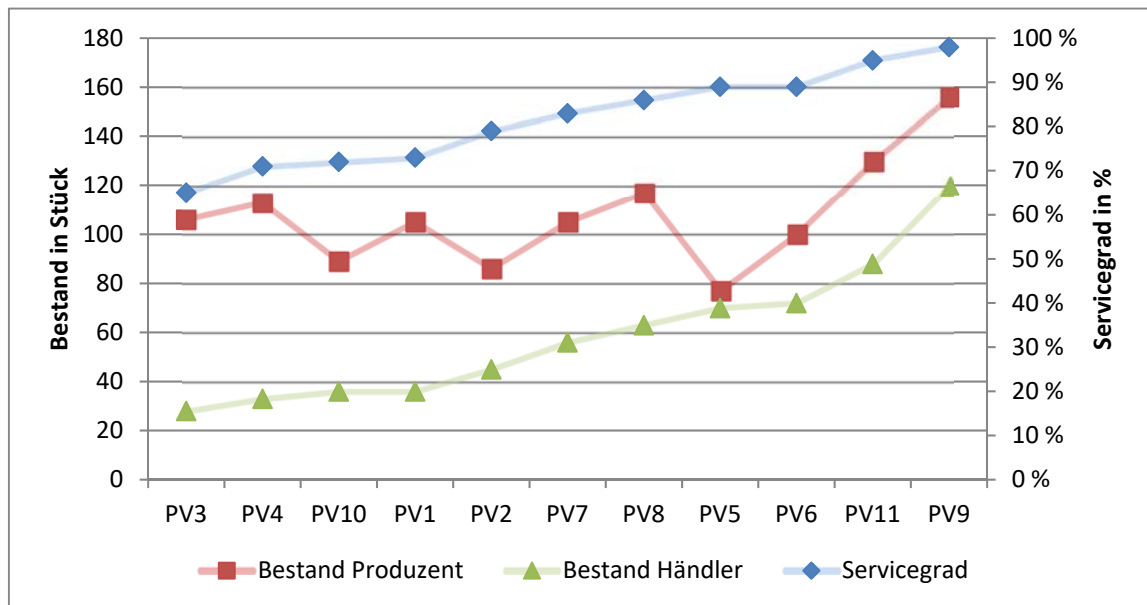


Abbildung 3: Bestandshöhe und Servicegrad in Abhängigkeit vom eingesetzten PV

Es ist zu erkennen, dass der Servicegrad ansteigt, wenn sich der durchschnittliche Bestand im Lager des Händlers erhöht. Zwar ist dieser Effekt nicht linear, aber es besteht ein Zusammenhang zwischen hohen Beständen im Händlerlager und einem hohen Servicegrad. Eine entsprechende Korrelationsanalyse nach Pearson ergibt einen Korrelationskoeffizienten r in Höhe von 0,95. Dieser ist mit $\alpha = 0,01$ stark signifikant. Bei Beständen im Produzentenlager lässt sich dieser Effekt nicht erkennen. Zwar führen PV11 und PV9, welche hohe Lagerbestände beim Produzenten ausweisen, zu hohen Servicegraden, jedoch führen diese beiden PV auch zu hohen Händlerbeständen. Diese sind ausschlaggebend für den Servicegrad. Dies zeigt auch die Korrelationsanalyse. Hier lässt sich mir $r = 0,46$ zunächst ein Zusammenhang des Bestands beim Produzenten mit dem Servicegrad vermuten. Dieser ist jedoch nicht signifikant. Eine partielle Korrelationsanalyse zeigt zudem, dass es sich um eine Scheinkorrelation handelt. Wird der Einfluss des Bestands beim Händler auf den Servicegrad herausgerechnet, so ergibt sich keine positive Korrelation zwischen Produzentenbestand und Servicegrad. Diese Tatsache lässt sich mithilfe des Vergleichs zwischen dem PV2 und PV3 erläutern. In der Summe beträgt die Differenz

³⁷ Die zugrundeliegenden Daten betreffen lediglich die Datenpunkte. Die Verbindungslinien dienen lediglich zur Veranschaulichung.

der Bestände in beiden Lagern lediglich 3 Stück. Allerdings befindet sich mit durchschnittlich 106 zu 86 Stück bei PV3 eine deutlich größere Menge des betrachteten Gutes im Produzentenlager. Umgekehrt verhält sich die Situation im Lager des Händlers. Hier umfasst der durchschnittliche Bestand aufgrund von PV2 45 Stück. Mit PV3 sind es 28 Stück. Der Servicelevel unterscheidet sich jedoch erheblich. So beträgt dieser bei PV2 79 %, beim Einsatz von PV3 lediglich 65 %. In beiden Fällen handelt es sich, im Vergleich zu den übrigen PV, um relativ niedrige Servicegrade. Anzumerken ist, dass sich die Unterschiede im Servicegrad nicht vollständig durch die Bestandshöhen erklären lassen. Die Logik der PV und deren Integration von Unsicherheiten spielt hier auch eine Rolle.³⁸

Bereits in Abschnitt 4.1 wurde festgestellt, dass der höchste Servicegrad (95 %) in Simulationsstudie 2 bei einer Supply Chain-Konfiguration erreicht wird, die über alle vier möglichen Flexibilitätspotenziale verfügt (K12). Der nächsthöchste Servicegrad beträgt 94 %. Er wird bei den Flexibilitätskonfigurationen K7, K8 und K11 erreicht. Gemeinsam ist diesen Konfigurationen, dass sie jeweils über Bestandsflexibilität beim Händler verfügen. Dies deutet darauf hin, dass Flexibilität güterflussabwärts zum Ende einer Supply Chain den höchsten positiven Einfluss auf die Performance hat. Dies ist auch in Abbildung 4 zu erkennen.

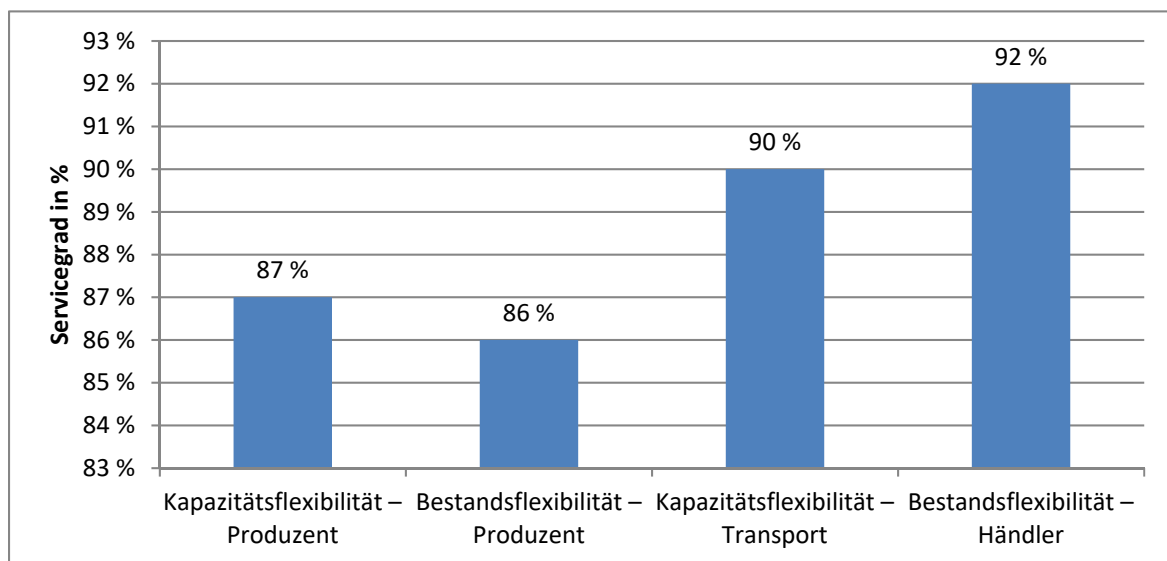


Abbildung 4: Servicegrad bei isoliertem Einsatz der verschiedenen Potenziale

Hier sind die Servicegrade dargestellt, die sich beim isolierten Einsatz der jeweiligen Flexibilitätspotenziale ergeben. Mit 92 % und 90 % ist dieser bei einer Bestandsflexibilität auf Händlerseite bzw. bei Kapazitätsflexibilität im Transport höher

³⁸ Vgl. Zitzmann (2018), S. 276–281

als bei Flexibilitätspotenzialen auf Seiten des Produzenten. Auch der Vergleich einzelner Konfigurationen zeigt, dass durch zusätzliche Flexibilität auf Seiten des Händlers ein größerer Beitrag zur Performancesteigerung geleistet werden kann, als dies durch zusätzliche Potenziale auf Produzentenseite der Fall ist. So existiert beispielsweise in K6 Bestandsflexibilität beim Produzenten sowie Kapazitätsflexibilität im Transport. Dies führt zu einem Servicelevel von 90 %. Wird zusätzlich Kapazitätsflexibilität beim Produzenten aufgebaut (K10), so kann ein Servicegrad von 91 % erreicht werden. Wird K6 hingegen um zusätzliche Bestandspotenziale auf Seiten des Händlers erweitert (K8), so ist in durchschnittlich 94 % aller betrachteten Stunden die Kundenversorgung sichergestellt.

Es lässt sich durch die Betrachtung beider Simulationsstudien sagen, dass Flexibilitätspotenziale, unabhängig davon wo sie in einer Supply Chain positioniert sind, einen Beitrag zur Bewältigung von Unsicherheiten leisten. Allerdings ist festzustellen, dass der Nutzen von Flexibilität für die Supply Chain höher ist, wenn die entsprechenden Potenziale güterflussabwärts, nahe dem Kunden existieren. Dies betrifft insbesondere Bestandspotenziale beim Händler. Die besondere Bedeutung dieses Potenzials liegt in dessen Position im Leistungsnetzwerk sowie in den Quellen von Unsicherheiten begründet. Treten Abweichungen von geplanten Werten auf, so können diese – mit Ausnahme von Nachfrageveränderungen – nur von nachgelagerten Flexibilitätspotenzialen ausgeglichen werden. Daher können Potenziale auf Seiten des Produzenten lediglich Produktionsstörungen kompensieren. Die in Simulationsstudie 2 vorhandene Kapazitätsflexibilität im Transport ermöglicht sowohl im Transportprozess auftretende Unsicherheiten sowie Störungen aus der Produktion zu bewältigen; allerdings keine Nachfrageschwankungen, die unmittelbar, also ohne Vorlauf, auftreten. Dies gelingt nur durch Bestandsflexibilität auf Seiten des Händlers und somit am güterflussabwärts gelegenen Ende der Supply Chain. Hier können zudem Unsicherheiten bewältigt werden, für die in den vorherigen Supply Chain-Stufen nicht ausreichend Flexibilität existiert.

5 Schlussbetrachtung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Positionierung von Flexibilitätspotenzialen in Supply Chains. Diese müssen proaktiv aufgebaut werden, um Supply Chains in die Lage zu versetzen, operative und disruptive Unsicherheiten zu bewältigen. Nur mit entsprechenden Potenzialen ist es möglich, robuste, resiliente und agile Netzwerke zu gestalten. Nach der Vorstellung der theoretischen Grundlagen und bisheriger Forschungserkenntnisse wurden in diesem Beitrag die Ergebnisse zweier Simulationsstudien betrachtet. Ziel der Analyse ist es, festzustellen, wo in einer Supply Chain der größte Nutzen durch Flexibilität erzielt werden kann. Als Antwort auf diese Frage ist festzuhalten, dass der größte Nutzen durch Flexibilitäts-

potenziale erzielt wird, wenn diese möglichst nahe am Kunden und somit güterflussabwärts in einer Supply Chain geschaffen werden. Insbesondere Bestandspotenziale spielen hier eine wichtige Rolle, da nur sie in der Lage sind, unmittelbar auftretende Unsicherheiten in der Kundennachfrage zu bewältigen. Allerdings ist auch festzustellen, dass Flexibilität in anderen Bereichen einer Supply Chain die Möglichkeit des Leistungsnetzwerkes, auf Unsicherheiten adäquat zu reagieren, ebenfalls steigert. Jedoch fällt der Nutzen hier geringer aus.

Die vorgestellten Untersuchungen sind dadurch limitiert, dass die Simulationsstudien lediglich einen Supply Chain-Ausschnitt betrachtet haben. Analysen anderer Strukturen von Leistungsnetzwerken sind nötig, um die gewonnenen Erkenntnisse zu generalisieren. Zudem wurden keine Kostengesichtspunkte betrachtet. Investitionen in Flexibilitätspotenzial verursachen Kosten, die dem Nutzen der verbesserten Supply Chain-Performance gegenüber zu stellen sind. Eine solche Untersuchung ist anzustreben.

Für Entscheidungsträger in Supply Chains, die sich mit Unsicherheiten konfrontiert sehen, lässt sich die Handlungsempfehlung ableiten, den Lean-Gedanken zu überdenken. Zwar verursachen redundante Bestände und Kapazitäten Kosten, jedoch sind sie notwendig, um Flexibilität zu schaffen. Werden sie an den richtigen Stellen innerhalb einer Supply Chain aufgebaut lassen sich durch diese Potenziale höhere Servicegrade realisieren, die die Kosten für die Flexibilität vermutlich übersteigen.

6 Literaturverzeichnis

- Banerjee, A. (1986): A Joint Economic-Lot-Size Model for Purchaser and Vendor, in: *Decision Science*, 17, 3, S. 292–311.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): *Im Fokus: Industrieland Deutschland; Stärken ausbauen – Schwächen beseitigen – Zukunft sichern*, Berlin.
- Cabral, I./Grilo, A./Cruz-Machado, V. (2012): A decision-making model for Lean, Agile, Resilient and Green supply chain management, in: *International Journal of Production Research*, 50, 17, S. 4830–4845.
- Christopher, M./Peck, H. (2004): Building the Resilient Supply Chain, in: *The International Journal of Logistics Management*, 15, 2, S. 1–14.
- Chopra, S./Sodhi, M. S. (2004): Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown, in: *MIT Sloan Management Review*, 46, 1, S. 53–61.
- Craighead, C. W./Blackhurst, J./Rungtusanatham, M. J./Handfield, R. B. (2007): The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities, in: *Decision Sciences*, 38, 1, S. 131–156.

- Dobhan, A. (2012): Internal Supply Chain Management – Entwicklung und experimentelle Analyse hybrider Losgrößenplanungsverfahren, Bamberg.
- Ernst, R./Kamrad, B. (2000): Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement, in: European Journal of Operational Research, 124, 3, S. 495–510.
- Frankfurter Allgemeine (2016): Audi unterbricht Produktion nach Unwetter, 30.05.2016, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/audi-werksteht-nach-unwettern-unter-wasser-14259743.html>, Stand: 06.07.2017.
- Hocke, S. (2004): Flexibilitätsmanagement in der Logistik: systemtheoretische Fundierung und Simulation logistischer Gestaltungsparameter, Frankfurt a. M.
- Jüttner, U. (2005): Supply chain risk management – Understanding the business requirements from a practitioner perspective, in: The International Journal of Logistics Management, 16, 1, S. 120–141.
- Jüttner, U./Peck, H./Christopher, M. (2003): Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research, in: International Journal of Logistics: Research and Applications, 6, 4, S. 197–210.
- Kaluza, B./Blecker, T. (2005): Flexibilität – State of the Art und Entwicklungstrends, in: Kaluza, B./Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität: Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen, Berlin, S. 1–28.
- Klibi, W./Martel, A./Guitouni, A. (2010): The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review, in: European Journal of Operational Research, 203, 2, S. 283–293.
- Lummus, R. R./Duclos, L. K./Vokurka, R. J. (2003): Supply Chain Flexibility: Building a New Model, in: Global Journal of Flexible Systems Management, 4, 4, S. 1–13.
- Merschmann, U./Thonemann, U. W. (2011): Supply chain flexibility, uncertainty and firm performance: An empirical analysis of German manufacturing firms, in: International Journal of Production Economics, 130, 1, S. 43–53.
- Meixell, J.M./Gargeya, V.B. (2005): Global supply chain design: A literature review and critique, in: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 41, 6, S. 531–550.
- Möslein-Tröppner, B. (2010): Produktionswirtschaftliche Flexibilität in Supply Chains mit hohen Absatzrisiken – Strategische Konzepte und operative Erfolgspotenziale, Bamberg.

- Naylor, J. B./Naim, M. M./Berry, D. (1999): Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain, in: *International Journal of Production Economics*, 62, 1-2, S. 107–118.
- Neidhart, C. (2016): Produktionsstopp in Japan, in: *Süddeutsche Zeitung*, 18.04.2016, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/erdbeben-produktionsstopp-in-japan-1.2954529>, Stand: 06.07.2017.
- Peck, H. (2006): Reconciling supply chain vulnerability, risk and supply chain management, in: *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9, 2, S. 127–142.
- Pibernik, R. (2001): *Flexibilitätsplanung in Wertschöpfungsnetzwerken*, Wiesbaden.
- Sánchez, A. M./Pérez, M. P. (2005): Supply chain flexibility and firm performance – A conceptual model and empirical study in the automotive industry, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 25, 7, S. 681–700.
- Sethi, A. K./Sethi, S. P. (1990): Flexibility in manufacturing: A Survey, in: *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 2, 4, S. 289–328.
- Simangunsong, E./Handry, L. C./Stevenson, M. (2012): Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research, in: *International Journal of Production Research*, 50, 16, 4493–4523.
- Singer, C. (2012): *Flexibilitätsmanagement zur Bewältigung von Unsicherheit in der Supply Chain*, Köln.
- Slack, N. (1983): Flexibility as a Manufacturing Objective, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 3, 3, S. 4–13.
- Sodhi, M. S./ Tang, C. S. (2012): *Managing Supply Chain Risk*, New York u. a.
- Spiegel Online (2010): Vulkanasche zwingt BMW zum Produktionsstopp, 20.04.2010, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/ fehlende-teile-vulkanasche-zwingt-bmw-zum-produktionsstopp-a-690138.html>, Stand: 06.07.2017.
- Stevenson, M./Spring, M. (2007): Flexibility from a supply chain perspective: definition and review, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 27, 7, S. 685–713.
- Sucky, E. (2004): *Koordination in Supply Chains – Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken*, Wiesbaden.

- Süddeutsche Zeitung (2010): Große Asche-Pause, 20.05.2010, <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bmw-produktionsstopp-grosse-asche-pause-1.933881>, Stand: 06.07.2017.
- Svensson, G. (2000): A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30, 9, S. 731–750.
- Taleb, N. N. (2012): *Antifragile – Things that Gain from Disorder*, London.
- Tang, C. S. (2006): Perspectives in supply chain risk management, in: *International Journal of Production Economics*, 103, 2, S. 451–488.
- Tang, C./Tomlin, B. (2008): The power of flexibility for mitigating supply chain risks, in: *International Journal of Production Economics*, 116, 1, S. 12–27.
- Tang, C./Tomlin, B. (2009): How Much Flexibility Does It Take to Mitigate Supply Chain Risks?, in: Zsidisin, G. A./Ritchie, B. (Hrsg.): *Supply Chain Risk – A Handbook of Assessment, Management, and Performance*, New York (NY), S. 155–174.
- Thiemt, F. (2003): *Risikomanagement im Beschaffungsbereich*, Göttingen.
- Tiwari, A. K./Tiwari, A./Samuel, C. (2015): Supply chain flexibility: a comprehensive review, in: *Management Research Review*, 38, 7, S. 767–792.
- Upton, D. M. (1994): The Management of Manufacturing Flexibility, in: *California Management Review*, 36, 2, S. 72–89.
- Vickery, S./Calantone, R./Dröge, C. (1999): Supply Chain Flexibility: An Empirical Study, in: *Journal of Supply Chain Management*, 35, 3, S. 16–24.
- Vokurka, R. J./O'Leary-Kelly, S. W. (2000): A review of empirical research on manufacturing flexibility, in: *Journal of Operations Management*, 18, 4, S. 485–501.
- Wang, Y.-C. (2008): Evaluating flexibility on order quantity and delivery lead time for a supply chain system, in: *International Journal of Systems Science*, 39, 12, S. 1193–1202.
- Welt (2010): Flugverbote treffen Autoindustrie mit voller Wucht, 20.04.2010, <https://www.welt.de/wirtschaft/article7258797/Flugverbote-treffen-Autoindustrie-mit-voller-Wucht.html>, Stand: 06.07.2016.
- Zitzmann, I. (2014): How to Cope with Uncertainty in Supply Chains? – Conceptual Framework for Agility, Robustness, Resilience, Continuity and Anti-Fragility in Supply Chains, in: Kersten, W./Blecker, T./Ringle, C. M. (Hrsg.): *Next Generation Supply Chains*, Berlin, S. 361–377.

Zitzmann, I. (2018): Supply Chain-Flexibilität zur Bewältigung von Unsicherheiten – Taktisch-operative Potenzialplanung zur Schaffung von Robustheit, Resilienz und Agilität, Bamberg.

Zitzmann, I./Karl, D. (2018): Adequate Flexibility Potential to handle Supply Chain Uncertainties, in: Kersten, W./Blecker, T./Ringle, C. M. (Hrsg.): The Road to a Digitalized Supply Chain Management, Berlin, S. 251–270.

Fairness in Supply Chains

Dr. Immanuel Zitzmann

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg,
immanuel.zitzmann@uni-bamberg.de

Prof. Dr. Alexander Dobhan

Leiter des ERP-Labors (innerhalb der FHWS) sowie Professor für Business Process Management & Business Applications an der University of Applied Sciences Schweinfurt und Projektprofessor im Industrieforschungsprojekt OBerA, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

1	Introduction	60
2	Theoretical background	61
3	Experimental Study 1: Profit sharing in supply chains	68
4	Experimental study 2: Lot-sizing between business functions	76
5	Conclusion	80
6	Literature	80

Abstract:

This paper describes and analyses the results of two laboratory experiments that emphasise fairness in supply chains. Previous research has shown that fairness is required for long-term relationships involving trust, and these relationships form the core of successful supply chain coordination. As process integration develops and companies and business functions grow more dependent on one another, no company or function should feel mistreated at any level of the supply chain. Therefore, fair agreements and fair behaviour must be considered at both the strategic and operational levels. We use laboratory experiments to gain insights into inter-company as well as inter-functional negotiations, and distributive and procedural fairness are considered in analysing the results of the experiments.

JEL Classification: M29

Keywords: Fairness, Supply Chain Coordination, Laboratory Experiments

1 Introduction

Managing a supply chain depends on coordination among the companies and business functions involved (Mentzer et al. 2001). The main characteristic of this coordination is that it takes place between institutions with individual goals. Each institution (company or business function) seeks to profit from the collaboration. However, cooperation across functional borders as well as between companies can only be successful if the involved partners trust each other. Therefore, it is important to foster long-term relationships. In creating such partnerships, many factors must be considered; Wagner, Coley, and Lindemann (2011) identify fairness as a critical factor in trustworthy cooperation. Institutions are willing to commit to the success of the entire supply chain when they believe that they are treated fairly. The parameters of the relationship are typically determined in bilateral negotiations that concern the profit and the cost shares of investment, the prices of supplied goods, and/or the delivery schedule (including quantities and due dates). Although there is a significant amount of conceptual research about fairness in supply chains (e.g., Katok and Pavlov 2013; Ertogral and Wu 2000; Cui, Raju, and Zhang 2007) and experimental research on fairness in general (e.g., Bolton and Ockenfels 2000; Hoffman et al. 1994) as well as on decision making in supply chains (e.g., Becker-Peth and Thonemann 2016; Hyndman, Kraiselburd, and Watson 2013; Bolton and Katok 2008; Schweitzer and Cachon, 2000), there are only few experimental studies about fairness in supply chain negotiations.

Ho et al. (2014) and Nie and Du (2017) analyse the influence of peer-induced (referring to competitors) and distributional (referring to suppliers and customers) fairness concerns on the outcomes of supply chain coordination. They focus on a supply chain with two manufacturers and one retailer that is coordinated with wholesale price contracts. Choi and Messinger (2016) and Qin et al. (2016) examine how less availability of information regarding supply chain partners changes the coordination results. Their results show that fairness concerns become less important to the supply chain partners in situations with private information. All described experiments refer to the wholesale price as coordination. Hartwig et al. (2015) show that the wholesale price in combination with strategic inventory can lead to experimental results close to a theoretical equilibrium (if supply chain partners adhere to a certain negotiation procedure).

Whereas most other experimental studies address (wholesale) price or wage negotiations, we concentrate on the following two types of supply chain negotiations:

- Negotiations involving the share of profits from a collaborative supply chain project between a customer and a supplier (strategic management and coordination between companies); and

- negotiations of lot-sizes (operational management and coordination between business functions).

Both types are typical problems of supply chain coordination. Ballou, Gilbert, and Mukherjee (2000) describe the strategic task of supply chain cooperation as inter-organisational coordination. It may involve negotiations about profits generated from joint supply chain initiatives. An example for business function coordination is the negotiation about lot-sizes between assembly (small lot-sizes) and part manufacturing (large lot-sizes). This takes place on an operational level and can be referred to as inter-functional coordination (Ballou, Gilbert, and Mukherjee 2000). The aim of this paper is to examine the complex and abstract concept of fairness in negotiations in supply chains on the strategic as well as the operational level.

We focus on fairness in negotiations of the distribution of supply chain profits on the inter-organisational level and negotiations of order quantities on the inter-functional level. We examine the importance of fairness for supply chain management and illustrate the significance of fairness in supply chain negotiations.

The research question we answer with this paper is to what extent fair solutions (distributive and procedural fairness) are realised in bilateral negotiations under private payoff information on strategic and operational level in inter-organisational and inter-functional supply chains.

This paper is organised as follows. The second section presents an overview of the fundamentals of fairness. Because this term is difficult to define, we draw on research from the marketing and supply chain management perspectives, in addition to experimental approaches based on game theory. In the third and fourth section, we introduce findings from experimental studies on fairness in supply chain negotiations. Finally, the conclusion provides an overview of our main findings.

2 Theoretical background

2.1 Fairness

The concepts of fairness and justice (the two terms are used interchangeably in the literature) are found across disciplines (Bolton and Alba 2006; Dubinsky, Kotabe, and Lim 1993; Fehr and Schmidt 1999; Frazier et al. 1988; Griffith, Harvey, and Lusch 2006; Praxmarer-Carus, Sucky, and Durst 2013). Prominent fields of business research that have examined fairness are game theory, marketing and supply chain management. We will examine these areas in seeking an explanation of fairness. The difficulty in measuring fairness is that people have different norms of fairness, and they perceive processes and outcomes differently (Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005). Table 1 shows this variety in the several definitions of fair-

ness it presents. Additionally, the perception of fairness depends on particular contexts and situations (Binmore, Shaked, and Sutton 1985; Ochs and Roth 1989). Because of this complexity, fairness models do not explain all behaviour and decisions. However, these models do help foster an understanding of the issues that are related to fairness (Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005; Ochs and Roth 1989). Griffith, Harvey, and Lusch (2006) posited not only that fairness increases satisfaction and performance in business relationships but also that achieving fairness is the objective of companies. Explications of fairness have also been provided by experiments in the field of game theory. This theory builds on the assumption that people act rationally and seek to maximise profits. Experiments have shown, however, that this is not always the case (Bolton 1991; Eckel and Grossman 1996; Hoffman et al. 1994). One explanation for this finding is based on elements of fairness in social behaviour (Bolton 1991; Hoffman et al. 1994).

Author	Definition
Adams (1965)	“... fair correlations between inputs and outcomes [...] for a reference person or group ...”
Walster et al. (1978)	“... things were fair, only if the collaborators (who made markedly different contributions to the project) received markedly different net gains ...”
Crawford (1979)	“... An allocation at which no agent envies another will be called a fair allocation ...”
Deutsch (1985)	“... it is unfair for someone to get either more or less than his contribution deserves ...”
Dubinsky, Kotabe, and Lim (1993)	“... fairness (a measure of perceived equity) ...”
Fehr and Schmidt (1999)	“... We model fairness as self-centered inequity aversion. Inequity aversion means that people resist inequitable outcomes ...”
Bolton and Alba (2006)	“... fairness is governed by the belief that vendors are entitled to a reference profit and customers are entitled to a reference price ...”
Feess, Muehlheusser, and Walzl (2008)	“... contests [...] should be fair in the sense that the one who performs best should be the winner ...”

Table 1: Examples of Fairness-Definitions

Harrison and McCabe (1996) have argued that fairness alone cannot be responsible for the differences between the results into theoretical research in game theory and empirical research through experiments; however, it has also been acknowledged that fairness does play a role (Harrison and McCabe 1996; Ochs and Roth 1989). Common experiments to observe social interactions are the dictator game, the ultimatum game, and modifications of these games (Güth, Schmittberger, and Schwarze 1982). In such cases, players give large amounts of money to their partner without being required to do so and at their own cost (Forsythe et al. 1994; Güth, Schmittberger, and Schwarze 1982). In most cases, the agreement will be near the middle of the possible interval of transaction, even if it would be rational to give only a small portion of money to the bargaining partner. This altruistic behaviour is attributed to fairness considerations. However, it is doubtful that this behaviour is driven by selflessness. Research has shown that people want to be thought of as fair and act to be regarded as such (Bolton and Ockenfels 2000; Hoffman et al. 1994). They are less motivated by fairness considerations and act more in accordance with rational behaviour when they believe that they are unobserved and anonymous (Hoffman et al. 1994). The findings also conclude that fairness is selfish, in a manner of speaking (Bolton 1991; Ochs and Roth 1989). It has been shown that giving some of one's own potential profit will help increase the final payoff (Bolton and Ockenfels 2000; Kahn and Murnighan 1993; Ochs and Roth 1989; Weg and Zwick 1994). Therefore, it makes sense for companies to cooperate in supply chain management. By giving a fair amount of its gains derived from the cooperative relationship to its partner, a company enables the supply chain to make profits in the first place. The difficulty is to establish the amount of the "fair" payment. The simplest definition for fairness is formulated by Crawford (1979), who describes it as "[...] a situation in which nobody envies someone else [...]". However, this explanation does not capture the complexity of the matter. Nevertheless, it is true that perceived fairness always depends on comparison with others (Ochs and Roth 1989). Figure 1 shows that fairness may be divided into two categories: procedural and distributive fairness (Kumar, Scheer, and Steenkamp 1995; Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005).

Procedural fairness concerns fairness as perceived by those who are directly affected by processes and procedures (Korsgaard, Schweiger, and Sapienza 1995; Konovsky 2000; Wu, Loch, and Van der Heyden 2008). The question is whether the process that is used to come to a solution is fair and whether this process is perceived to be fair. In supply chains in which independent companies work together, procedural fairness is perceived in negotiations. Several insights into procedural fairness and into the process of negotiation have been made by conducting experiments. Bolton, Brandts, and Ockenfels (2005) discovered that credibility is the key

for processes to be considered fair. Partners are able to react properly only when they know the processes that undergird decision making. However, a fair reaction does not always signal cooperation. Fairness means that people will give something back to help those who are kind to them (Kahneman, Knetsch, and Thaler 1986; Rabin 1993). However, fairness also means that people will forego profit to punish those who are not kind to them (Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005; Güth, Schmittberger, and Schwarze 1982; Rabin 1993). In negotiations, this means that a company may break off the process if its potential partner does not show some willingness to compromise. This finding shows that behaviour and intention are important (Rabin 1993). The impact of procedural fairness on organisational behaviour, commitment, and strategic decision making has also been investigated (Korsgaard, Schweiger, and Sapienza 1995; Konovsky 2000). For example, it has been shown that team commitment increases when team leaders are perceived as behaving fairly, which helps with executing strategic decisions. Experiments have also shown that fair processes and procedures may be a substitute for fair outcomes (Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005). Nonetheless, the results also indicate that a fair outcome is preferred.

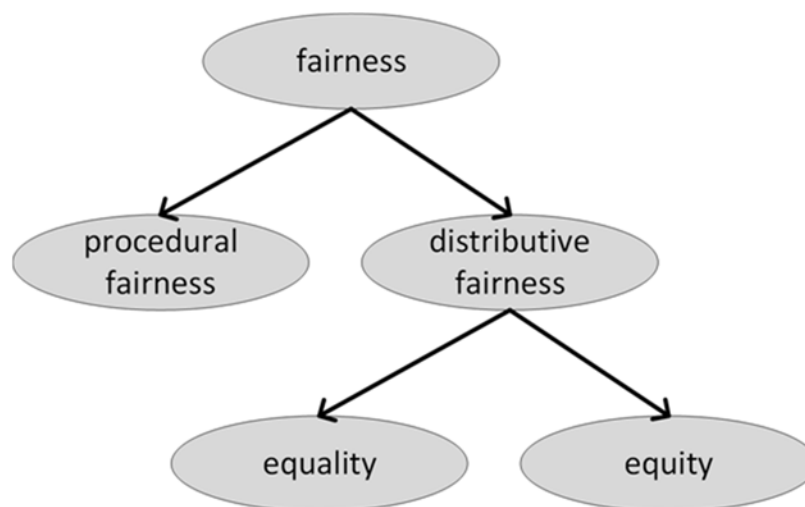


Figure 1: Differentiation of Fairness.

The perception of the fairness of outcomes received is known as distributive fairness (Konovsky 2000). In this case, distributive fairness seeks to determine whether the distribution of outcomes is fair. The fairness of an outcome may be determined according to equity or equality, which is also shown in figure 1 (Jap 2001). The principle of equity means is satisfied when the ratio of resources invested and outputs received by one party equals the ratio of resources invested and output received of the other party (Adams, 1965; Walster et al. 1978). This principle of fairness is often advocated by companies making greater investment (McGrath 1984). The other principle of distributive fairness, equality, means that each party should receive the same amount, such as a 50/50 split between two parties. Because equal

distribution is independent of the investment, it is preferred by the party making less investment. Some authors argue that this distribution leads to harmony and good relationships (Deutsch 1985; Kabanoff 1991). Both concepts of distributive fairness assume that input and output are known, which is not the case in supply chains because information about a company's costs and profits are sensitive. Nevertheless, equity and equality may help determine whether a solution is perceived to be fair.

2.2 Hypotheses

Experimental studies and the literature have shown that fairness affects organisational and individual decision making and behaviour. There have been several studies published concerning the importance of fairness and its influence on supply chain relationships (e.g., Dwyer, Schurr, and Oh 1987; Kumar, Scheer, and Steenkamp 1995; Griffith, Harvey, and Lusch 2006; Praxmarer-Carus, Sucky, and Durst 2013). However, certain fairness issues remain unobserved. Therefore, we will examine two different levels of supply chain negotiations to gain a deeper understanding of fairness within business relationships. On the strategic level, we will consider negotiations about profit sharing and its role in fair relationships (FitzRoy and Kraft 1987; Bensaid 1991). The example from the operational level concerns joint economic lot-sizing. There are models that provide mechanisms for determining the fair distribution of costs and profits (Shapley 1953; Schmeidler 1969; Zelewski and Peters 2010). The outcomes of these models depend on their assumptions. Using two laboratory experiments involving a supply chain negotiation game, we examine whether the process results in theoretically fair results and whether unfair actions that occur in the process are punished. The first experimental study refers to strategic supply chain management and the second to operational supply chain management.

The strategic management experiment has the following context. Two partners in a supply chain intend to realise a long-term supply chain project, one of whom (the profiteer) will gain disproportionately from the supply chain. The other partner (the investor) will bear additional costs. In the operational management experiment, the process of joint lot-sizing is investigated. In this situation, two companies negotiate over an order quantity. Because of convex cost functions, each bid has different effects on the payoffs. For both experiments, we assume that payoff information is private.

To examine fair solutions and behaviour, we first analyse the negotiation results. To do so, we build on the work of Hoffman et al. (1994) and Bolton and Ockenfels (2000) to observe fair behaviour when participants give more than the minimum of their profit to their negotiation partner. In the situations described herein, a result in

which one side gains a much higher payoff than the other is considered unfair. The first hypothesis is as follows:

- *H1: Experimental participants reach fair agreements from a game theory perspective.*

From the perspective of equality, a negotiation result in which all sides gain the same payoff is a fair solution. The fairness measure χ indicates the fairness of a solution. χ is the realised negotiation agreement multiplied by 100 and divided by the fair agreement (cf. equation 1).

$$\chi = (\text{Realised Agreement})/(\text{Fair Agreement}) \cdot 100 \quad (1)$$

Because information about costs and profits is company-confidential information in supply chains, the participants in the experiments do not know the costs and profits position of their negotiation partner. Distributive fairness is determined according to the concept of equality. Because in one of the two analysed experiments only one side incurs a cost, it is not possible to find a feasible equity solution for this situation. Because of information distortion, the following two negotiation intervals must be distinguished:

- The negotiation interval between the real local optimum payoff values; and
- the negotiation interval between the initial bids.

Because each participant knows only his/her own payoff function, the negotiation interval between initial bids is the only public negotiation interval (Kagel, Kim, and Moser 1996). If the equality concept is applied to this interval, the second hypothesis is posited as follows:

- *H2: Experimental participants reach agreements near the centre of the negotiation interval between initial bids.*

The position of an agreement in the negotiation interval between initial bids is represented by PSSC. According to equation (2), the PSSC equals the difference between the realised agreement and the profiteer's bid that is divided by the quantity-based negotiation interval between the initial bids.

$$PSSC = (\text{realised agreement} - \text{profiteer's initial bid}) / (\text{investor's initial bid} - \text{profiteer's initial bid}) \quad (2)$$

If PSSC equals 0.5, the agreement is exactly in the centre of the negotiation interval between the initial bids. In summary, to examine H1 and H2, the three negotiation results shown in table 2 are important.

Realised Agreement	Result of the experimental negotiation.
Fair agreement	Agreement in which the payoff to both negotiators is equal and greater than zero. For this agreement, the measure χ is 100.
Centre agreement	Agreement in the centre of the negotiation interval between initial bids. For this agreement, $PSSC$ takes the value of 0.5.

Table 2: Relevant agreements for the examination of H1 and H2.

After analysing the distributive fairness by examining the negotiation results, procedural fairness should then be considered. In each negotiation in the experiments, a profitable solution for both companies is possible, and rational behaviour will always lead to an agreement in both experiments. As mentioned above, this type of rationality does not exist because of fair behaviour. In this case, fairness does not mean cooperation; it means a breakdown in negotiation. Perceived fairness is the reason for this outcome. According to Bolton, Brandts, and Ockenfels (2005), Güth, Schmittberger, and Schwarze (1982) and Rabin (1993) participants will forego profits to punish negotiation partners whose actions are perceived as unfair. Therefore, there will likely be breakdowns in negotiations, and we propose the following as a third hypothesis:

- *H3: The existence of a fair and profitable solution does not avoid negotiation breakdowns.*

If this assumption is right, the cause of the breakdowns should be analysed – perhaps because of the distribution of profits. If a company will incur losses as a result of an agreement, it will prefer breaking off negotiations. A negotiation will also be cancelled if the behaviour of the negotiation partner is uncompromising. Because procedural fairness has something to do with tit-for-tat exchanges (Kahneman, Knetsch, and Thaler 1986; Rabin 1993), a breakdown will occur if one side observes no concessions made by the other party. We thus posit the fourth and fifth hypotheses:

- *H4: Negotiation breakdowns occur when one of the negotiators suffers losses.*
- *H5: Negotiation breakdowns occur when a negative concession or no concession was made by the negotiating partner.*

3 Experimental Study 1: Profit sharing in supply chains

3.1 Design of experimental study 1

The purpose of this infinite set of bilateral negotiation experiments (see, for laboratory experiments and their use, Friedman and Sunder 1994; LaLonde 1986; Plott 1982; Siegel and Fouraker 1960) with a symmetric distribution of power was to yield insights into profit allocation in supply chains and to obtain information about bargaining behaviour and perceptions of fairness. As indicated in the previous sections, we will focus our analysis on distributive and procedural fairness issues. Following a pretest, the experiment was conducted with 60 German students at the University of Bamberg and followed a popular experimental procedure (Montgomery 2009; Friedman and Cassar 2004).

Before the experiment began, all participants were given an oral and a written introduction. They were introduced to the following supply chain situation: Two companies intend to realise a supply chain project. The results of the project will be additional profit. However, this profit will be unbalanced between the actors. One side will incur additional costs because of investment that is necessary for the project (the investor), whereas the other side will realise a disproportionate revenue (the profiteer). The revenue always exceeds the costs of the investor and leads to profit on the supply chain. Because of the unbalanced distribution of profits and the symmetric power distribution between the companies, they must negotiate about the revenue sharing. If there is no agreement, the project will fail, and neither side will realise additional income.

The task of the participants in the experiment was to negotiate the amount of side payment the investor will obtain from the profiteer such that the investor has sufficient interest to engage in the supply chain project. As representatives of their companies, the participants only know their own cost/revenue calculations, which mean that there is incomplete information. The participants do not know the profits of the other side. However, the participants know that it is always possible to find a side payment that will ensure that both parties gain additional income.

To minimise social effects such as sympathy or friendship and to make the participants anonymous, students were only able to interact by computer. Every participant had to login on a php-based platform (designed for the experiment) and was randomly paired with a negotiation partner. Each student negotiated in six different situations. In each of these situations, the negotiation partner is different, and the cost and revenue structure was different to eliminate experience effects (Bryman and Bell 2003; Davis and Holt 1993). The process of negotiation consists of offers and counteroffers with respect to the amount of the side payment. No other form of

communication was possible between the negotiation partners. The profiteer began the negotiation with an offer. Following this offer, every negotiation partner could accept the last offer and agree on it, give a counteroffer or cancel the negotiation so that no agreement would be reached. In total, the results in the next section refer to 96 negotiations and 1,965 bids.

In the introduction to the experiment, the participants were informed that they would receive a payment for their participation. The amount of their payment depended on their success in the negotiation process; the payment was a certain proportion of the profit that the company would realise if negotiations ended in an agreement. If there is no agreement, the participants receive no payment related to that negotiation. The functions of the payment were not connected to one another. However, at all times, the participants could use a calculator to simulate their own payoff from a certain side payment. This monetary incentive was used to match the interest of the participants in the experiment to the interest of the decision makers in the described supply chain (Smith 1976; Friedman and Sunder 1994; Davis and Holt 1993). The maximum payoff was 25 €, and the minimum was 5 €.

3.2 Results of experimental study 1

Fair agreements (H1):

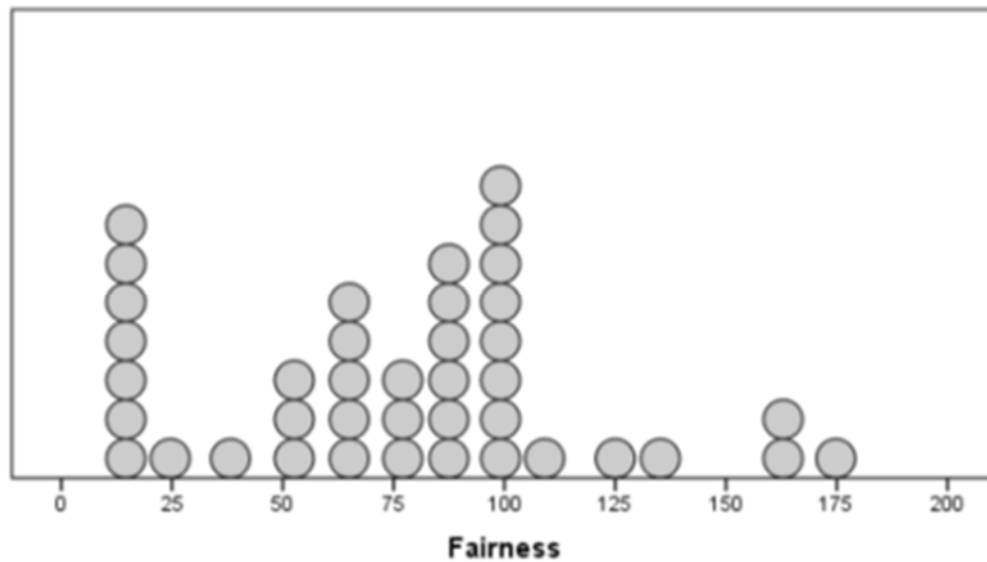


Figure 2: Frequencies of Fairness for the realized agreements.

The overview of the fairness measure χ (paragraph 2) for the realised agreements in figure 2 shows maximum fairness at the fair solution (100). Two further findings are obvious: a local maximum near zero, which indicates an unfair solution for the investor, and the upper quartile (99.42), which remains lower than 100. According

to these results, the median is 83.30. The mean of 97.60 is influenced by one extremely high value of 952, which is not shown in figure 2.

To quantify the correlation between the fair and the realised agreements, both values for each negotiation and each cost function are normalised with respect to revenue (without consideration of the costs). The resulting revenue share indicates the percentage of revenue that the profiteer gains after paying the transfer payment. The correlation between the realised and the fair revenue share of the profiteer is illustrated in figure 3. The values of the fair revenue share are always less than 0.5. The fair agreement consists of equal cost and revenue shares for each site. The supply chain's profit is the profiteer's revenue minus the investor's cost. The agreement is fair when the global profit is divided into two equal parts. Because of the cost, the fair revenue shares of both parties are less than 0.5. Figure 3 indicates a medium-sized correlation between the fair agreement and the realised agreement. This result is supported by a Spearman's ρ of 0.62, which is significant at the 0.001 level. If the realised agreements are compared with the fair agreements by applying the Wilcoxon signed-rank test, the test result reveals a significant difference between both samples at the 0.005 significance level. The high correlation supports hypothesis 1, but the frequencies and the test results enable us to reject hypothesis 1.

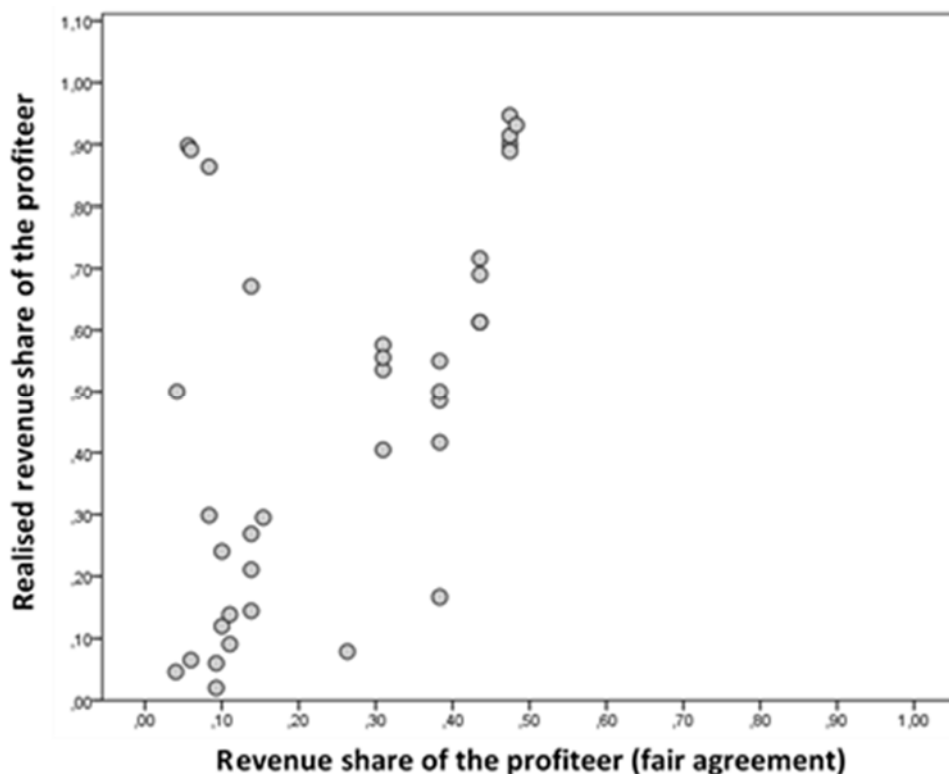


Figure 3: Realised revenue share of the profiteer subject to his fair revenue share.

Centre agreements (H2):

Each negotiation begins with an initial bid of the profiteer, which is answered in nearly all negotiations with a counteroffer. These (initial) bids determine the perceived quantity-based negotiation interval. A centre agreement that equals the centre value of the negotiation interval implies fairness because the relevant payoff information of the negotiation partner is private. As discussed above, the position of an agreement in the negotiation interval is represented by PSSC. According to equation (2), PSSC equals the difference between the negotiation result and the profiteer's bid, which is then divided by the quantity-based negotiation interval between the initial bids. If PSSC equals 0.5, the agreement is exactly in the centre of the negotiation interval between the initial bids. If the value of PSSC is 0, the initial bid of the profiteer is accepted by the investor. If PSSC is equal to 1, the investor's initial bid is accepted by the profiteer.

The frequencies in figure 4 are dominated by a maximum at zero. Therefore, a share of 29 % of the agreements are realised because the investor accepts the initial bid of the profiteer or a value close to it. A total of 39 % of the successful negotiations end with PSSC values from 0.3 to 0.6. The correlation analysis for the profiteer's realised revenue share and the revenue share, which he gains if the centre agreement is realised, reveals a value of 0.91 for Spearman's ρ . The Wilcoxon signed-rank test does not indicate any significant difference. The high correlation (which is shown in figure 5) and the results of the Wilcoxon signed-rank test support hypothesis 2.

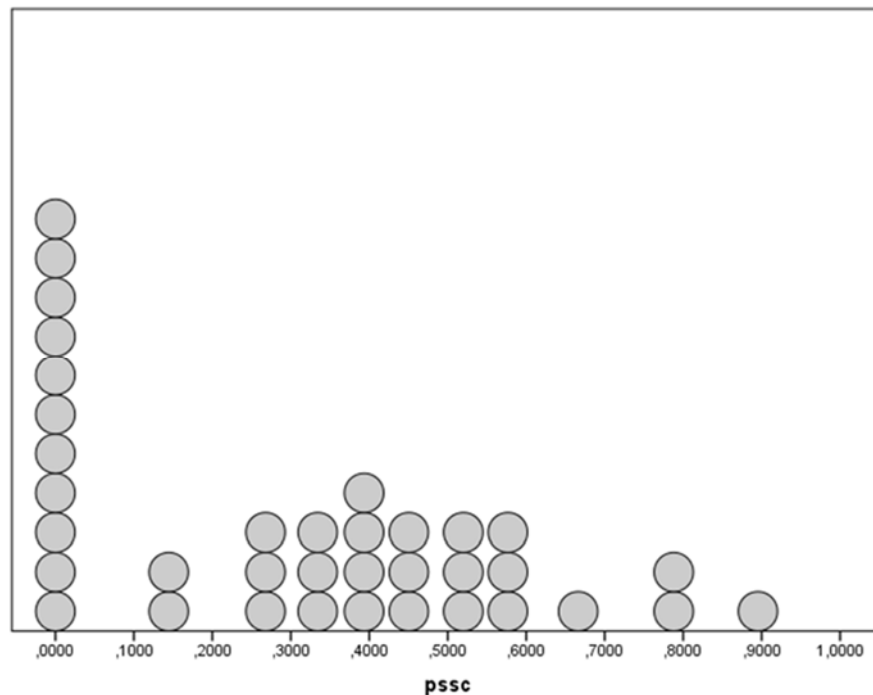


Figure 4: Frequencies of PSSC.

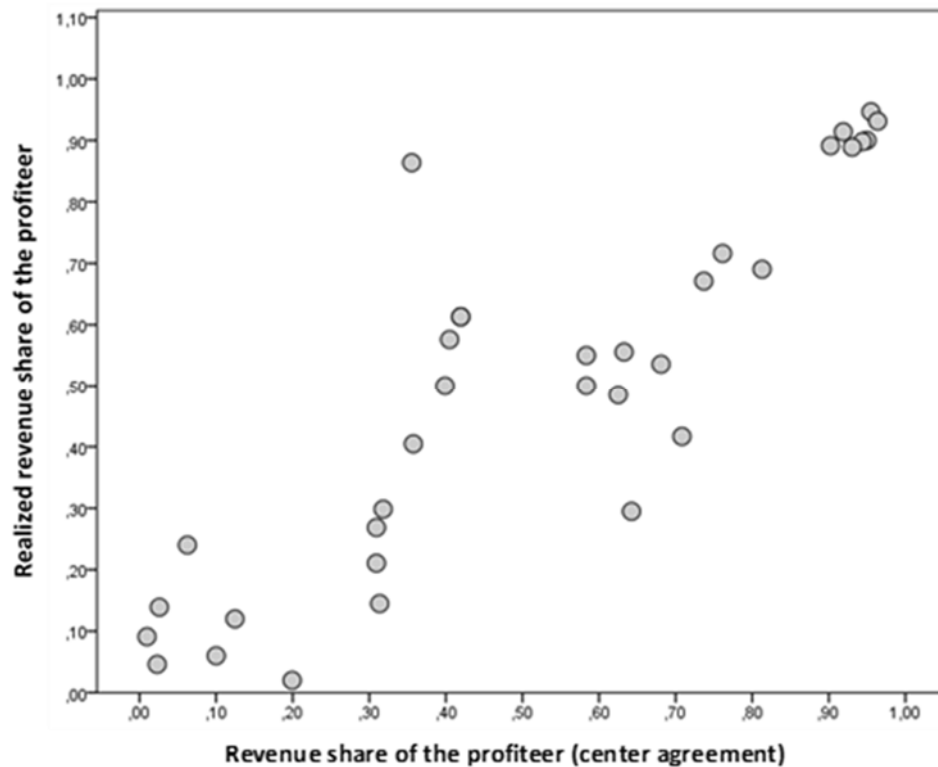


Figure 5: Realised revenue share of the profiteer subject to his centre revenue share.

Negotiation breakdowns (H3, H4, H5):

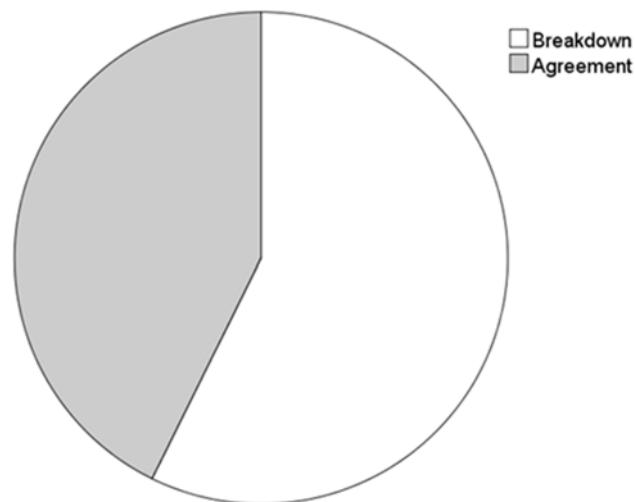


Figure 6: Realised revenue share of the profiteer subject to his centre revenue share.

Although there are fair solutions for every negotiation, according to hypothesis 3, certain negotiations terminate with a negotiation breakdown. The frequencies in figure 6 reveal that 57.3 % of the negotiations end with a breakdown. This finding strongly supports hypothesis 3. As discussed in section 2, breakdowns are used to punish the negotiation partner for unfair behaviour. Indicators of unfair behaviour

are a negative concession (a bid that leads to a lower payoff for the negotiation partner than one's own previous bid) or a bid that induces losses for the negotiation partner. Hypothesis 4 refers to the effect of the bid before the breakdown. It is proposed that a negotiation breakdown is the result of a bid that leads to no payoff for one of the negotiation partners. Figure 7 illustrates that 94.4% of the breakdowns occurs after a bid that leads to no payoff for the breakdown initiator. Therefore, hypothesis 4 is strongly supported. Another extension of unfair behaviour is a negative concession in which one side makes a worse bid for the negotiation partner compared to the previous bid. Figure 8 shows that 54.0 % of the bids before breakdown represent a negative concession or a concession of zero. However, this finding implies that a sizeable share – 46.0 % – of breakdowns follow positive concessions. This finding enables us to reject hypothesis 5.

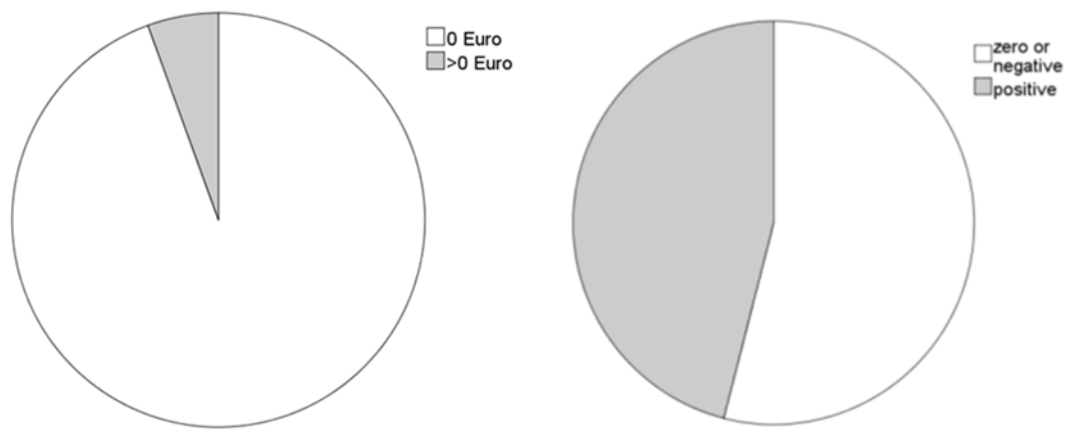


Figure 7 and 8: Percentage of payoff values (Figure 7, left) and percentage of null or negative concessions (Figure 8, right) for the last bid before breakdown.

3.3 Discussion of results of experimental study 1

The results regarding fair agreements from a game theory perspective (hypothesis 1) imply that fair solutions are not reached in supply chain negotiations with private information. These results support the game theory work of Chatterjee and Samuelson (1988) and Cramton (1992), who introduced game theoretical models with a high number of equilibria into bilateral negotiations with private information. A unique equilibrium that indicates a preferred solution for the situation could not be identified. The experimental results in this paper show that negotiation results vary and do not concentrate on one value, even if certain trends are obvious. This finding is the result of two factors. First, as described above, private payoff information impedes the collaborative determination of a fair agreement. Fair solutions that are declared by the subjects differ significantly from the fair solution from a game theory perspective even with complete information.

The main reason for the observed difference between a game theory fair solution (complete information) and the realised agreements is the assumed information privacy in the experimental situation. Even if the participants intend to reach a fair agreement under game theory, they must know the payoff function of the negotiation partner. However, this information is private. Therefore, the participants concentrate on the negotiation interval between the initial bids instead of on the payoff function (Kagel, Kim, and Moser 1996). The PSSC results indicate that the participants prefer agreements close to a 50/50 split of the negotiation interval between the initial bids. A similar result for a different context was presented by Roth and Malouf (1979), Roth, Malouf, and Murnighan (1981), and Roth and Murnighan (1982), who conducted experimental studies in another context, in which participants negotiate over a one dollar share. In one treatment, the participants negotiate over a number of chips. Each chip represents a certain amount of money. The participants only know the value of their own chips and do not know the value of each chip held by their partner. The negotiations mainly result in agreements with a 50/50 chip split. It may be observed in our experiment that negotiators intend a fair solution for public negotiations, although the private payoff for each side is the relevant result. This finding enables us to suppose that participants would be willing to accept a game theory fair agreement for public information but are unable to find such an agreement. The role of fairness in negotiations has been examined in Ochs and Roth (1989) and Harrison and McCabe (1996); the results from these studies are also consistent with the findings of Hoffman et al. (1994) and Bolton and Ockenfels (2000) that people desire to be perceived as fair. However, under private information fairness concerns of the actors are less obvious, if just the payoff is considered. That fits the results of Choi and Messinger (2016) and Qin et al. (2016). They observe weaker fairness concerns under private information in laboratory experiments with retailer-manufacturer supply chains.

The second reason for deviation from a fair solution under game theory is not dependent on the information distribution. Divergent perceptions of fairness between the participants lead to negotiation results that deviate from the fair solution (Binmore, Shaked, and Sutton 1985; Ochs and Roth 1989; Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005; see also paragraph 2). To determine their personal preferences regarding fairness, the participants must choose a fair solution for the following problem in an after-experimental questionnaire: An investor must incur a cost of 20,000 to implement a supply chain project. The profiteer of the project is able to gain additional revenue of 100,000 caused by this project. Participants may choose between nine possible agreements (0; 10,000; 20,000; 30,000; 40,000; 50,000; 60,000; 80,000; and 100,000) for transfer payments from the profiteer to the investor. The participants then mark the agreement that they perceive to be fair. The resulting dis-

tribution of the fairness indicator χ is contained in figure 9, which reveals that 87.5 % of experimental participants choose agreements that deviate from fair solutions under game theory. Furthermore, the Mann-Whitney U-test indicates a significant difference ($p=0.00$) between the questionnaire results and the agreement that is fair under game theory. These results confirm the difference between game theory fair solutions and the perceived fair solutions for supply chain projects, such as the experimental one.

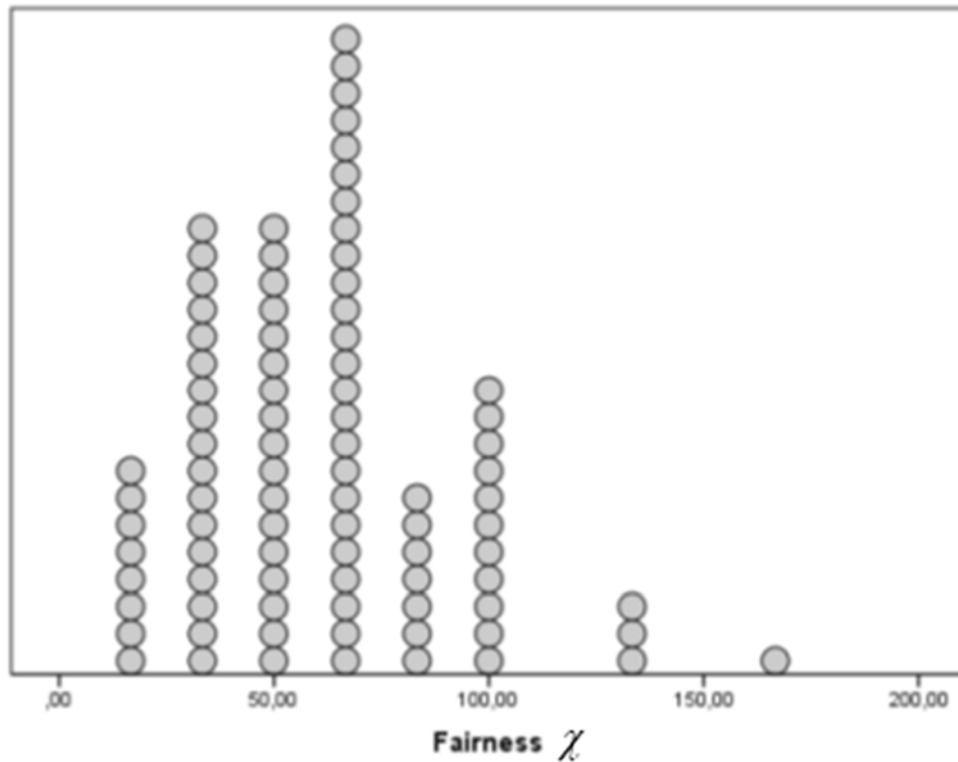


Figure 9: Frequencies of fairness for the questionnaire.

The discussion of the experimental results refers to distributive fairness and reveals that the results of negotiations with private information correlate with the fair solution. However, the fair solutions are not reached, and the correlation of centre agreements with realised negotiation results is substantially greater.

By contrast to distributive fairness, procedural fairness refers to the negotiation process. The analysis of the negotiation process is necessary for the examination of breakdowns. The results concerning negotiation breakdowns are consistent with theoretical expectations. As we hypothesised in paragraph 2, the experimental results indicate that negotiation breakdowns will occur even if there is a fair solution. Participants utilise breakdowns as punishment for unfair negotiation behaviour (Güth, Schmittberger, and Schwarze 1982; Rabin 1993; Bolton, Brandts, and Ockenfels 2005). This argumentation is supported by the results relating to the payments shortly before a breakdown. A total of 94.4 % of breakdowns occur after a

bid that would result in a zero payment for one of the negotiators. The clarity of these results increases if we consider that out of all bids in general, only 73.3 % lead to a null payoff for one of the negotiators. The results concerning concession behaviour are more ambiguous: Only 54.0 % of breakdowns follow directly after a negative or null concession. This percentage remains notably higher than the overall percentage of such concessions. Only 31.1 % of all bids represent a negative or null concession. If these two specifications of unfair behaviour are analysed together, it becomes obvious that every breakdown occurs following the unfair behaviour of the negotiation partner. Therefore, the results are consistent with theoretical expectations because breakdowns are utilised as punishment for unfair behaviour as a type of tit-for-tat (Kahneman, Knetsch, and Thaler 1986; Rabin 1993).

To conclude, the results of experimental study 1 show that fair behaviour and fair results influence the agreements realised. Furthermore, we must consider that the fairness perception of experimental participants differs from fair agreements under game theory for the described situation of a supply chain project with one profiteer and one investor. In addition, the results of this experimental study indicate that private payoff information leads to a fair solution for a public negotiation interval, e.g., a 50/50 split of the negotiation interval between the initial bids.

4 Experimental study 2: Lot-sizing between business functions

4.1 Design of experimental study 2

To generalise the results of experimental study 1, we examine the results of a second laboratory experiment regarding another typical supply chain negotiation situation: the collaborative determination of production and supply quantities (Dobhan 2012).

By contrast to experimental study 1, the negotiation object is not a side payment but joint lot-sizes, which induces different payoffs for each negotiation partner. The experiment was conducted with a platform similar to that used in experimental study 1. We applied the Joint Economic Lot-size Model of Banerjee (1986) to determine the payoff function of each participant. The payoff function is private for every participant and in every negotiation round. The kurtosis of the payoff function equals the kurtosis of the cost functions. The maximum payoff that a participant could gain for its local economic lot-size was equal for both negotiators. This condition supports the assumption of a symmetric power distribution. If there were a negotiation breakdown or a negotiation result that would originally induce a negative payoff, participants did not receive any payoff. The exclusion of learning effects and a high validity was reached by the randomisation of the cost functions and

the participant selection. The negotiation situation refers to the assumptions found in Sucky (2004) and Corbett and de Groote (2000).

The experimental activities followed the procedure of experimental study 1. The participants earned up to 15 € for the experiment. A total of 112 students at the Universities of Bamberg and Regensburg participated in this experimental study. After two test negotiations, each student finished three negotiation rounds with the described situations. The negotiation partner, the payoff function and the local economic lot-sizes varied in each negotiation round. One prematurely terminated negotiation round that was reasoned by a busy participant was eliminated. A sample of 167 negotiation rounds remained. These 167 negotiations are used below to examine the hypotheses presented in paragraph 2.3.

4.2 Results of experimental study 2

Fair agreements (H1):

In the described lot-sizing experiment, a fair agreement represents an agreement in which both parties obtain the same payoff. In this case, the joint payoff reaches the maximum. The realised agreement of each negotiation round is divided by the fair agreement for the determination of the fairness measure χ . The mean of χ is 107.73 for this experiment, and the median is 102.46. For comparability, the realised and the fair agreements are divided by the difference of the local economic lot-sizes for each negotiation round. A correlation analysis reveals a Spearman's ρ of 0.27 for the relationship between the realised and fair agreements at the 0.001 significance level. The Wilcoxon signed-rank test does not indicate a significant difference between the two samples (realised and fair agreements).

Centre agreements (H2):

Considering our profit-sharing experiment from the previous section, the negotiation results are more influenced by the centre of the relevant negotiation interval than by fair agreements determined by game theory. An agreement at the centre of the negotiation interval is represented by a PSSC value of 0.5. According to equation (2), PSSC is the difference between the negotiation result and the local economic lot-size of one side divided by the difference of both local economic lot-sizes. For experimental study 2, the result is a mean of 0.31 with a standard deviation of 0.97 and a median of 0.46. Spearman's ρ for the relation between the normalised centre agreement and the normalised realised agreement comes to 0.43 with a p-value of 0.000. The Wilcoxon signed-rank test indicates a difference between the two samples and has a significance level of 0.021.

Negotiation breakdowns (H3, H4, H5):

The results concerning the negotiation breakdowns reveal that breakdowns occur, even when an agreement with payoffs for both participants is possible. A total of 10.2 % of negotiations terminated with a breakdown, which is a notably lower share than in the profit-sharing experiment. A total of 52.9 % of the bids before a breakdown do not induce a payoff for one of the negotiation partners, and 58.8 % of these bids represent a null or negative concession. Both shares are remarkably higher than the relevant shares for all bids: only 23.0 % of all bids lead to a null payoff for one side, and only 30.6 % of all bids are null or negative concessions.

4.3 Discussion of results on both studies

The results of the lot-sizing experiment support hypothesis 1. The correlation of the fair agreement on the realised agreement is significant at a low level. The Wilcoxon signed-rank test does not show any significant difference between fair and realised agreements. In comparison with experimental study 1, the correlation is low, which results from the different payoff functions. The concave payoff functions in experimental study 2 make it more difficult to anticipate a fair solution compared to the linear function in experimental study 1.

Another obvious difference between both experiments concerns the distribution of the χ -frequencies. Because of the differentiation between profiteers and investors in study 1, both parties are treated differently. The results show that costs are valued differently from profits. This design leads to a right-sided distribution of χ -frequencies, in which the main share of agreements are between 0 and 100. In experimental study 2, both parties incur costs that are correlated with the payoff. Therefore, a nearly symmetric distribution may be observed for experimental study 2.

Furthermore, the results of both experiments show a strong correlation for the centre of the negotiation interval between the initial bids and the realised agreements. The Spearman's ρ values are even higher for the centre value than for χ . As we discussed above, the centre of the negotiation interval is a feasible agreement that is considered fair by both sides in negotiations with private information. Obviously, this value is more meaningful for the position of the agreement than for fairness (Kagel, Kim, and Moser 1996).

When we compare the results about negotiation breakdowns, we can observe that breakdowns occur in both experiments. However, the share of breakdowns is higher in experimental study 1 than in experimental study 2 because of the different levels of uncertainty and different ranges of the decisions. In the profit-sharing experiment, the profiteer knows before the initial bid that a higher transfer payment would

be preferred by the investor. The investor is even conscious of the best solution for the profiteer before the negotiation starts. The profiteer's best solution is a transfer payment of zero. By contrast to this situation, participants do not know the optimum agreement of the other side in experimental study 2. They must even worry that an initial bid that deviates from one's own local economic lot-size is a positive concession. Therefore, the difference in the negotiation interval between initial bids and the negotiation interval between the real values is smaller than in experimental study 1, which increases the probability of finding an agreement with high payoffs for both sides. The differences in the initial bids become clear in figure 10, which depicts the frequencies of the deviation of initial bids from the real values. For comparability, the deviation is divided by the real values, i.e., the profiteer's revenue and investor's cost in experimental study 1, and the local economic lot-sizes in experimental study 2. If the deviation is high, a negotiator intends to conceal his own data. If the deviation is low, the interests are revealed.

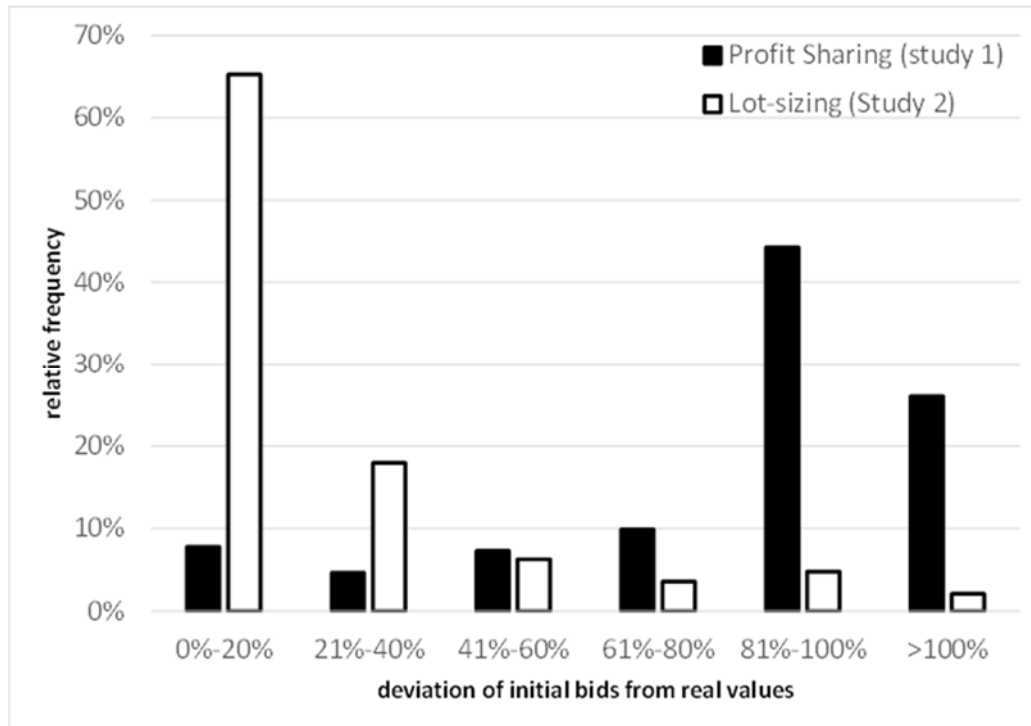


Figure 10: Relative Frequencies of the normalised initial bid's deviation for both studies.

The difference between both experimental studies (shown in figure 10) is supported by the significant results of a Mann-Whitney U-test with a large effect size of 0.694. The mean normalised deviation of initial bids is 1.08 in experimental study 1 and 0.34 in experimental study 2. Considering the importance of the initial bids for the negotiation results, the different share of breakdowns in both experimental studies is explained primarily by the different initial bids (Min, LaTour, and Jones 1995; Chertkoff and Conley 1967).

5 Conclusion

For both experiments, we observe in conclusion that the realised agreements are correlated with fair agreements, although both samples are not necessarily similar. This result might be caused by private payoff information, which is one reason for the concentration at the centre of the negotiation interval between initial bids. The results show that there are further breakdowns in both settings that are primarily used as punishment for unfair behaviour, including bids that induce a null payment for one party or bids that represent negative concessions. That shows that in inter-organisational as well as in inter-functional coordination fairness is important to create trustworthy relationships and manage supply chains successful. Further research should address the following points:

- the influence of negotiation settings on reaching a fair agreement;
- differences in negotiation settings on inter-organisational and inter-functional levels; and
- intentions of decision-makers in companies and business functions regarding fair agreements.

6 Literature

- Adams, J. S. 1965. "Inequity in Social Exchange." In *Advances in Experimental Social Psychology*, edited by Leonard Berkowitz, 267–300. New York: Academic Press.
- Ballou, R. H., S. M. Gilbert, and A. Mukherjee. 2000. "New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities." *Industrial Marketing Management* 29 (1): 7–18.
- Banerjee, A. 1986. "A Joint Economic-Lot-Size Model for Purchaser and Vendor." *Decision Science* 17 (3): 292–311.
- Becker-Peth, M., and U. W. Thonemann. 2016. "Reference points in revenue sharing contracts—How to design optimal supply chain contracts." *European Journal of Operational Research* 249 (3): 1033–1049.
- Bensaid, B., and R. J. Gary-Bobo. 1991. "Negotiation of profit-sharing contracts in industry." *European Economic Review* 35 (5): 1069–1085.
- Binmore, K., A. Shaked, and J. Sutton. 1985. "Testing Noncooperative Bargaining Theory: A Preliminary Study." *The American Economic Review* 75 (5): 1178–1180.

- Bolton, G. E. 1991. "A Comparative Model of Bargaining: Theory and Evidence." *The American Economic Review* 81 (5): 196–1136.
- Bolton, G. E., J. Brandts, and A. Ockenfels. 2005. "Fair Procedures: evidence from Games Involving Lotteries." *The Economic Journal* 155 (506): 1054–1076.
- Bolton, G. E., and E. Katok. 2008. "Learning by Doing in the Newsvendor Problem: A Laboratory Investigation of the Role of Experience and Feedback." *Manufacturing and Service Operations Management* 10 (3): 519–538.
- Bolton, G. E., and A. Ockenfels. 2000. "A Theory of Equity, Reciprocity, and Competition." *The American Economic Review* 90 (1): 166–193.
- Bolton, L. E., and J. W. Alba. 2006. "Price fairness: good and service differences and the role of vendor costs." *Journal of Consumer Research* 33 (2): 258–265.
- Bryman, A., and E. Bell. 2003. *Business research methods*. Oxford: Oxford University Press.
- Chatterjee, K., and L. Samuelson. 1988. "Bargaining under two-sided incomplete information: the unrestricted offers case." *Operations Research* 36 (4): 606–619.
- Chertkoff, J. M., and M. Conley. 1967. "Opening Offer and Frequency of Concession as Bargaining Strategies." *Journal of Personality and Social Psychology* 7 (2): 181–185.
- Choi, S., and P. R. Messinger. 2016. "The role of fairness in competitive supply chain relationships: An experimental study." *European Journal of Operational Research* 251 (3): 798–813.
- Corbett, C. J., and X. de Groote. 2000. "A Supplier's Optimal Quantity Discount Policy Under Asymmetric Information." *Management Science* 46 (3): 444–450.
- Cramton, P. C. 1992. "Strategic Delay in Bargaining with Two-Sided Uncertainty." *The Review of Economic Studies* 59 (1): 205–225.
- Crawford, V. P. 1979. "A Procedure for Generating Pareto-Efficient Egalitarian-Equivalent Allocations." *Econometrica* 47 (1), 49–60.
- Cui, T. H., J. S. Raju, and Z. J. Zhang. 2007. "Fairness and channel coordination." *Management Science* 3 (8): 1303–1314.
- Davis, D. D., and C. A. Holt. 1993. *Experimental Economics*. Princeton, NY: Princeton University Press.
- Deutsch, M. 1985. *Distributive Justice: A Social Psychological Perspective*. New Haven: Yale University.

- Dobhan, A. 2012. *Internal Supply Chain Management*. Bamberg: University of Bamberg Press.
- Dubinsky, A. J., M. Kotabe, and C. U. Lim. 1993. "Effects of organizational fairness on Japanese sales personnel." *Journal of International Marketing* 1 (4): 5–24.
- Dwyer, F. R., P. H. Schurr, and S. Oh. 1987. "Developing buyer-supplier relationships." *Journal of Marketing* 51 (2): 11–27.
- Eckel, C. C., and P. J. Grossman. 1996. "Altruism in Anonymous Dictator Games." *Games and Economic Behaviour* 16: 181–191.
- Ertogral, K., and S. D. Wu. 2000. "Auction-theoretic coordination of production planning in the supply chain." *IIE Transactions* 32 (10): 931–940.
- Feess, E., G. Muehlheusser, and M. Walzl. 2008. "Unfair contests." *Journal of Economics* 93 (3): 267–291.
- Fehr, E., and K. M. Schmidt. 1999. "A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation." *The Quarterly Journal of Economics* 114 (3): 817–868.
- FitzRoy, F. R., and K. Kraft. 1987. "Cooperation, Productivity, and Profit Sharing." *The Quarterly Journal of Economics* 102 (1): 23–35.
- Forsythe, R., J. L. Horowitz, N. E. Savin, and M. Sefton. 1994. "Fairness in Simple Bargaining Experiments." *Games and Economic Behaviour* 6: 347–369.
- Frazier, G. L., R. E. Spekman, and C. R. O'Neal. 1988. "Just-in-time exchange relationships in industrial markets." *Journal of Marketing* 52: 52–67.
- Friedman, D., and A. Cassar. 2004. "Finish what you started: project management." In *Economics Lab* edited by Daniel Friedman, Alessandra Cassar, and Reinhard Selten, 75–81. London: Taylor and Francis.
- Friedman, D., and S. Sunder. 1994. *Experimental Methods: A Primer for Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Griffith, D. A., M. G. Harvey, and R. F. Lusch. 2006. "Social Exchange in supply chain relationships: The resulting benefits of procedural and distributive justice." *Journal of Operations Management* 24 (2): 85–98.
- Güth, W., R. Schmittberger, and B. Schwarze. 1982. "An experimental analysis of ultimatum bargaining." *Journal of Economic Behaviour and Organization* 3 (4): 367–388.
- Harrison, G. W., and K. A. McCabe. 1996. "Expectations and Fairness in a Simple Bargaining Experiment." *International Journal of Game Theory* 25: 303–327.

- Hartwig, R., K. Inderfurth, A. Sadrieh, and G. Voigt. 2015. "Strategic inventory and supply chain behaviour." *Production and Operations Management* 24 (8): 1329–1345.
- Ho, T. H., X. Su, and Y. Wu. 2014. "Distributional and Peer-Induced Fairness in Supply Chain Contract Design." *Production and Operations Management* 23 (2): 161–175.
- Hoffman, E., K. McCabe, K. Shachat, and V. Smith. 1994. "Preferences, Property Rights, and Anonymity in Bargaining Games." *Games and Economic Behaviour* 7: 346–380.
- Hyndman, K., S. Kraiselburd, and N. Watson. 2013. "Aligning Capacity Decisions in Supply Chains When Demand Forecasts Are Private Information: Theory and Experiment." *Manufacturing and Service Operations Management* 15 (1): 102–117.
- Jap, S. D. 2001. "Pie Sharing in Complex Collaboration Contexts." *Journal of Marketing Research* 38 (1): 86–99.
- Kabanoff, B. 1991. "Equity, Equality, Power, and Conflict." *The Academy of Management Review* 16 (2): 416–441.
- Kagel, J. H., C. Kim, and D. Moser. 1996. "Fairness in Ultimatum Games with Asymmetric Information and Asymmetric Payoffs." *Games and Economic Behaviour* 13: 100–110.
- Kahn, L. M., and J. K. Murnighan. 1993. "A General Experiment on Bargaining in Demand Games with Outside Options." *The American Economic Review* 83 (5): 1260–1280.
- Kahneman D., J. L. Knetsch, and R. H. Thaler. 1986. "Fairness and the Assumptions of Economics." *The Journal of Business* 59 (4): 285–300.
- Katok, E., and V. Pavlov. 2013. "Fairness in supply chain contracts: A laboratory study." *Journal of Operations Management* 31: 129–137.
- Konovsky, M. A. 2000. "Understanding procedural justice and its impact on business organizations." *Journal of Management* 26 (3): 489–511.
- Korsgaard, M., D. M. Schweiger, and H. J. Sapienza. 1995. "Building Commitment, Attachment, and Trust in Strategic Decision-Making Teams: The Role of Procedural Justice." *The Academy of Management Journal* 38 (1): 60–84.
- Kumar, N., L. K. Scheer, and J.-B. E. M. Steenkamp. 1995. "The effects of supplier fairness on vulnerable resellers." *Journal of Marketing Research* 32 (1): 54–65.

- LaLonde, R. J. 1986. "Evaluating the Econometric Evaluations of Training Programs with Experimental Data." *The American Economic Review* 76 (4): 604–620.
- McGrath, J. E. 1984. *Groups: Interaction and Performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Mentzer, J. T., W. DeWitt, J. S. Keebler, S. Min, N. W. Nix, C. D. Smith, and Z. G. Zacharia. 2001. "Defining Supply Chain Management." *Journal of Business Logistics* 22 (2): 1–25.
- Min, H., M. S. LaTour, and M. A. Jones. 1995. "Negotiation Outcomes: The Impact of the Initial Offer, Time, Gender, and Team Size." *Journal of Supply Chain Management* 31 (4): 19–24.
- Montgomery, D. C. 2009. *Design and analysis of experiments*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Ltd.
- Nie, T., and S. Du. 2017. "Dual-fairness supply chain with quantity discount contracts." *European Journal of Operational Research* 258 (2): 491–500.
- Ochs, J., and A. E. Roth. 1989. "An Experimental Study of Sequential Bargaining." *The American Economic Review* 78 (3): 355–384.
- Plott, C. R. 1982. "Industrial Organization Theory and Experimental Economics." *Journal of Economic Literature* 20 (4): 1485–1527.
- Praxmarer-Carus, S., E. Sucky, and S. M. Durst. 2013. "The relationship between the perceived shares of costs and earnings in supplier development programs and supplier satisfaction." *Industrial Marketing Management* 42 (2): 202–210.
- Qin, F., F. Mai, M. J. Fry, and A. S. Raturi. 2016. "Supply-chain performance anomalies: Fairness concerns under private cost information." *European Journal of Operational Research* 252 (1): 170–182.
- Rabin, M. 1993. "Incorporating Fairness into Game Theory and Economics." *The American Economic Review* 83 (5): 1281–1302.
- Roth, A. E., and M. W. K. Malouf. 1979. "Game-Theoretic Models and the Role of Information in Bargaining." *Psychological Review* 86 (6): 574–594.
- Roth, A. E., M. W. K. Malouf, and K. J. Murnighan 1981. "Sociological Versus Strategic Factors in Bargaining." *Journal of Economic Behaviour and Organization* 2 (2): 153–177.
- Roth, A. E., and K. J. Murnighan. 1982. "The Role of Information in Bargaining: An Experimental Study." *Econometrica* 50 (5): 1123–1142.

- Schmeidler, D. 1969. "The Nucleolus of a Characteristic Function Game." *SIAM Journal of Applied Mathematics* 17 (6): 1163–1170.
- Schweitzer, M. E., and G. P. Cachon. 2000. "Decision Bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution: Experimental Evidence." *Management Science* 46 (3): 303–420.
- Shapley, L. S. 1953. "A Value for n-Person Games." In *Contributions to the Theory of Games*, edited by Harold W. Kuhn and Albert W. Tucker, 1–28. Princeton, NY: Princeton University Press.
- Siegel, S., and L. E. Fouraker. 1960. *Bargaining and Group Decision Making: Experiments in Bilateral Monopoly*. New York: Niedernberg.
- Smith, V. L. 1976. "Experimental Economics." *The American Economic Review* 66 (2): 274–279.
- Sucky, E. 2004. "Coordinated order and production policies in supply chains." *OR Spectrum* 26 (4): 493–520.
- Wagner, S. M., L. S. Coley, and E. Lindemann. 2011. "Effects of Suppliers' Reputation on the Future of Buyer-Supplier Relationships: The Mediating Roles of Outcome Fairness and Trust." *Journal of Supply Chain Management* 47 (2): 29–48.
- Walster, E. H., E. Hatfield, G. W. Walster, and E. Berscheid. 1978. *Equity: Theory and Research*. Boston: Allyn and Bacon.
- Weg, E., and R. Zwick. 1994. "Toward the settlement of the fairness issues in ultimatum games." *Journal of Economic Behaviour and Organization* 24: 19–34.
- Wu, Y., C. H. Loch, and L. Van der Heyden. 2008. "A Model of Fair Process and Its Limits." *Manufacturing and Service Operations Management* 10 (4), 637–653.
- Zelewski, S., and M. L. Peters. 2010. "Fair Distribution of Efficiency Gains in Supply Networks from a Cooperative Game Theory Point of View." *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management* 3 (2), 1–24.

Bridging two worlds: How Cyber-Physical Systems advance Supply Chain Management

Christoph Klötzer

DMT GmbH & Co. KG, Am TÜV 1, 45307 Essen,
christoph.kloetzer@dmt-group.com

1	Introduction.....	87
2	Research Approach	89
3	Defining Cyber-Physical Systems	91
4	Contributions to enhanced Supply Chain Management	93
5	Directions for future research	98
6	Conclusion	101
7	References.....	103
8	Appendix.....	110

Abstract:

The implementation of Cyber-Physical Systems (CPS) promises a broad variety of potential benefits within Supply Chain Management (SCM). The CPS concept has moreover already reached practical application inside supply chains and other operational processes and economic practice therefore seems to be still ahead of the more theory-oriented scientific community. Nevertheless, a certain ambiguity surrounding this terminology remains. This paper delivers a comprehensive, interdisciplinary, concept-centric literature review on CPS-related research resulting in a scientifically elaborated, generic definition for CPS. It furthermore clarifies the practical relevance of CPS by conducting focus group workshops and thereby linking technologies, applications, as well as objectives of an enhanced SCM to each another. It finally presents an outline of potential directions for future research.

JEL Classification: M15 (IT Management), O32 (Management of Technological Innovation and R&D), O33 (Technological Change: Choices and Consequences)

Keywords: Cyber-Physical Systems (CPS), Information and Communication Technologies (ICT), literature review, focus group workshops, research agenda

1 Introduction

Information and communication technology (ICT) is an important enabler for modern Supply Chain Management (SCM). In this respect, the reflection of scientific literature on hand identifies two different prevailing research streams. The first one tackles the integration of IT-systems of supply chain actors, using electronic data interchange (EDI) (Tan et al. 2010) and the Internet (Porter 2001). The prior focus of the second one is the integration of the real and the virtual world, based on Radio Frequency Identification (Sarac et al. 2010; Strassner and Fleisch 2005), Wireless Sensor Networks (Haan et al. 2013; Ota and Wright 2006) and other functional-equivalent “Auto-ID” technologies (Hafliðason et al. 2012; Raab et al. 2011). A combination of these two worlds is still almost completely missing in today’s scientific SCM literature. Other disciplines, however, have already started a discussion on the emerging technological concept of Cyber-Physical Systems (CPS), thereby addressing both integration approaches simultaneously. The in-principle character of this innovation, the potential benefits for companies and supply chains (being recognized and also more and more utilized by economic practice), as well as the accompanying implementation challenges justify if not require a comprehensive discussion from the scientific SCM community. It is, once again, of foremost importance in this regard, that such discussions go beyond the previous isolated consideration of only one of the two abovementioned streams.

According to EDWARD A LEE, a CPS uses “computations and communication deeply embedded in and interacting with physical processes to add new capabilities to physical systems.” (Lee 2009, p. 71). Such systems do integrate sensors and actuators into physical devices, connect them with cyber components and hence are capable of independent decision-making and of adapting intelligently to changing conditions (Sahingoz 2013; Verl et al. 2012). In a SCM context, the implementation of CPS allows the transfer of decision-making to “smart” products, containers, machines and infrastructures (Porter and Heppelmann 2014, Sanchez Lopez et al. 2011) and has to an increasing extent meanwhile reached economic practice (which therefore seems to be still ahead of the more theory-oriented scientific community). So called “smart boxes” or entire “intelligent containers”, equipped with embedded and networked microelectronics, are for instance able to monitor transportation processes, detect critical situations, create events and initiate exception processes (Lang et al. 2011). “Intelligent bins” for electronic Kanban again, can use small, embedded cameras to determine their filling level of c-parts or assembly components (Prasse et al. 2014). If that level falls below a given limit, the container connects wirelessly to the environment and sends a replenishment order to the manufacturer autonomously. In both cases, the CPS and the corresponding application delivers certain benefits to the company.

In order to understand the nature of these benefits, a further look at the main challenges for today's supply chain managers becomes necessary. After decades of relative stability, the cost-cutting and problem-solving potential of the lean philosophy reaches its limits within many supply chains (Christopher and Holweg 2011). Supply chains now furthermore have to cope with increasingly dynamic customer demands and a broad variety of external disturbances within a rapidly changing economic environment. Increased flexibility and agility is needed and processes have to be accelerated and made transparent or visible (Caridi et al. 2014) in order to enhance supply chain responsiveness (Christopher 2011). This is exactly where CPS display their strength by contributing to an overall enhanced SCM. Proceeding from the examples outlined above and their expected benefits with respect to the transparency of transport processes or c-parts consumption, the acceleration of exception processes in case of problem detection, or the smoother adaption to consumption dynamics, it can be assumed that comparable patterns emerge when other objects are turned into and used as CPS within a supply chain. Following this line of thinking, enhanced SCM has to be understood as a new form of itself, where objectives with regard to cost reduction, additional customer value, process velocity and visibility, as well as responsiveness are achieved to a higher extent, not least through the utilization of modern information and communication technologies (ICT).

The purpose of the underlying research project is the triggering of a more comprehensive scientific discussion on the innovation power and the benefits of CPS within SCM. Therefore, the prevailing ambiguity surrounding CPS has to be resolved by generating a generally applicable and consistent definition of the terminology "Cyber-Physical Systems", by analyzing contemplable fields of application and potential thereof resulting benefits, as well as by outlining directions for future research. For these purposes, a concept-centric literature review was conducted to elaborate a suitable generic CPS definition. In a second step, industrial companies were confronted with this definition during focus group workshops in order to identify potential CPS applications, to describe the corresponding problem solutions on a first level of detail, to identify benefits for enhanced SCM and to develop an outline for future research.

Against this background, four research questions (RQs) were raised:

- RQ1: Which attributes are most suitable for defining CPS on an abstract level?
- RQ2: Which fields of CPS application are of particular relevance for supply chain processes and what kind of benefits can be derived out of them?
- RQ3: How do resulting problem solutions contribute to enhanced SCM?
- RQ4: What are relevant research questions concerning the future implementation of CPS in industrial supply chains?

This paper is divided into six sections. After introducing the topic, the second section defines the methodological approach of the underlying literature review and focus group workshops. Section 3 provides a scientifically elaborated definition for the term CPS, while the subsequent fourth section identifies relevant fields of CPS application and furthermore shows how consequential resulting problem solutions contribute to enhanced SCM. Outlines for future research on CPS within SCM, in the sense of a prospective research agenda, are provided within the fifth section, before the paper finally concludes with a brief summary and an evaluation of essential findings.

2 Research Approach

In order to gain an overview over the state of CPS research and to collect relevant literature for enabling a consistent wording, a concept-centric literature review following WEBSTER AND WATSON's approach was conducted. This procedure is not only valid for mature topics, where a broader variety of literature exists, but also for tackling "an emerging issue that would benefit from exposure to potential theoretical foundations" (Webster and Watson 2002, p. xiv). The investigation of relevant literature involved a time period from 2009 to 2013, starting with EDWARD A LEE's efforts and endeavors concerning Embedded Systems in general and CPS in particular (Lee 2008; Lee 2009). Within the observed period, publication quantity significantly increased each year – a development that appears to continue subsequently. In order to meet the requirement of providing a consistent scientific perspective on the field, practical papers as well as textbooks, news reports, master/bachelor theses and doctoral dissertations have been excluded. This exclusion follows the assumption, that articles in scientific journals are the most suitable and reliable source of information and new findings (Ngai et al. 2008). Furthermore, unpublished working papers, editorials and comments have been eliminated as well.

Relevant literature is dispersed over a wide range of journals. Therefore, a pre-selection of and initial restriction on a certain spectrum of journals was unrewarding due to the high potential of excluding relevant papers. With that in mind, the widest possible range of publications was investigated by using EBSCO Business Source Complete, Emerald Insight, Journal STORage, Science Direct and Springer Link as electronic databases. The literature search was based on the term "cyber physical systems", bearing in mind Title, Abstract and Keywords (Subject Terms). Subsequently, duplications and non-English speaking publications have been removed. In a second step, the abstract of each paper was examined in order to eliminate such papers not directly related to the scope of research. Furthermore, the complete text of each article was reviewed excluding further irrelevances. This step was necessary to avoid uncertainty about the relevance of borderline publications. Nevertheless, if

any uncertainty remained after the sampling process, the paper in question stayed included. Finally, 92 papers have been identified. Within the investigation of the initial literature sample, sharper focus was placed on in total 38 papers carrying out a specific definition of what CPS actually are. In order to gain insights into the several specific components of the different CPS definitions, a matrix analysis following SALIPANTE ET AL.'s approach – in the adaption of WEBSTER AND WATSON – was conducted (Salipante et al. 1982; Webster and Watson 2002). This procedure results in the compilation of a concept matrix, consisting of two different dimensions. The first dimension identifies the relevant papers containing findings and the second one displays the findings themselves. In this particular case, the main objective of that procedure was the identification of core attributes for CPS and the subsequent aggregation towards a generic CPS definition from the given sample of studies. This practice follows the idea of developing a logical approach for identifying and grouping the key concepts to be uncovered (Salipante et al. 1982; Webster and Watson 2002). In order to avoid biases concerning the compilation of the concept matrix, a team of always at least two independently operating researchers discussed the results. If there were any inconsistencies coming up, the certain aspect had to be set under further review until a consensus was achieved (Ngai et al. 2008).

In a further step, the generic definition was used as input for a series of workshop-based focus groups (Hevner and Chatterjee 2010; Stewart and Shamdasani 2015), taking place during the second half of 2014. These focus groups had the task of identifying and describing potential fields of CPS application and benefits to be expected within SCM. For each single group, employees of one company from a specific segment of the German metal and electrical industry were brought together in a one-day workshop. The number of participants per workshop varied between seven and ten. Within each workshop, participating employees represented the whole life cycle of the respective company's main product and had backgrounds in product design, production management, logistics, SCM, as well as service operations. This selection procedure constitutes a multiple-informant approach by integrating the perspective of different actors and by thereby providing a more complete picture of the particular focus groups (Kaufmann and Saw 2014), which in turn significantly increases reliability and validity of the results (Wagner et al. 2010).

Each workshop began with a short, target-oriented presentation on relevant aspects concerning CPS in order to create a common vision and to enable discussion. In a second step, the generic definition was presented, discussed and used as a mental framework for the creative identification of potential CPS applications within the company and the corresponding supply chain using the 6-3-5 brainwriting method (Holt 1996). Application ideas were clustered during the discussion using "Meta-plan"-techniques (Habershon 1993). After a short wrap-up, the participants had the

opportunity to prioritize the different clusters individually with special emphasis on the relevance of the application for their company. In this respect, technical feasibility and expected benefits were used as prioritization criteria. The workshop participants were asked to mentally assess the different applications in relation to each other and to indicate the most important ones. The individual assessments were subsequently consolidated by accumulating the individual indications and an overall ranking was deducted. A previously prepared template was used in a next step to describe specific problem solutions derived from the fields of application with the highest score on an increased level of detail. The template included the name of the application, a clear description of the problem addressed, a list of benefits to be expected and a description of the solution from a more technical perspective. In a last post-processing step, generated results were aggregated and merged together with regard to the scope of investigation. During this step, based on central learnings derived from the discussions with the workshop participants, a set of questions for future research, predominantly relevant from a practice-oriented perspective, was furthermore identified.

3 Defining Cyber-Physical Systems

During the analysis of relevant literature, primarily functional aspects have been taken into consideration. During the research process, characteristic attributes found within the definitions provided by the scientific literature were collected and subsequently assigned to seven different functional clusters. In a third step, a general description of these functions was deducted from the various definitions on hand. *Table 1* shows the results of this approach, with the first column naming the seven functions of CPS and the second one providing a description of their characteristics.

In order to elaborate the relative importance of the different functions, a modified matrix analysis has been conducted (*Appendix 1*). It describes in detail which functions are indicated how often within the 38 CPS definitions obtained from scientific literature. There is a large consensus in the observed literature, that *automation and decentralized control* is the central functional capability of a CPS. Furthermore, *information and data processing* as well as *integration* and *networking functions* can be regarded as indispensable and essential conditions in this context, regardless whether they are referred to in a formal definition or not. Thus, a first set of core functions for a CPS has been identified. Apart from that, a closer look at the scientific publications emphasizing automation and control shows, that a high quantity of these articles also addresses *sensors* as an important functional capability. Therefore, sensing capabilities extend the first set of core functions. As far as *actuators* are concerned, the literature on hand differentiates between machine-centric (tool machines, robots, etc.) and process-centric (production, assembly, logistics, etc.)

applications. In the first case, actuators are mandatory, in the second they are not absolutely necessary. Therefore, the integration of actuators can be regarded as a rather optional element of CPS. Finally, *adaptability* receives a somewhat limited attention within the observed literature, but related articles can be found in ascending quantity towards the end of the observation period. With that in mind, it appears to be an emerging issue and should be regarded at least as an optional element.

Function	Description of characteristic attributes
Integration	CPS integrate components of the physical and the virtual world, both inside a company as well as in cross-company contexts. Basal at this juncture is the precise and automated identification of physical objects.
Sensors	CPS are capable of an enclosing monitoring of the physical reality by the use of sensors, e.g. for temperature, pressure, location, etc.
Data processing	CPS own the technical preconditions of processing data. In so doing, Microcontrollers and Microprocessors are essential elements of such systems.
Automation and control	CPS partially operate based on their own intelligence and are therefore capable of autonomous decision making beyond central instances or decision rules and of controlling processes and objects in the physical world.
Networks	CPS own the technical capabilities in order to communicate and coordinate themselves with other CPS, as well as with existing information systems and with human users and decision makers.
Actuators	CPS control physical entities via actuators as needed and do thereby affect processes in an active and physical manner. This capability is of particular importance within the context of robotics applications.
Adaptability	CPS are, dependent on the respective context, capable of responding intelligently to dynamic changes and of improving their abilities based on own experience and knowledge.

Table 1: Functions and characteristic attributes of CPS

Besides the elaborated core functions, several additional characteristics emerged during the literature analysis. Essential for almost every definition examined is the decentralized management and control of relevant processes through the *integration of microelectronic devices* into physical objects. At this point, the core functions mentioned above can be implemented as *combinations of hardware and software*. The fact, that software is becoming more and more important in relation to hardware, as it ensures a direct customer interface and access, and that the term software can be used synonymously with the term adaptability can be interpreted as a clear indication of the future importance of the hitherto potentially underestimated function adaptability. Apart from that, in connection with the use of actuators in machine-centric applications, the importance of *real-time capabilities* and *deterministic behavior* of CPS emerges as well. Furthermore, the term *Big Data* gained central relevance over the course of time (Akter and Fosso Wamba 2016). In a series of sensor-related CPS applications, large amounts of heterogeneous data are generated. Those datasets have to be evaluated and analyzed rapidly in order to generate value for the operator or user.

Pulling together the different functional aspects and additional characteristics of CPS, a generally applicable definition can be composed as follows: “Cyber-Physical Systems (CPS) are networked embedded systems integrated into physical objects that have the capability to process information and data and to interact with the environment. They monitor, automate and control processes of the physical world via sensors, microprocessors and, if needed, actuators. CPS integrate the obtained data into the virtual world of information and distinguish themselves by a deterministic behavior, a high level of adaptability and by mastering complex data structures.”

4 Contributions to enhanced Supply Chain Management

During the focus-group workshops, industry experts were confronted with the elaborated CPS definition and asked to identify and describe potential fields of CPS application within their company’s supply chain processes along the entire product life cycle as well as benefits to be expected thereof. The resulting findings are summarized in *Table 2*: The first column indicates the respective company at which the workshop was conducted, while the second one describes the associated supply chain context (industry, value creation stage, central product). Finally, the third column lists the potential fields of CPS application identified within the workshops as well as the related CPS itself. It also indicates the specific implementation priority (1: highest priority; 5: lowest priority) assigned by the workshop participants to the respective field of application.

	SC-context	Potential fields of application (CPS, priority)
Company 1	Energy sector, 2 nd tier supplier, tap-changers for transformers	Energy efficient machinery (machines, 1); production logistics (tugger trains, 1); tracking of transport containers (containers, 1); monitoring of tool wear (tools, 2); customer order tracking (work stations, 2); predictive maintenance (machines, 2)
Company 2	Brown and white goods, OEM, TV sets	customer order tracking (workpiece carriers, 1); assembly processes (work stations, 2); energy efficient machinery (machines, 3); smart networked products (products, 3); predictive maintenance (machines, 3); tracking of transport containers (reusable transport items, sea containers, 4)
Company 3	Mechanical engineering, OEM, injection molding machines	Predictive maintenance (machines, 1); production logistics (fork lifts, 2); tool management (tools, 3); smart networked products (products, 3); networked work stations (machines, assembly stations 3); tracking of transport containers (reusable transportation items, 3)
Company 4	Automotive industry, 2 nd tier supplier, cam chains	Energy efficient machinery (machines, 1); networked work stations (machines, assembly stations, manufacturing robots, 2); tracking of transport containers (reusable transport items, 2); tool management (machine tools, 3); predictive maintenance (machines, 4); infrastructure management (fixed assets, buildings, 5)
Company 5	Automotive industry, 1 st tier supplier, gear boxes	networked machines (machines, 1); quality monitoring (machines, work stations, 2); predictive maintenance (machines, 2); customer order tracking (machines, work stations, 3); production logistics (transport trolleys, 4); smart networked products (gearboxes, 5); energy efficient machinery (machines, 5)
Company 6	Mechanical engineering, 1 st tier supplier, casings	Predictive maintenance (machines, 1); energy efficient machinery (machines, 2); tracking of transport containers (reusable transport items, 3); customer order tracking (machines, work stations, 4); tool management (machine tools, 4)

Table 2: Workshop results with respect to fields of CPS application

In general, the identified fields of application are quite similar within the different supply chain contexts. Nevertheless, priorities assigned to the respective fields dif-

fer from each other. With regard to the prioritization criteria technical feasibility, participants assessed the innovation degree of the applications differently, as they had made different experiences with specific technologies and comparable applications and as the acceptance by employees was rated differently. As far as the expected benefits are concerned, assessment of the effects of an application on customer satisfaction, production costs, product quality and supply chain flexibility diverged as well. The willingness to implement a specific CPS application within a company therefore depends on several factors and framework conditions. There are furthermore certain barriers to overcome and “drivers” pushing the adoption process within a company can be observed. A second important finding is, that from a bird’s eye view, two different types of applications can be identified. The first one focuses on the optimization of the upstream process from the production of a supply part to the delivery of the final product to the end customer, leading to cost reduction and a more efficient supply chain. The second one concentrates on the product operation process at the point of use and on the potential feedback effects on design processes for supply parts and finished products, aiming at a higher turnover for a company. As a third finding, it can be stated that every field of application has to support the overall product life cycle in one way or another in order to find acceptance within a company.

In order to clarify and underline the contribution of CPS applications to enhanced SCM, *Table 3* covers the thereof resulting benefits to be expected and connects them with the strategic objectives of enhanced SCM. The latter are described in the following as well and can in broad parts be deducted from MARTIN CHRISTOPHER’S interpretation of SCM (Christopher 2011).

The objective *cost reduction* refers equally to process costs for economic processes, such as customer order processing or customer relationship and product lifecycle management, as well as to direct and indirect material costs. *Visibility* in turn includes transparency of physical flows (Francis 2008) on different object levels (Lumsden and Mirzabeiki 2008), as well as information sharing between companies (Schoenthaler 2003). The term *velocity* describes the time-period that is needed to fulfill the customer’s order. It can be increased by speeding up or by deleting activities within the SCM process (Christopher 2011). *Responsiveness* is defined as the capability of a supply chain to adapt to external disturbances or changes of customer demand (Christopher and Towill 2001). Finally, *value added* addresses additional customer value through new CPS-based services, which can be offered to the customer due to enriched capabilities of an enhanced physical product. Such services have the potential to increase the revenue of a company significantly as they affect value proposition, market segments, customer relationships, distribution channels, revenue streams, key activities, resources and partners, as well as cost structures.

Briefly summarized, they have the power to change the business model of an enterprise and to reinvent competition (Porter and Heppelmann 2014).

Expected benefits from CPS applications	SCM objectives
Reduced energy (machines) and infrastructure (buildings) costs; optimized logistics processes (production logistics, transportation, inventory management); optimized assembly and maintenance (containers, machines, tools) processes; efficient machine operations; reduced investments in production resources; reduced controlling costs (automated generation of KPIs); enhanced quality monitoring; reduced quality management costs	Cost reduction along the supply chain
Higher product quality; enhanced traceability (products, supply and assembly parts); enhanced product life cycle management; higher product integrity (real-time data on customer behavior)	Value added for the customer
Higher resource availability; faster production cycles; reduced frictional losses (search for parts, products, resources); reduced delay-times (machinery downtimes); faster product development cycles (real-time data on customer behavior)	Increased supply chain velocity
Increased process visibility (logistics, production, assembling, product usage); increased stock transparency; increased information quality (scrap rate, process parameters); increased transparency of customer demand	Enhanced supply chain visibility
Increased process flexibility (paperless operations); enhanced planning processes (real-time, higher granularity); reduced batch sizes; improved process integration and coordination (logistics, production,); simplified set-up and configuration processes	Enhanced supply chain responsiveness

Table 3: Relation between expected benefits and SCM objectives

The previous course of observation demonstrates, that the implementation of CPS within supply chain processes along the lifecycle of a company's products in its entirety contributes significantly to enhanced SCM, as it is defined beforehand. In addition to that, 14 specific problem solutions resulting from the post-processing and aggregation of the workshops conducted can be identified. Some of them have to be – wholly or in part – regarded as future scenarios at the present time, while others have already found practical application. *Table 4* gives a complete lineup of these problem solutions and furthermore visualizes their respective contribution to enhanced SCM: The first column simply contains a counting number. The second

one indicates the focus of the application (machine-, process-, human-, product-centric), while the third one introduces the actual problem solution. The following five columns then show in detail which SCM objectives are supported by the benefits resulting from CPS applications within this context.

#	F	Problem solution	Benefits concerning				
			Cost reduction	Value added	Velocity	Visibility	Responsiveness
1	M	Enhancement of machinery uptime	x		(x)	(x)	
2	P	Process-coordination across machineries	x		x	x	x
3	M	Reduction of machinery and equipment power consumption	x				
4	M	Efficiency enhancement within tool management	x			x	
5	H	Simplification of informational processes at machines	x				
6	H	Enhancement of flexibility and efficiency within assembly processes	x		x	x	
7	H	Dissolving of information asymmetries within manual fine planning	x		x	x	
8	P	Resilient data base for planning and control	x			x	
9	P	Traceability and localization of internal transportation containers	x		x	x	
10	P	Enhancement of efficiency within internal transportation	x		x	x	
11	PR	Continuous quality control along production processes	x	x		x	x
12	P	Enhancement of efficiency within c-parts supply	x			x	x
13	P	Thorough transparency within inter-locational transportation	(x)	(x)		x	x
14	PR	Enhancement of product and service integrity	(x)	x	x	x	x

F: focus; M: machine-centric; P: process-centric; H: human-centric; PR: product-centric

x: positive effect; (x): potential or contingent effect; empty column: no or negligible effect

Table 4: CPS-based problem solutions and their contribution to enhanced SCM

Every problem solution contributes to one or more of the benefits identified in the course of this paper. As far as cost reduction is concerned, all of them do contribute to some extent. With respect to the different types of applications, not only *machine-* and *process-*, but also *human-* and *product-centric* solutions can be determined. The main focus of the first group (machine-centric) is predominantly on cost reduction, while the second group (process-centric) contributes especially to higher velocity, visibility and responsiveness. The third group (human-centric) again mainly focusses on increased velocity and enhanced visibility within internal supply chains. Finally, the fourth group (product-centric), “outperforms” the other groups by enabling not only cost-reduction, velocity, visibility and responsiveness improvements, but by also providing value added services to the customer.

During the focus group workshops, it became obvious that the implementation and utilization of CPS in general is accompanied not only by the concept of the *Internet of Things (IoT)*, which it helps to realize by transforming simple physical objects into their “smart” counterparts (Fleisch 2010; Mazhelis et al. 2012; Sanchez Lopez et al. 2012), but also by other complementary innovations like *Cloud Computing*, *Mobile Computing*, *Big Data Analytics* and *Digital Social Networks*. From a technology and innovation management perspective, the implementation of CPS has to be understood as an in-principle innovation leading, in the first instance, to significant changes in the information systems of the enterprise and thus also to increasing implementation costs (Klötzer and Pflaum, 2015). These implementation costs have to be taken into account in feasibility studies as they might relativize the contributions identified within *Table 4* up to a certain degree. Another issue emerging from the workshops is the fact, that CPS are creating large amounts of data which can be turned into additional economic value for both, the manufacturer and the customer. In other words, the implementation of CPS within supply chain processes as well as the operation of CPS at the customer’s site significantly drive the digital transformation of both, the enterprise and the supply chain (Berman 2012). These developments furthermore support the realization of a “data-driven enterprise” and of the “supply chain of the future” (Butner 2010; Christopher and Holweg, 2011).

5 Directions for future research

The elaborated definition of CPS, the compiled fields of application and the discussion of the consequential resulting problem solutions’ contribution to strategic SCM objectives illustrate the fact of a strong connection between both, CPS and enhanced SCM. Today’s supply chains would therefore benefit significantly from the practical implementation of CPS. In order to realize such a vision of a “supply chain of the future”, however, further developments and improvements with regard to the status quo are necessary. With respect to future research to be conducted in this re-

spect, potential themes (from the author's perspective) refer to *decision-making*, *cost-benefit relations*, as well as to the *digital transformation* of companies and related supply chains. As a concluding result from the conducted workshops, *Table 5* summarizes the key learnings derived therefrom as well as consequential deduced research questions and thus serves the purpose of an accompanying research agenda giving outlines for future research on CPS within the scientific SCM community.

RT	Key learnings	Deducible research question
Decision making	One core function of CPS is the automation and decentralized control of processes. The control tasks addressed by applications differ from each other.	How can control tasks or decisions in supply chains be characterized and to what extent can they be automated and transferred from human resources to CPS?
	Due to sensing capabilities, CPS create large amounts of heterogeneous data and improve the process mapping quality within supply chains.	How does the higher availability and granularity of process information influence the decision behavior of supply chain managers?
Cost-benefits relations	In general, identified CPS applications are quite similar. However, the respectively assigned priorities differ.	What are the determining factors that lead to different priorities and application roadmaps in different industries and value creation stages?
	From a qualitative point of view, CPS contribute to cost reduction, value added, velocity, visibility and responsiveness within supply chains.	How can the contribution of CPS applications to different SCM objectives be measured and quantified in order to support economic feasibility studies?
	CPS-based applications have to be understood as in-principle innovations leading to a comprehensive change in the enterprise and the supply chain.	Which cost factors accompanying CPS utilization in the enterprise and in the supply chain have to be taken into account in order to support economic feasibility studies?

RT	Key learnings	Deducible research question
Digital transformation	CPS enable data-driven services and lead to a new understanding of values, with not only the physical product but also data carrying value.	What are the consequences of the change in understanding values for SCM from a theoretical and a practical point of view?
	The successful implementation of CPS in companies and supply chains depends on different preconditions, barriers and drivers.	Which are these preconditions, barriers and drivers for CPS implementation and how important are those in different industries and supply chains?
	Turning products into CPS has the potential to transform a company's business model and competition between companies and supply chains.	How do the potential effects on companies' roles and on supply chain configuration differ from each other within different industries?
	CPS applications are nothing else but building bricks for the digital transformation of companies and, with a broader scope, of supply chains.	Which models, procedures, methods and tools can be applied to transform today's companies and supply chains into their digital counterparts?

RT: Research theme

Table 5: Research agenda regarding CPS implementation within SCM

Following the impressions of the conducted workshops, future research should therefore emphasize on the differences between industries and value creation stages, as far as the state of play and application roadmaps are concerned. Due to the in-principle character of CPS implementation within supply chains, comprehensive costs-benefit-models allowing to carry out economic feasibility studies for the different applications become necessary. Another promising subject is the detailed analysis of decision-making within the “supply chain of the future”. Due to their functional profile, CPS have the capability of autonomous decision making without consulting a human or of creating data and information, that might change the decision behavior of human operators. Apart from that, CPS utilization drives digital transformation. It can be observed, that data is recently understood as a value carrier in supply chains, that data-driven services are becoming more and more important for the customer and that CPS implementation not only changes business models, but also competition and supply chain configuration in general. At this point, further research on these changes becomes necessary. Qualitative as well as quantitative research is required in order to completely understand the effects of CPS implemen-

tation on companies and their supply chains. Furthermore, scientific research on the “data-driven enterprise” might also lead to new theoretical perspectives. Finally, the CPS implementation should be regarded as an interdisciplinary issue. Researchers from economic and social sciences, psychology and information systems research therefore need to cooperate intensively in order to solve the most relevant problems.

6 Conclusion

During the course of investigations on which this paper is based, a more detailed understanding of the CPS term, based on a broad concept-centric literature review, was developed, advanced and refined all the way to a generic, generally applicable and consistent definition of the terminology. The conducted modified matrix analysis in this course furthermore led to the elaboration of core functions and characteristic attributes of CPS. Both aspects are addressed within section 3 of this paper and answer RQ1 to a satisfactory extent. By means of an ensuing series of focus group workshops, conducted with companies from different segments of the German metal and electrical industry, different fields of application for CPS within supply chain processes along the lifecycle of a company’s products as well as potential thereof resulting benefits have been identified in order to answer RQ2. As an additional outcome from the post-processing and aggregation of these workshops, a total of 14 specific problem solutions has been identified. With respect to these CPS-based solutions, a more detailed classification into machine-, process-, human- and product-centric applications can be made. Their evaluation furthermore demonstrates, how CPS utilization contributes to cost reduction, additional customer value, velocity, visibility, as well as responsiveness within supply chains and as a consequence to enhanced SCM. Thereby, RQ 3 has been answered to full extent. Since RQ2 and RQ3 are closely related and interlinked with each other, they were treated coherently within the fourth section of this paper. Within the subsequent fifth section, an outline for future research to be conducted with respect to the realization of the “supply chain of the future” was compiled. This identification of further developments and necessary improvements with regard to the status quo, in the sense of an accompanying research agenda, is targeted to help the scientific SCM community “catch up” with the needs of economic practice and thereby answers RQ4. Generally recapitulated and condensed, identified research questions refer to decision-making, cost-benefit relations, as well as to the digital transformation of companies and related supply chains.

The presented generic CPS definition and the identification of relevant research questions concerning the future implementation of CPS within industrial supply chains are predominantly of particular value for the scientific SCM community. Nevertheless, practical implications can be identified as well. The revealed positive

link between CPS utilization and objectives of enhanced SCM might not only trigger a broader scientific discussion on the topic but also a proceeding cognitive process in the minds of managers concerning the value of CPS for the digital transformation of supply chains. Additionally, decision makers can use the set of problem solutions specified within this paper as a starting point for generating their own CPS application roadmap. With respect to research limitations, one constraint might be rooted in the primarily German perspective and the focus on the mechanical and electrical industry. Even though that conclusions drawn from the observation of one of the largest economies in the world with a variety of global market leaders, not least within the industry under observation, should provide at least a certain amount of international and cross-industrial applicability, further research needs to be expanded by especially these perspectives. The fields of application, as well as the potential benefits and most notably the specific problem solutions, identified and described during the focus group workshops, can moreover only be regarded as an initial “snapshot in time”, explicitly without any claim to completeness. It can be stated, that a broad variation of additional scenarios is emerging consecutively, but the results achieved so far do nevertheless already illustrate the massive potential of the in-principle innovation CPS. Generally spoken, as CPS still have to be considered as an emerging technology, results have to be reviewed and revised with ongoing technological improvements, if necessary. With respect to a generic, generally applicable and consistent understanding of the CPS terminology, the focus on scientific literature, in terms of journal publications, might be questioned. It therefore potentially promises further insights to extend the underlying research framework towards other data sources, such as working papers, technical reports, or more practical-oriented literature in general. A last limitation might reside within the strong SCM perspective of the research on which this paper is based. Since the sustainable implementation of CPS along entire product lifecycles is an interdisciplinary task, results have to be combined with knowledge from other scientific disciplines and embedded into an overall context. Conclusively, future endeavors in CPS research should also target towards the further conceptual integration into the IoT and therefore as well within the scientific field of digitalization, understood as “the transformation of socio-technical structures that were previously mediated by non-digital artifacts or relationships into ones that are mediated by digitized artifacts and relationships.” (Yoo et al. 2010, p. 6).

It can recapitulatory be registered, that this paper only scratches the surface of the potential for CPS-related research. Alongside with future research endeavors, scientific agendas, frameworks, application roadmaps and other aspects will be refined and adapted on a regular basis. With regard to the former, particular research questions will become more specific with completely new ones arising as well. This pa-

per nevertheless already provides several relevant insights into a still comparatively new, emerging field of interest bearing the potential of significantly supporting the establishment of a prospective broad research stream and also of triggering a broader discussion on SCM related aspects of CPS. Even though the actual technical concept itself has meanwhile gained considerable momentum as a subordinated part of other – mainly practice-driven – discussions of broader subject areas, such as Industry 4.0 and the Industrial Internet (of Things), it nevertheless appears to be worthwhile to simultaneously pursue a consistent scientific approach towards this topic.

Acknowledgements:

An earlier version of this paper has been presented at the 27th NOFOMA Conference 2015 in Molde, Norway and was included within the conference proceedings (title: “Cyber-Physical Systems (CPS) in Supply Chain Management – A definitional approach”). The research behind this paper has since then been substantially advanced: The conference publication was limited to definitional aspects of CPS within SCM and to a description of initial technology applications, while the further results regarding specific CPS-based problem solutions, their contributions to enhanced SCM and the accompanying prospective research agenda constitute significant enhancements compared to the original paper. The author would like to thank all those who have contributed in any manner to the diverse research projects on whose results this paper is based.

7 References

**Indicates the paper is included within the literature review. However, only those publications from the review, carrying out a specific definition of CPS, are listed below. A full set of bibliographic details is available upon request.*

- *Akella, R., Tang, H., & McMillin, B. (2010). Analysis of information flow security in cyber–physical systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 3(3–4), 157–173.*
- Akter, S., & Fosso Wamba, S. (2016). Big Data Analytics in E-commerce: a systematic review and agenda for future research. *Electronic Markets*, 26(2), 173–194.*
- *Alcaide, A., Palomar, E., Montero-Castillo, J., & Ribagorda, A. (2013). Anonymous authentication for privacy-preserving IoT target-driven applications. *Computers & Security*, 37, 111–123.*

- *Al-Hammouri, A. (2012). A comprehensive co-simulation platform for cyber-physical systems. *Computer Communications*, 36(1), 8–19.
- Berman, S. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *Strategy & Leadership*, 40(2), 16–24.
- *Burmester, M., Magkos, E., & Chrissikopoulos, V. (2012). Modeling security in cyber-physical systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 5(3–4), 118–126.
- Butner, K. (2010). The smarter Supply Chain of the future. *Strategy & Leadership*, 38(1), 22–31.
- Caridi, M., Moretto, A., Perego, A., & Tumino, A. (2014). The benefits of supply chain visibility: A value assessment model. *International Journal of Production Economics*, 151, 1–19.
- *Chen, J., Tan, R., Xing, G., Wang, X., & Fu, X. (2012). Fidelity-Aware Utilization Control for Cyber-Physical Surveillance Systems. *IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems*, 23(9), 1739–1751.
- *Cheng, S.-T., Shih, J.-S., & Chang, T.-Y. (2013). GA-based actuator control method for minimizing power consumption in cyber physical systems. *Applied Intelligence*, 38(1), 78–87.
- Christopher, M., & Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(4), 235–246.
- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply Chain Management*. Harlow: Pearson Education.
- Christopher, M., & Holweg, M. (2011). 'Supply Chain 2.0': managing supply chains in the era of turbulence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(1), 63–82.
- *Coronel, J., & Simó, J. (2012). High performance dynamic voltage/frequency scaling algorithm for real-time dynamic load management. *Journal of Systems and Software*, 85(4), 906–919.
- *Crenshaw, T. (2013). Using Robots and Contract Learning to Teach Cyber-Physical Systems to Undergraduates. *IEEE Transactions on Education*, 56(1), 116–120.
- *Denker, G., Dutt, N., Mehrotra, S., Stehr, M.-O., Talcott, C., & Venkatasubramanian, N. (2012). Resilient dependable cyber-physical systems: a middleware perspective. *Journal of Internet Services and Applications*, 3(1), 41–49.

- *Du, X.-Z., Qiao, J.-Z., Lin, S.-K., & Tang, X.-C. (2012). The Design of Node Operating System for Cyber Physical Systems. *Procedia Engineering*, 29, 3717–3721.
- Fleisch, E. (2010). What is the Internet of Things? An Economic Perspective. *Economics, Management, and Financial Markets*, 5(2), 125–157.
- Francis, V. (2008). Supply chain visibility: Lost in translation? *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), 180–184.
- *Frazzon, E., Hartmann, J., Makuschewitz, T., & Scholz-Reiter, B. (2013). Towards Socio-Cyber-Physical Systems in Production Networks. *Procedia CIRP*, 7, 49–54.
- *Garone, E., Sinopoli, B., Goldsmith, A., & Casavola, A. (2012). LQG Control for MIMO Systems Over Multiple Erasure Channels With Perfect Acknowledgment. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 57(2), 450–456.
- *Gelenbe, E., & Wu, F.-J. (2012). Large scale simulation for human evacuation and rescue. *Computers & Mathematics with Applications*, 64(12), 3869–3880.
- *Gupta, S., Mukherjee, T., Varsamopoulos, G., & Banerjee, A. (2011). Research directions in energy-sustainable cyber-physical systems. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 1(1), 57–74.
- Haan, G., van Hillegersberg, J., de Jong, E., & Sikkel, K. (2013). Adoption of Wireless Sensors in Supply Chains: A Process View Analysis of a Pharmaceutical Cold Chain. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 8(2), 13–154.
- Habershon, N. (1993). Metaplan®: Achieving Two-way Communications. *Journal of European Industrial Training*, 17(7), 8–13.
- Haflíðason, T., Ólafsdóttir, G., Bogason, S., & Stefánsson, G. (2012). Criteria for temperature alerts in cod supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(4), 355–371.
- *Haque, S., & Aziz, S. (2013). False Alarm Detection in Cyber-physical Systems for Healthcare Applications. *AASRI Procedia*, 5, 54–61.
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). *Design Research in Information Systems – Theory and Practice*. New York: Springer.
- Holt, K. (1996). Brainstorming – From Classics to Electronics. *Journal of Engineering Design*, 7(1), 77–82.

- *Ivanov, D., & Sokolov, B. (2012). The inter-disciplinary modelling of supply chains in the context of collaborative multi-structural cyber-physical networks. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(8), 976–997.
- *Jianjun, S., Xu, W., Jizhen, G., & Yangzhou, C. (2013). The Analysis of Traffic Control Cyber-physical Systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 2487–2496.
- Kaufmann, L., & Saw, A. (2014). Using a multiple-informant approach in SCM research. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 44(6), 511–527.
- Klötzer, C. & Pflaum, A. (2015). Cyber-Physical Systems as the technical foundation for problem solutions in manufacturing, logistics and Supply Chain Management”. In *5th International Conference on the Internet of Things (IOT) in Seoul, South Korea*, IEEE, 12–19.
- Lang, W., Jedermann, R., Mrugala, D., Jabbari, A., Krieg-Brückner, B., & Schill, K. (2011). The “Intelligent Container” – A Cognitive Sensor Network for Transport Management. *IEEE Sensors Journal*, 11(3), 688–698.
- *Lai, C.-F., Ma, Y.-W., Chang, S.-Y., Chao, H.-C., & Huang, Y.-M. (2011). OSGi-based services architecture for Cyber-Physical Home Control Systems. *Computer Communications*, 34(2), 184–191.
- Lee, E.A. (2008). Cyber Physical Systems: Design Challenges. In *Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC) in Orlando, FL*. IEEE, 363–369.
- *Lee, E.A. (2009). Computing needs time. *Communications of the ACM*, 52(5), 70–79.
- *Lei, C.-U., Wan, K., & Man, K.L. (2013). Developing a Smart Learning Environment in Universities via Cyber-Physical Systems. *Procedia Computer Science*, 17, 583–585.
- *Lien, S.-Y., Cheng, S.-M., Shih, S.-Y., & Chen, K.-C. (2012). Radio Resource Management for QoS Guarantees in Cyber-Physical Systems. *IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems*, 23(9), 1752–1761.
- Lumsden, K., & Mirzabeiki, V. (2008). Determining the value of information for different partners in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(9), 659–673.
- *Lun, Y., & Cheng, L. (2011). The Research On The Model Of The Context-Aware For Reliable Sensing And Explanation In Cyber-Physical System. *Procedia Engineering*, 15, 1753–1757.

- *Magureanu, G., Gavrilescu, M., & Pescaru, D. (2013). Validation of static properties in unified modeling language models for cyber physical systems. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, 14(5), 332–346.
- Mazhelis, O., Luoma, E., & Warma, H. (2012). Defining an Internet-of-Things Ecosystem. In Andreev, S., Balandin, S., & Koucheryavy, Y. (Eds.). *Internet of Things, Smart Spaces and Next Generation Networking*. Heidelberg: Springer, 1–14.
- *Meseguer, J. (2012). Twenty years of rewriting logic. *The Journal of Logic and Algebraic Programming*, 81(7–8), 721–781.
- *Mitchell, R., & Chen, I.-R. (2013). Effect of Intrusion Detection and Response on Reliability of Cyber Physical Systems. *IEEE Transactions on Reliability*, 62(1), 199–210.
- Ngai, E.W.T., Moon, K., Riggins, F., & Yi, C. (2008). RFID research: An academic literature review (1995-2005) and future research directions. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 510–520.
- Ota, N., & Wright, P. (2006). Trends in wireless sensor networks for manufacturing. *International Journal of Manufacturing Research*, 1(1), 3–17.
- *Park, S.O., Park, J.H., & Jeong, Y.-S. (2013). An Efficient Dynamic Integration Middleware for Cyber-Physical Systems in Mobile Environments. *Mobile Networks and Applications*, 18(1), 110–115.
- *Parvin, S., Hussain, F., Hussain, O., Thein, T., & Park, J. (2013). Multi-cyber framework for availability enhancement of cyber physical systems. *Computing*, 95(10/11), 927–948.
- *Pasqualetti, F., Dorfler, F., & Bullo, F. (2013). Attack Detection and Identification in Cyber-Physical Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 58(11), 2715–2729.
- Porter, M.E. (2001). Strategy and the Internet. *Harvard Business Review*, 79(3), 62–78.
- Porter, M.E., & Heppelmann, J. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64–88.
- Prasse, C., Nettstraeter, A., & ten Hompel, M. (2014). How internet will change the design and operation of logistics systems. In *Proceedings of the 4th International Conference on the Internet of Things (IOT) in Cambridge*. IEEE, 55–60.
- Raab, V., Petersen, B., & Kreyenschmidt, J. (2011). Temperature monitoring in meat supply chains. *British Food Journal*, 113(10), 1267–1289.

- *Rovers, K., & Kuper, J. (2013). UNITI: Unified Composition and Time for Multi-domain Model-based Design. *International Journal of Parallel Programming*, 41(2), 261–304.
- *Sahingoz, O. (2013). Large scale wireless sensor networks with multi-level dynamic key management scheme. *Journal of Systems Architecture*, 59(9), 801–807.
- Salipante, P., Notz, W., & Bigelow, J. (1982). A matrix approach to Literature Reviews. *Research in Organizational Behavior*, 4, 321–348.
- Sanchez Lopez, T., Ranasinghe, D., Patkai, B., & McFarlane, D. (2011). Taxonomy, technology and applications of smart objects. *Information Systems Frontiers*, 13(2), 281–300.
- Sanchez Lopez, T., Ranasinghe, D., Harrison, M., & McFarlane, D. (2012). Adding sense to the Internet of Things - An architecture framework for Smart Object systems. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(3), 291–308.
- *Sangiovanni-Vincentelli, A., Damm, W., & Passerone, R. (2012). Taming Dr. Frankenstein: Contract-Based Design for Cyber-Physical Systems. *European Journal of Control*, 18(3), 217–238.
- Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 77–95.
- *Schneider, R., Goswami, D., Masrur, A., Becker, M., & Chakraborty, S. (2013). Multi-layered scheduling of mixed-criticality cyber-physical systems. *Journal of Systems Architecture*, 59(10), 1215–1230.
- Schoenthaler, R. (2003). Creating real-time supply chain visibility. *Electronic Business*, 29(8), 12–13.
- Stewart, D., & Shamdasani, P. (2015). *Focus Groups – Theory and Practice*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Strassner, M., & Fleisch, E. (2005). Innovationspotenzial von RFID für das Supply Chain Management. *Wirtschaftsinformatik*, 47(1), 45–54.
- Tan, K.C., Kannan, V., Hsu, C.-C., & Leong, G.K. (2010). Supply chain information and relational alignments: mediators of EDI on firm performance. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(5), 377–394.

- *Tang, L.-A., Yu, X., Kim, S., Gu, Q., Han, J., Leung, A., & La Porta, T. (2013). Trustworthiness analysis of sensor data in cyber-physical systems. *Journal of Computer and System Sciences*, 79(3), 383–401.
- *Verl, A., Lechler, A., & Schlechtendahl, J. (2012). Glocalized cyber physical production systems. *Production Engineering*, 6(6), 643–649.
- Wagner, S., Rau, C., & Lindemann, E. (2010). Multiple Informant Methodology: A Critical Review and Recommendations. *Sociological Methods and Research*, 38(4), 582–618.
- *Wan, J., Suo, H., Yan, H., & Liu, J. (2011). A General Test Platform for Cyber-Physical Systems: Unmanned Vehicle with Wireless Sensor Network Navigation. *Procedia Engineering*, 24, 123–127.
- *Wang, S., Zhang, G., Shen, B., & Xie, X. (2011). An Integrated Scheme for Cyber-physical Building Energy Management System. *Procedia Engineering*, 15, 3616–3620.
- Webster, J., & Watson, R. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii.
- Yoo, Y., Lyytinen, K., Boland, R., & Berente, N. (2010). The Next Wave of Digital Innovation: Opportunities and Challenges. Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=1622170>.
- *Zhang, H., Ma, H., Li, X.-Y., & Tang, S. (2013a). In-Network Estimation with Delay Constraints in Wireless Sensor Networks. *IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems*, 24(2), 368–380.
- *Zhang, L., Wang, Q., & Tian, B. (2013b). Security threats and measures for the cyber-physical systems. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 20(1), 25–29.

Author(s)	Author(s)					Integra- tion	Sensors	Infor- mation and data processing	Automa- tion and control	Networks	Actuators	Adapta- bility
	Lei et al. (2013)	Lee (2009)	Lai et al. (2011)	Jianjun et al. (2013)	Ivanov and Sokolov (2012)	Haque and Aziz (2013)	Gupta et al. (2011)	Gelenbe and Wu (2012)	Garone et al. (2012)	Frazzon et al. (2013)		
		X	X	X	X	X	X			X		
X						X	X	X				
		X	X			X	X					
X					X		X		X			
X		X				X				X		
X												
					X	X						

Theorie(n) des Supply Chain Managements: Eine Literaturanalyse

Karina Ankenbrand, Isabel Linß und Eric Sucky

Lehrstuhl für BWL, insb. Produktion und Logistik, Otto-Friedrich-Universität
Bamberg, Feldkirchenstraße 21, 96052 Bamberg, eric.sucky@uni-bamberg.de

1	Einführung und Problemstellung	115
2	Supply Chain Management: Begriff und Definition	116
3	Relevante Theorien des Supply Chain Managements	119
4	Impulse der Theorien des Supply Chain Managements	125
5	Zusammenfassung und Fazit	129
6	Literaturverzeichnis	131

Abstract:

In der betriebswirtschaftlichen Forschung existiert eine Bandbreite von unterschiedlichen Theorien zur Erklärung verschiedener betriebswirtschaftlicher Ansätze und Disziplinen. Da es sich beim Supply Chain Management um kein in der betriebswirtschaftlichen Theorie entwickeltes Konzept, sondern um einen in der Unternehmenspraxis entstandenen Ansatz handelt, existiert (bisher) nicht die eine Theorie des Supply Chain Managements. Es stellt sich daher die Frage, welche Theorie bzw. welche Theorien der betriebswirtschaftlichen Teildisziplin Supply Chain Management zu Grunde liegen oder zu Grunde gelegt werden können? Der vorliegende Beitrag erörtert daher zwei Forschungsfragen: (1) Welche Theorien lassen sich in der wissenschaftlichen Forschung des Supply Chain Managements identifizieren und sind als besonders relevant für das Supply Chain Management einzustufen? und (2) Welchen Erklärungsbeitrag leisten die identifizierten Theorien für das Supply Chain Management?

JEL Classification: L1, L2, M2

Keywords: Supply Chain Management, Theorie, Literaturanalyse

*Wissenschaft ist ein stetiger Prozess der Entwicklung von Theorien,
der Überprüfung dieser Theorien an tatsächlichen Gegebenheiten,
ihrer Verwerfung, Annahme oder Anpassung.*

(Heinen, 1985, S. 17)

*Die Theorie ist das Netz, das wir auswerfen, um ‚die Welt‘ einzufangen,
– sie zu rationalisieren, zu erklären und zu beherrschen.
Wir arbeiten daran, die Maschen des Netzes immer enger zu machen.*

(Popper, 2015, S. 36)

1 Einführung und Problemstellung

Die zentrale Bedeutung von Theorien für sämtliche wissenschaftlichen Disziplinen ergibt sich daraus, dass einerseits wissenschaftliche Erkenntnisse hauptsächlich in Theorien systematisiert und zusammengefasst werden und andererseits, dass Theorien Basis für eine Vielzahl praktischer Anwendungen sind und der Bewahrung und Kommunikation von Wissen sowie der Entwicklung von Verständnis dienen (Eisend/Kuß, 2017, S. 27). Dementsprechend definieren Eisend/Kuß (2017, S. 28), dass Theorien im Wesentlichen sprachliche Gebilde sind, mit denen Behauptungen formuliert werden, die sich bei einer (späteren) Überprüfung als richtig oder falsch erweisen können.

Prediger (2015) hebt hervor, dass Theorien – im Sinne von begründeten Aussagen-zusammenhängen über die den Wissenschaftlern zugänglichen Wirklichkeitsbereiche – in allen wissenschaftlichen Disziplinen ein zentrales Ergebnis von Forschung bilden, weil nur über Theorien die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Forschungsarbeiten hergestellt werden können. In diesem Sinne definiert der Wissenschaftstheoretiker Thiel (1996, S. 262) eine Theorie als ein „[...] sprachliches Gebilde, das in propositionaler oder begrifflicher Form die Phänomene eines Sachbereichs ordnet und [damit ermöglicht], die wesentlichen Eigenschaften der ihm zugehörigen Gegenstände und deren Beziehungen untereinander zu beschreiben, allgemeine Gesetze für sie herzuleiten sowie Prognosen über das Auftreten bestimmter Phänomene [...] aufzustellen.“

In der betriebswirtschaftlichen Forschung existiert eine Bandbreite von unterschiedlichen Theorien zur Erklärung verschiedener betriebswirtschaftlicher Ansätze und Disziplinen. Der vorliegende Beitrag geht der Frage nach, welche Theorie bzw. welche Theorien der betriebswirtschaftlichen Teildisziplin Supply Chain Management zu Grunde liegen oder zu Grunde gelegt werden können?

Da es sich beim Supply Chain Management um kein in der betriebswirtschaftlichen Theorie entwickeltes Konzept, sondern um einen in der Unternehmenspraxis entstandenen Ansatz handelt, existiert (bisher) nicht die eine Theorie des Supply Chain Managements. So fassen Halldórsson et al. (2007, S. 284) die theoretische Fundierung von Supply Chain Management wie folgt zusammen: „There is no such thing as ‘a unified theory of SCM’. Depending on a concrete situation, one can choose one theory as dominant explanatory, and then complement it with one or several of the other theoretical perspectives.” Carter (2011, S. 11) kritisiert daher: „Theory defines a scientific discipline [...] the supply chain management discipline has largely failed to develop its own theoretical bases.” Der vorliegende Beitrag erörtert daher zwei Forschungsfragen:

- Welche Theorien lassen sich in der wissenschaftlichen Forschung des Supply Chain Managements identifizieren und sind als besonders relevant für das Supply Chain Management einzustufen?
- Welchen Erklärungsbeitrag leisten die identifizierten Theorien für das Supply Chain Management?

Nach einer Darstellung und Beschreibung der zum Verständnis notwendigen, relevanten Begriffe in Kapitel 2, werden in Kapitel 3 zwei Literaturanalysen durchgeführt, um die für das Supply Chain Management relevanten Theorien zu identifizieren. Diese werden dann in Kapitel 4 hinsichtlich ihres Erklärungsbeitrags für das Supply Chain Management analysiert. Abschließend erfolgen ein Fazit und ein Ausblick auf weitere Forschungsaktivitäten (Kapitel 5).

2 Supply Chain Management: Begriff und Definition

Bevor die relevante Literatur zum Supply Chain Management hinsichtlich potenziell zu Grunde gelegter Theorien analysiert werden kann, muss zunächst der Begriff des Supply Chain Managements erläutert und definiert werden. Bretzke (2016, S. 116) gibt in diesem Sinne zu bedenken: „Begriffliche Unklarheiten sind schon am Anfang jeder Forschung [...] schädlich. Wenn man das Objekt der Forschung nicht klar definiert, weiß man nicht einmal genau, wo man eigentlich hinschauen soll.“ So bemängelt Bretzke (2016) insbesondere auch die Aussagefähigkeit empirischer Forschungsarbeiten zum Supply Chain Management, solange das Forschungsobjekt nicht sauber definiert ist. Ein einheitliches Begriffsverständnis ist daher unbedingte Voraussetzung, damit sich Supply Chain Management als betriebswirtschaftliche Teildisziplin verankern kann.

Durch unterschiedliche Betrachtungsweisen wird aber auch insbesondere die Entwicklung einer einheitlichen Theorie des Supply Chain Managements erschwert (Pfohl, 2000). Den negativen Einfluss einer fehlenden, abschließenden Definition

des Supply Chain Managements, sowohl in der Forschung als auch in der Praxis, fassen Stock/Boyer (2009, S. 691) zusammen: „Without an inclusive or encompassing definition, it will be difficult for researchers to develop supply chain theory, define and test relationships between components of SCM, and develop a consistent stream of research that “builds” on what has gone before. [...] From a theoretical perspective, it is impossible to develop sound SCM theory until valid constructs and generally accepted definitions of terms are developed. Since theory development is paramount to scientific pursuit, the absence of a consensus SCM definition will lead to theoretical ambiguity.”

In der relevanten Literatur herrscht keine einheitliche Begrifflichkeit für Supply Chain Management. Mentzer et al. (2001) stellen fest: “Despite the popularity of the term Supply Chain Management, both in academia and practice, there remains considerable confusion as to its meaning.” Und weiter: “[...] definitions of SCM differ across authors” (Mentzer et al., 2001, S. 5). Dementsprechend folgern Ellram/Cooper (2014, S. 9): “When parties do not like the way that they see others using or interpreting the term supply chain management, they have created their own names to describe what they see as supply chain management. This is probably part of the reason that so many names for supply chain management are still offered today.“ Die in Tabelle 1 dargestellte, subjektive Auswahl deutschsprachiger Supply Chain Management-Definitionen in chronologischer Reihenfolge zeigt diese Definitionsvielfalt. Eine umfassende Darstellung von alternativen Supply Chain Management-Definitionen liefern Stock/Boyer (2009) in ihrer Analyse.

Stock/Boyer (2009) analysieren 173 unterschiedliche Supply Chain Management-Definitionen. Ihre Analyse führt zur zusammenfassenden Definition: „The management of a network of relationships within a firm and between interdependent organizations and business units consisting of material suppliers, purchasing, production facilities, logistics, marketing, and related systems that facilitate the forward and reverse flow of materials, services, finances and information from the original producer to final customer with the benefits of adding value, maximizing profitability through efficiencies, and achieving customer satisfaction” (Stock/Boyer, 2009, S. 706). Wir wollen im Weiteren die Definition von Kummer et al. (2019, S. 84) zu Grunde legen:

„Supply Chain Management (SCM) ist ein prozessorientierter Managementansatz, der alle Flüsse von Gütern (Rohstoffe, Bauteile, Halbfertig- und Fertigprodukte), Informationen, Finanzmitteln sowie die vertraglichen und sozialen Beziehungen entlang der Supply Chain, vom Rohstofflieferanten bis zum Endkunden umfasst und das Ziel der Integration der Wertschöpfungsprozesse und letztendlich einer Verbesserung der Wettbewerbsposition aller an der Supply Chain Beteiligten verfolgt.“

Ausgewählte (deutschsprachige) Supply Chain Management - Definitionen	
Scholz-Reiter/ Jakobza (1999), S. 8	Supply Chain Management, auch Lieferkettenmanagement, ist die unternehmensübergreifende Koordination der Material- und Informationsflüsse über den gesamten Wertschöpfungsprozess von der Rohstoffgewinnung über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden mit dem Ziel, den Gesamtprozess sowohl zeit- als auch kostenoptimal zu gestalten.
Buscher (1999), S. 449	Beim Supply Chain Management (SCM) handelt es sich um ein strategisches Unternehmensführungskonzept, das darauf abzielt, die Geschäftsprozesse, die entlang der Versorgungskette (Supply Chain) vom ersten Rohstofflieferanten bis zum Endverbraucher auftreten, zur Kundenzufriedenheit zu gestalten.
Zäpfel (2000), S. 4	Supply Chain Management kann daher als die Führung aller unternehmensweiten und unternehmensübergreifenden Materialflüsse bezeichnet werden, die die gesamte Lieferkette – vom Lieferanten des Lieferanten bis zum Kunden des Kunden – unter Wettbewerbsgesichtspunkten zielgerichtet durch Gestaltungs- und Lenkungsmaßnahmen integriert.
Thaler (2001), S. 18	Supply Chain Management (SCM) führt über die Schlüsselprozesse zu einer übergreifenden Prozessverbesserung, da Kunden, Lieferanten und weitere Dienstleister in der logistischen Kette einbezogen werden. Es wird vom eigenen Unternehmen ausgehend versucht, durchgängige, übergreifende Prozesse zu realisieren.
Heinzel (2001), S. 55	Supply Chain Management – Koordinierung, Terminierung und Controlling der Beschaffung, Produktion, Lagerung und Lieferung/Rücklieferung von Produkten und Dienstleistungen an Kunden. Supply Chain Management umfasst sämtliche Schritte des Tagesgeschäfts eines Unternehmens in Verwaltung, operativen Geschäft, Logistikabteilung(en) und in der Informationsverarbeitung von dessen Kunden zu seinen Lieferanten.
Schönsleben (2002), S. 75	„Supply chain management“, zu Deutsch etwa Wertschöpfungskettenmanagement, ist die Koordination einer strategischen und langfristigen Zusammenarbeit von Ko-Herstellern im gesamten Logistiknetzwerk zur Entwicklung und Herstellung von Produkten – sowohl in Produktion und Beschaffung als auch in Produkt- und Prozessinnovation.
Kuhn/ Hellingrath (2002), S. 10	Supply Chain Management ist die integrierte prozessorientierte Planung und Steuerung der Waren-, Informations- und Geldflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Kunden bis zum Rohstofflieferanten mit den Zielen: Verbesserung der Kundenorientierung, Synchronisation der Versorgung mit dem Bedarf, Flexibilisierung und bedarfsgerechte Produktion, Abbau der Bestände entlang der Wertschöpfungskette.
Schmidt (2002), S. 25	Unter dem Begriff Supply Chain Management (SCM) versteht man die effiziente Integration von Lieferanten, Produzenten, Warenhäusern und Verkaufsläden, sodass Produkte oder Dienstleistungen in der richtigen Menge, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, unter Minimierung der Gesamtkosten und Maximierung der Service-Qualität, eingekauft, hergestellt und ausgeliefert werden können.
Kurbel (2005), S. 338	Supply Chain Management ist die integrierte prozessorientierte Gestaltung, Planung und Steuerung der Güter-, Informations- und Geldflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Kunden bis zum Rohstofflieferanten mit den Zielen Verbesserung der Kundenorientierung[,] Synchronisation der Versorgung mit dem Bedarf[,] Flexibilisierung und bedarfsgerechte Produktion [sowie] Abbau der Bestände entlang der Wertschöpfungskette.
Dobhan (2012), S. 46	Das Supply Chain Management zielt auf die langfristige Sach- und Formalzielerfüllung der gesamten Supply Chain unter Beachtung des lokalen Erfolgs der beteiligten Akteure. Es umfasst standort- und funktionsübergreifende Prozesse und Aktivitäten zur Gestaltung, Planung und Steuerung der horizontalen und vertikalen Material-, Informations- und Zahlungsflüsse, sowie der entsprechenden Kapazitäten. Dies beinhaltet auch die Integration und Koordination der Transport-, Produktions-, Umschlags- und Lagerprozesse mit den dazugehörigen Aktivitäten.
Eßig et al (2013), S. 41	Supply Chain Management ist die kooperative Koordination von Material-, Informations- und Finanzmittel-flüssen in Unternehmensnetzwerken durch Schaffung integrativer, funktionsübergreifender Führungs- und Ausführungsprozesse mit dem Ziel, Wettbewerbsvorteile bei Endkunden zu realisieren und somit die Wirtschaftlichkeit des Gesamtnetzwerkes zu erhöhen.
Asdecker (2014), S. 39	Supply Chain Management beschreibt die koordinierte Planung, Steuerung und Kontrolle unternehmensübergreifender Wertschöpfungssysteme mit Netzwerkcharakter, deren Elemente über Güter-, Informations- und Finanzflüsse miteinander in Beziehung stehen, mit dem Ziel, sowohl die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Institutionen als auch der gesamten Supply Chain zu stärken.

Tabelle 1: Supply Chain Management-Definitionen

3 Relevante Theorien des Supply Chain Managements

3.1 Methodisches Vorgehen bei der Literaturanalyse

Bedingt durch die Vielzahl an Publikationen, ist ein systematisches Vorgehen bei der Literaturanalyse besonders wichtig. Damit im Rahmen des vorliegenden Beitrags eine qualitativ hochwertige Analyse sichergestellt ist, bildet der erprobte Prozess für ein Review von Cooper (2010) den Rahmen. Hierbei werden die Schritte drei und vier in dem Schritt Fundstellen zusammengefasst. Ebenfalls in einem Schritt erfolgen die Analyse und Interpretation der Inhalte.

Schritt 1	Problemformulierung
Schritt 2	Literatursuche
Schritt 3	Sammlung von Informationen
Schritt 4	Bewertung der Qualität der Untersuchungen
Schritt 5	Analyse und Eingliederung der Ergebnisse
Schritt 6	Interpretation
Schritt 7	Präsentation der Ergebnisse

Tabelle 2: Reviewprozess (Quelle: in Anlehnung an Cooper, 2010, S. 12)

Schritt 1 ergibt sich aus den Forschungsfragen:

- Welche Theorien lassen sich in der wissenschaftlichen Forschung des Supply Chain Managements identifizieren und sind als besonders relevant für das Supply Chain Management einzustufen?
- Welchen Erklärungsbeitrag leisten die identifizierten Theorien für das Supply Chain Management?

Im Rahmen der Literatursuche (Schritt 2) kann das bei Webster/Watson (2002) beschriebene Vorgehen aus Quellenidentifikation, Rückwärts- und Vorwärtssuche angewendet werden. Danach werden im ersten Schritt relevante Zeitschriften und Datenbanken identifiziert. Auf Basis der dann identifizierten Artikel werden zum einen im Rahmen einer Rückwärtssuche relevante Literaturverweise gesichtet und zum anderen wird im Zuge der Vorwärtssuche nach weiteren Inhalten zu den in den Artikeln beschriebenen Zusammenhängen gesucht.

Hier wird zunächst in einem Zwischenschritt ein verkürztes Vorgehen gewählt, d. h. es werden relevante Zeitschriften identifiziert und in diesen nach relevanten Arti-

keln gesucht. Danach werden die Schritte drei und vier in dem Schritt Fundstellen zusammengefasst. Somit erhalten wir ein erstes Ergebnis auf Basis einer geringen, aber relevanten Anzahl von Artikeln. Das erzielte Ergebnis wird dann klassisch auf Basis einer Datenbankrecherche erweitert oder angepasst. Hierbei werden die Schritte 2 bis 4 nochmals datenbankgestützt durchlaufen.

3.2 Literatursuche und Fundstellen: Erste Ergebnisse

Mit Hilfe des vom Verband Deutscher Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. geführten Zeitschriftenratings VHB-JOURQUAL3 wurden 26 Journals der Kategorien A+ und A identifiziert, welche den Themengebieten Allgemeine BWL, Logistik und Produktionswirtschaft zuzuordnen sind. Hinzu kommen 40 Journals mit den gleichen Kriterien der Rating-Kategorie B. Für die weitergehende Suche wurden die Suchbegriffe Supply Chain Management mit Theorie, Theories und Theory verwendet. Darüber hinaus Organisationstheorien und Betriebswirtschaftslehre. Zur Ausweitung der Recherche wurde eine Stichwortsuche mit den oben genannten Begriffen durchgeführt. Diese Stichworte wurden in den Titeln, Schlagwörtern, Abstracts oder Inhaltsverzeichnissen der verschiedenen Werke gesucht. Um die Forschung aktuell zu halten, wurden als Untersuchungszeitraum die Jahre 2000 bis 2018 festgelegt. Auf Basis der Forschungsfragen wurden schließlich Beiträge aus drei Zeitschriften mit Bezug zu Theorien und Supply Chain Management ausgewählt. Darüber hinaus wurden im Rahmen einer Handrecherche eine Monographie sowie zwei Sammelwerke der Auswahl hinzugefügt.

Titel	Art (Ranking)
Supply Chain Management: An international Journal	Journal (B)
International Journal of Physical Distribution & Logistic Management	Journal (B)
International Journal of Operations & Production Management	Journal (B)
Schwaiger/ Meyer (2009): Theorien und Methoden der Betriebswirtschaftslehre	Sammelwerk
Kieser/Ebers (2014): Organisationstheorien	Sammelwerk
Thommen et al. (2018): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre	Monographie

Tabelle 3: Verwendete Literatur im Rahmen des verkürzten Vorgehens

Anhand des zu leistenden Forschungsbeitrags bedarf es einer systematischen Auswertung der identifizierten Beiträge. Eine individuelle Auswertung der Titel und Abstracts sowie ein Screening der gesamten Artikel wurde dabei genutzt, um die relevanten Artikel herauszufiltern. Im Rahmen der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Begriffe „Theorie“ und „Supply Chain Management“ und deren gemeinsame Analyse selten zusammen in einem Beitrag auftreten. Dies schränkt die Auswahl relevanter Beiträge ein. Somit wurden aus den in Tabelle 3 gelisteten Zeitschriften sechs Beiträge ausgewählt.

Journal	Beitrag	Autor/Jahr
Supply Chain Management: An international Journal	Complementary theories to supply chain management	Halldórsson et al. (2007)
	Complementary theories to supply chain management revisited – from borrowing theories to theorizing	Halldórsson et al. (2015)
	Towards a “theoretical toolbox” for strategic sourcing	Shook et al. (2009)
	Theoretical perspectives in purchasing and supply chain management: an analysis of the literature	Chicksand et al. (2012)
International Journal of Physical Distribution & Logistic Management	Theories in sustainable supply chain management: a structured literature review	Touboulic/Walker (2015)
International Journal of Operations & Production Management	Supply chain management: a structured literature review and implications for future research	Burgess et al. (2006)

Tabelle 4: Analyisierte Beiträge aus den relevanten Zeitschriften

Im Sammelwerk „Theorien und Methoden der Betriebswirtschaftslehre“ sind für diesen Bezugsrahmen lediglich die (18) Beiträge von Teil A (Seite 1–312) relevant. Die darin enthaltenen Kapitel setzen sich mit den grundlegenden Theorien der betriebswirtschaftlichen Forschung auseinander. Da das Supply Chain Management verschiedene Teildisziplinen der BWL integriert, sind letztere in diesem Zusammenhang durchaus relevant. Das Sammelwerk von Kieser/Ebers (2014) beschäftigt sich mit Organisationstheorien. Somit sind alle Kapitel des Buches zu berücksichtigen. Aus der Monographie „Allgemeine Betriebswirtschaftslehre“ ist Kapitel 39 relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage, da es sich intensiv mit organisationstheoretischen Ansätzen auseinandersetzt.

Die nachfolgende Graphik zeigt die Theorien sowie die Anzahl ihrer jeweiligen Nennungen in der ausgewählten Literatur. Folglich wird hier eine erste Antwort auf die Forschungsfrage „Welche Theorien lassen sich in der wissenschaftlichen Forschung des Supply Chain Managements identifizieren und sind als besonders relevant für das Supply Chain Management einzustufen?“ gegeben.

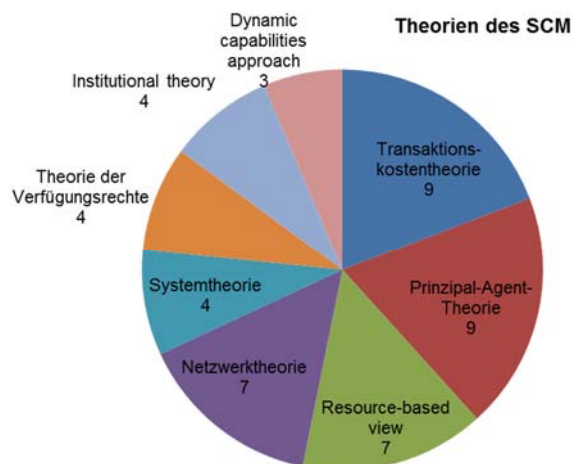


Abbildung 1: Relevante Theorien des Supply Chain Managements (verkürztes Vorgehen)

Insgesamt wurden 21 verschiedene Theorien genannt. In Abbildung 1 sind diejenigen dargestellt, welche mindestens dreimal genannt wurden. Es zeigt sich, dass die Transaktionskostentheorie, die Prinzipal-Agent-Theorie, der Resource-based view und die Netzwerktheorie die als relevant für das Supply Chain Management meist genannten sind. Dieses erste Zwischenergebnis überrascht insofern nicht, da die beiden Beiträge von Halldórsson et al. (2007) und Halldórsson et al. (2015) einen entsprechenden Einfluss auf das Ergebnis haben. Zur Verifizierung dieses Ergebnisses wird und muss daher nun eine umfassende, insbesondere datenbankgestützte Literaturanalyse durchgeführt werden.

3.3 Literatursuche und Fundstellen: Weiterführende Ergebnisse

Zunächst wird durch eine weitere Handrecherche und durch eine Suche sowohl über den Online-Katalog der Universitätsbibliothek Bamberg als auch über die elektronische Datenbank EBSCO Host nach Supply Chain Management und Theorien gesucht. Darauf aufbauend wird mit Hilfe der wissenschaftlichen Suchmaschine Google Scholar gesucht. Dabei wird die erweiterte Suche verwendet, wobei innerhalb des Zeitraums von 2008 bis 2018 recherchiert wird, um noch aktuellere Ergebnisse und Forschungsströmungen zu erfassen. Es werden zwei Suchstrategien durchgeführt. In der ersten weitgefasteren Recherche wird eine Beschränkung auf die ersten 500 Quellen vorgenommen, um auf eine überschaubare, zu analysierende Menge zu kommen. Zur Optimierung der Literatursuche wird ergänzend eine zweite intensivere Recherche mit rein englischen Suchbegriffen durchgeführt. Aufgrund der Fülle des vorgefundenen Materials erfolgt eine Beschränkung auf die ersten 150 Suchergebnisse.

Die erste Auswahl von wichtigen Publikationen aus den insgesamt 650 Google Scholar Ergebnissen erfolgt nach Relevanz- und Qualitätskriterien. Dabei geschieht die Relevanzbestimmung durch die Orientierung an Schlüsselwörtern (z. B. Supply Chain Management, Supply Chain, Theorie, Ansatz, theory, view) beim Durchsehen von Titel, Inhaltsverzeichnis, Einleitung/Abstract und Fazit/Conclusion der jeweiligen Publikationen. Das zweite Kriterium ist Qualität. Es wird versucht möglichst qualitativ hochwertige Literatur zu verwenden. Dabei wird sowohl auf Fachbücher als auch wieder mit Hilfe des Zeitschriftenratings VHB-JOURQUAL3 auf Artikel mit Peer-Review-Verfahren aus wissenschaftlichen Zeitschriften geachtet. Nach diesem ersten Selektionsschritt bei beiden Suchstrategien werden insgesamt 203 Beiträge ausgewählt. Im zweiten Selektionsschritt werden Doppelungen entfernt, wodurch insgesamt 180 Quellen übrigbleiben. Im dritten und letzten Selektionsschritt werden Beiträge, die Green/Sustainable Supply Chain Management und Supply Chain Risk Management betreffen ausgeschlossen, da auf generelles Supply Chain Management fokussiert wird. Auch wurden bestehende Literature Reviews

entfernt, um Dopplungen und/oder Beiträge vor 2008 auszuschließen. Letztendlich werden 36 Beiträge aus der Google Scholar Recherche und insgesamt 12 Beiträge der Handrecherche sowie der Suche über den Bamberger Katalog und EBSCO Host als relevant identifiziert (siehe Abbildung 2).

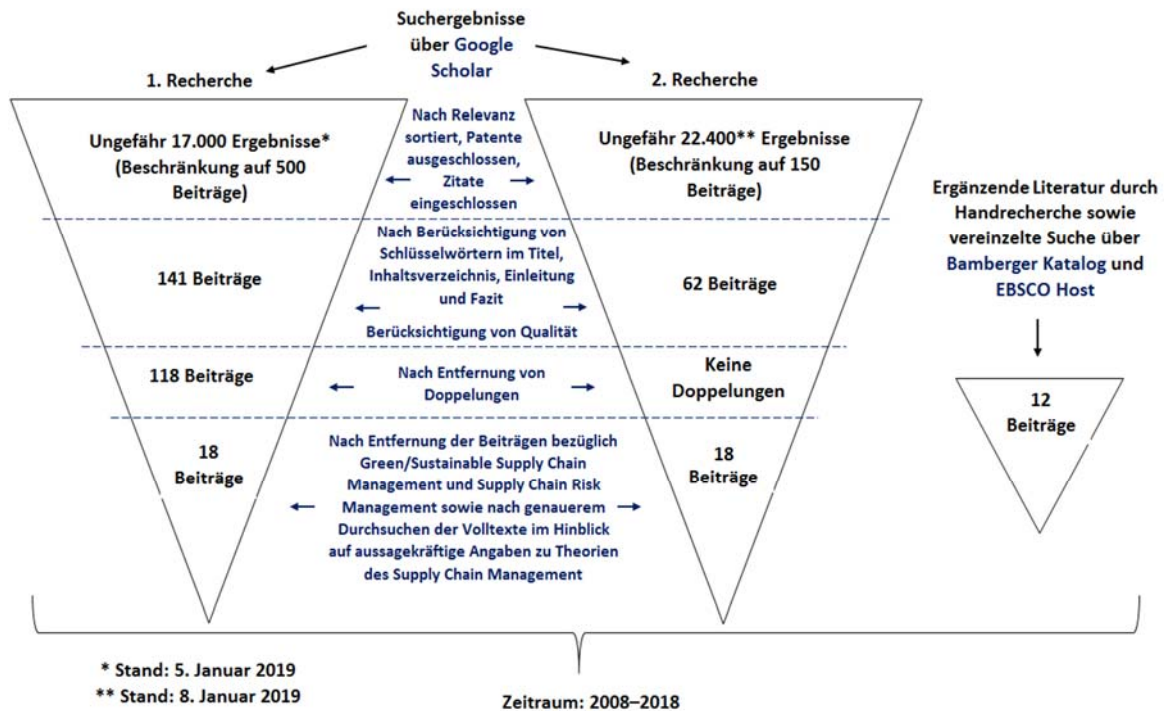


Abbildung 2: Erweiterte Literaturrecherche

Die ausgewählte Literatur wird anschließend auf die Bedeutung der einzelnen Theorien für das Supply Chain Management analysiert. Als Anhaltspunkt dient neben der inhaltlichen Bewertung die Anzahl der Beiträge, in denen die Theorien genannt werden. Hierbei werden die Theorien ausgewählt, die in mehr als fünf Beiträgen genannt werden und somit als besonders erklärungsmächtig angesehen werden (Tabelle 5). Anhand der gekennzeichneten Theorien ist die Häufigkeit ihres Vorkommens ersichtlich. Es gelten folgende Abkürzungen:

AT	Austauschtheoretische Ansätze	PRT	Property-Rights-Theorie / Theorie der Verfügungsrechte
CBV	Competence-based View / Kernkompetenztheorie	RAT	Resource-Advantage-Theorie
DCT	Dynamic-Capabilities-Theorie	RBV	Resource-based View / Ressourcenorientierte Theorie
KAT	Kapitaltheorie	RDT	Resource-Dependence-Theorie / Ressourcenabhängigkeitstheorie
KBV	Knowledge-based View/Wissensorientierte Theorie	RV	Relational View / Beziehungsorientierte Theorie
KT	Kontingenztheorie/Situativer Ansatz	SPT	Spieltheorie
MBV	Market-based View / Marktorientierte Theorie	SYT	Systemtheorie
NT	Netzwerktheoretische Ansätze	TKT	Transaktionskostentheorie
PAT	Prinzipal-Agent-Theorie		

Quellen		Theorien																
Nr.	Autor, Jahr	TKT	RBV	PAT	RV	RDT	AT	NT	KT	SPT	SYT	MBV	DCT	KBV	PRT	RAT	CBV	KAT
1	Corsten/Gössinger (2008)	X				X	X				X							
2	Ivanov et al. (2010)																	
3	Hofmann (2014)	X	X	X	X			X	X		X	X					X	X
4	Deimel et al. (2008)	X		X		X	X			X								
5	Paul et al. (2017)							X										
6	Völker/Neu (2008)	X		X		X	X	X		X								
7	Mohr (2010)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				
8	Van Weele et al. (2017)	X	X	X		X												
9	Becker (2011)	X		X											X			
10	Schmidt/Götze (2011)		X		X							X						
11	Koch (2012)	X		X		X	X	X		X		X			X		X	
12	Götze/Lang (2008)	X	X		X	X		X			X	X					X	
13	Metze (2010)	X	X							X								
14	Schuh et al.(2011)																	
15	Herrmann (2010)	X																
16	Wilke (2012)	X		X							X				X			
17	Entchelmeier (2008)		X	X														
18	Jayaram/Tan (2010)	X	X															
19	Cao/Zhang (2011)	X	X		X													
20	Craighead et al. (2009)		X											X				
21	Singh/Power (2009)	X	X			X			X									X
22	Tukamuhabwa et al. (2015)		X		X	X			X		X		X					X
23	Park-Poap/Rees (2010)																	
24	Ellram (2013)	X	X															
25	Hearnshaw/Wilson (2013)	X		X			X	X										
26	Dong et al. (2009)	X	X															
27	Mena et al. (2013)	X	X		X			X		X				X				
28	Leuschner et al. (2013)	X	X		X		X							X		X		
29	Fawcett et al. (2012)		X		X				X				X					
30	Williamson (2008)	X																
31	Priem/Swink (2012)		X													X		
32	Waller/Stanley (2013)	X	X	X		X			X									
33	Stadtler et al. (2015)	X	X									X						
34	Barney (2012)		X													X		
35	Blome et al. (2013)		X										X					
36	Brüning (2019)		X		X	X	X											
37	Hugos (2018)																	
38	Defee et al. (2010)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	
39	Däcke (2013)	X	X	X											X			
40	Cousins et al. (2008)	X	X		X					X								X
41	Werner (2017)	X	X		X							X						
42	Fawcett et al. (2014)		X						X									
43	Eßig et al. (2013)	X	X	X			X	X			X	X						
44	Gupta/ Andersen (2018)																	
45	Tatarczak (2018)									X								
46	Halldórsson et al. (2015)	X	X	X				X										
47	Soosay/Hyland (2015)	X	X	X	X		X		X				X			X		
48	Hänsel/Stölzle (2017)			X														
	Anzahl Nennungen	30	31	16	13	12	11	11	9	9	8	8	5	5	4	4	4	4

Tabelle 5: Häufigkeiten genannter Theorien des Supply Chain Managements

Die umfangreiche, datenbankgestützte Recherche zeigt, dass insbesondere die Transaktionskostentheorie, die Prinzipal-Agent-Theorie, der Resource-based view sowie die Resource-Dependence-Theorie/Ressourcenabhängigkeitstheorie, die Netzwerktheorie und austauschtheoretische Ansätze als sehr relevant für das Supply Chain Management angesehen werden. Die erste Analyse auf Basis einiger weniger Quellen (verkürztes Vorgehen) ist somit weitgehend bestätigt bzw. lediglich erweitert worden. Die entsprechend der Häufigkeit ihrer Nennung ausgewählten Theorien werden in Kapitel 4 hinsichtlich ihres Erklärungsbeitrags für das Supply Chain Ma-

nagement analysiert. Auf eine grundsätzliche Erläuterung und Darstellung der Theorien wird dabei verzichtet. Hierzu sei beispielsweise auf Schwaiger/Meyer (2009) verwiesen, d. h. es wird der Erklärungsbeitrag der Theorien für das Supply Chain Management fokussiert.

4 Impulse der Theorien des Supply Chain Managements

4.1 Transaktionskostentheorie

Im Kontext des Managements von Supply Chains lässt sich die Transaktionskostentheorie insbesondere auf das Entscheidungsproblem „Make-or-Buy“ bzw. auf Entscheidungen bezüglich der Wertschöpfungstiefe in Supply Chains anwenden (Eßig et al., 2013). Supply Chain-Akteure müssen entscheiden, wo sie am gesamten Wertschöpfungsprozess der Supply Chain teilnehmen sollen, sowohl hinsichtlich ihrer Netzwerkposition als auch hinsichtlich des Umfangs, in dem sie ihre Grenzen vor- und nachgelagert erweitern möchten (Cousins et al., 2008).

Zudem kann die Transaktionskostentheorie dazu herangezogen werden, das Aufkommen von unterschiedlichen institutionellen Arrangements zu erklären und festzulegen, welche Transaktionsarten in diesen am kostengünstigsten abzuwickeln sind (Koch, 2012). Es lassen sich institutionelle Arrangements auf dem Markt, in zwischenbetrieblicher Kooperation (Hybrid) und in Hierarchie (vertikale Integration) vereinbaren. Auf Basis der Transaktionskostentheorie kann die Eingliederung von Supply Chains als hybrides institutionelles Arrangement zwischen Markt (= Fremdbezug) und Hierarchie (= Eigenfertigung) erklärt werden (Hofmann, 2014).

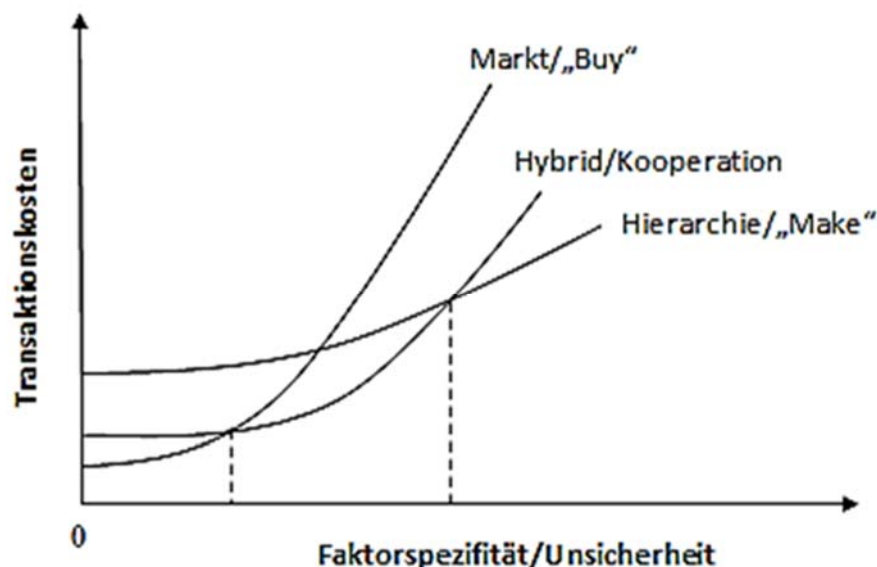


Abbildung 3: Transaktionskosten zur Bewertung von Arrangements
(Quelle: in Anlehnung an Williamson, 1991, S. 284)

So resultieren z. B. aus hoher Faktorspezifität und Unsicherheit Marktbeschaffungsrisiken sowie hohe Transaktionskosten. Als institutionelles Arrangement wird daher eine vertikale Integration bevorzugt. Dagegen ist die Koordinationsform des Marktes bei niedriger Faktorspezifität günstig. Da Standardgüter ausgetauscht werden, fallen niedrige Transaktionskosten an. Schließlich sind Kooperationen, wie in Supply Chains, bei hoher Faktorspezifität und höherer Transaktionshäufigkeit geeigneter und somit den Alternativen Markt und Hierarchie vorzuziehen.

4.2 Prinzipal-Agent-Theorie

Im Mittelpunkt der Prinzipal-Agent-Theorie stehen die Verhältnisse zwischen Transaktionspartnern. Die einzelnen Vertragsbeziehungen in einer Supply Chain lassen sich mit der Prinzipal-Agent-Theorie erklären, da diese als eine Abfolge einzelner Kunden-Lieferanten-Beziehungen abgebildet werden können.

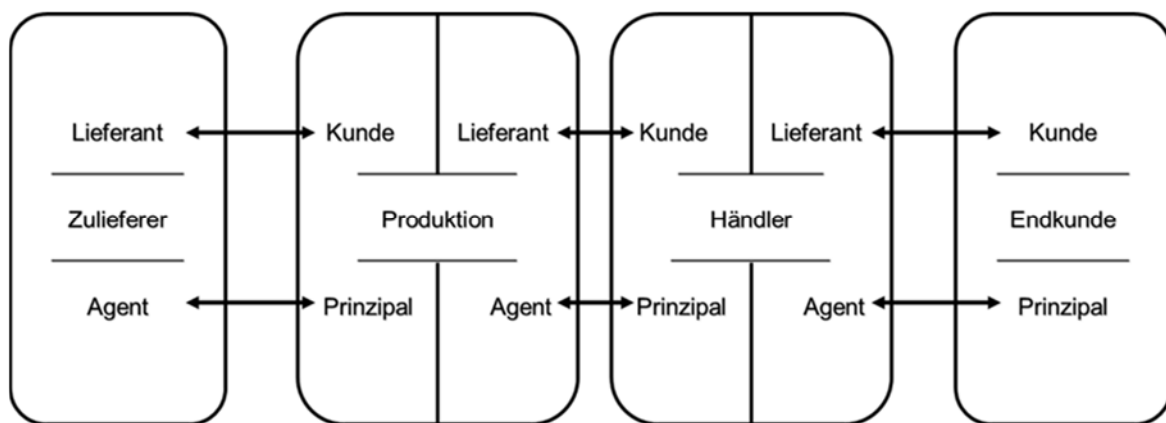


Abbildung 4: Kunden-Lieferanten-Beziehungen in Supply Chains

Im Kontext der Prinzipal-Agent-Theorie ist eine Kooperation in einer Supply Chain gekennzeichnet durch bestens ausformulierte, wechselseitige Geschäftsbeziehungen der beteiligten Organisationen (Völker/Neu, 2008). Jedoch ergibt sich das Problem verborgener Handlungen, da der Prinzipal nicht alle Ausführungen des Agenten beobachten kann (Asdecker, 2014).

Die Prinzipal-Agent-Theorie lässt sich auch auf die Retourenprozesse zwischen Distributor (als Prinzipal) und Handel (als Agent) projizieren (Hänsel/Stölzle, 2017). Der Distributor besitzt beispielsweise ein Informationsdefizit gegenüber dem Handel bezüglich anfallender Retourenmengen. Dieses Defizit entsteht durch zeitversetzt abgesetzte Benachrichtigungen über Bestandsmengen oder Retourensensungen. Des Weiteren unterliegen der Distributor sowie der Handel grundsätzlich internen und eigenständigen Zielen in Bezug auf die Rücklieferungsmengen und Retourenkosten. So führt beim Handel das Streben nach Bestandsreduktion (z. B. von nicht verkauften Artikeln) zu einem höheren Rücklieferungsaufwand beim Distributor. Zusammenfassend hilft somit die Theorie, die zumeist kostenintensiven

Rücklaufprozesse zwischen Unternehmen zu analysieren und zu verbessern (Hänsel/Stölzle, 2017).

4.3 Resource-based view

„The Resource-based View sees companies as very different collections of physical and intangible assets and capabilities” (Collis/Montgomery, 1995, S. 119). Das so genannte VRIS-Rahmenkonzept beschreibt die vier Eigenschaften von Ressourcen: Wert (value), Seltenheit (rare), nicht-imitierbar (inimitable) und nicht-substituierbar (non-substitutable). Diese sind notwendig, um Wettbewerbsfähigkeit zu erzielen und zu halten (Hieke, 2009).

Durch die ressourcenorientierte Theorie kann aufgezeigt werden, welcher Ausrüstung an technischen, personellen oder organisatorischen Kapazitäten Unternehmen und ihre Supply Chain-Partner zur Realisierung von überdurchschnittlichen Gewinnen bedürfen (Hofmann, 2014). Die Ressourcen, das Wissen und die Fähigkeiten der Supply Chain-Akteure haben das Potenzial, langfristig auf Branchenstrukturen und Standards einzuwirken (Eßig et al., 2013). Der ressourcenorientierten Theorie zufolge bilden sich Supply Chains aufgrund der Beschaffung und der Verwendung von Ressourcen. Durch das Supply Chain Management werden strategische Ressourcen, z. B. über die proaktive Einbindung eines speziellen Lieferanten, schnell und kostengünstig zugänglich. Zudem können zeitweise ungenutzte Ressourcen befristet in Projekten mit anderen Akteuren verwendet werden. Durch die Zusammenarbeit in Supply Chains wird die Nutzung materieller und immaterieller Ressourcen der Akteure möglich (Schmidt/Götze, 2008). Dadurch entsteht ein kollektiver Ressourcenpool, womit nachhaltige Wettbewerbsvorteile erzielt werden können. Zudem werden die Investitions- und Erhaltungskosten der Unternehmen minimiert und es findet Risikoteilung statt. Hohe positive Effekte, die sich aus der Zusammenarbeit in Supply Chains ergeben, sind vorwiegend die starke Spezialisierung auf bestimmte Wertschöpfungsabschnitte. Komplementäre Kompetenzen und andere Ressourcen werden dadurch in einem hohen Maß vereinigt. Supply Chains können somit als Grundlage für die Entwicklung einzigartiger Ressourcen angesehen werden. Somit dienen sie zum Aufbau von Wettbewerbsvorteilen (Schmidt/Götze, 2008 und Schmidt/Götze, 2011).

4.4 Resource-Dependence-Theorie und austauschtheoretische Ansätze

Die Ressourcenabhängigkeitstheorie zeigt im Kontext des Supply Chain Managements auf, dass ein Supply Chain-Akteur über knappe Ressourcen verfügt (Völker/Neu, 2008). Er benötigt zum Überleben externe Ressourcen, da er für seine Ziele nicht alle Ressourcen aufbringen kann. Diese Ressourcen müssen von anderen Unternehmen innerhalb der Supply Chain aufgenommen werden, weshalb Abhän-

gigkeiten auftreten. Die Unternehmen streben an, diese Abhängigkeiten und somit Unsicherheiten des externen Umfeldes zu reduzieren, z. B. durch Kooperationen mit den entsprechenden externen Parteien. Dabei ist ein kontinuierlicher und wechselseitiger Informationsaustausch zur Verringerung der Ressourcenabhängigkeit nötig. Somit werden Interaktionen mit Lieferanten erforderlich, um sich als Unternehmen an Veränderungen des Supply Chain-Umfeldes anzupassen sowie diese vorhersehen zu können (Van Weele/Eßig, 2017). Hierbei sind zur Sicherung von externen Ressourcen, zur Schaffung von Kundennutzen und zur Förderung von Wettbewerbsfähigkeit produktive Beziehungen zu den versiertesten Lieferanten essentiell. Folglich sagt die Ressourcenabhängigkeitstheorie aus, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Supply Chain Unternehmen von ihrem externen Ressourcenmanagement abhängig ist (Van Weele/Eßig, 2017).

Die Ressourcenabhängigkeitstheorie hat ihre Wurzeln in der sozialen Austauschtheorie, die das Marktungleichgewicht der beteiligten Akteure diskutiert (Koch, 2012). Dieses entsteht durch den unterschiedlichen Zugriff auf Ressourcen. Die soziale Austauschtheorie bietet eine theoretische Grundlage zur Einbeziehung sozialer Austauschfaktoren in die Beziehungen zwischen Käufer und Lieferant (Wagner et al., 2011). Als Kennzeichen für den Ruf eines Lieferanten sind Faktoren des zwischenmenschlichen sozialen Austauschs wie Vertrauen und Fairness für langfristige Käufer-Lieferanten-Beziehungen essentiell.

4.5 Netzwerktheorie und Systemtheorie

Die Netzwerktheorie und die Systemtheorie beschäftigen sich unter anderem mit der Beobachtung, dass Unternehmensnetzwerke mit Partnerunternehmen als Teilsysteme aufgrund eines zunehmend dynamischer werdenden Wettbewerbsumfeldes entstehen (Erdmann, 2007). Die hierfür notwendige hohe Anpassungsfähigkeit wird ermöglicht durch die flexible Verbindung autonomer Teilsysteme, d. h. der Partnerunternehmen.

Die Netzwerktheorie analysiert Beziehungen zwischen Akteuren in einem Netzwerk und findet somit auch Anwendung auf Supply Chains. Sie hilft in einer Supply Chain zum Beispiel zu erklären, wie gestiegene Komplexität sowie Kostendruck in einer Branche sich auf die Beziehungen zwischen Lieferanten und Herstellern auswirken können (Paul et al., 2017). Sie trägt dazu bei, die Relevanz von Koordinationsmechanismen in einer Supply Chain zu untersuchen.

Die Systemtheorie wiederum kann insbesondere für die Strukturierung von Supply Chains hilfreich sein (Eßig et al., 2013). Beispielsweise können sowohl der Umfang und die Verzweigung von Supply Chains, z. B. in Form von Subsystemen, als auch die Beziehungen zwischen den Beteiligten veranschaulicht werden. Diese Theorie

trägt außerdem dazu bei, dynamische Ursache-Wirkungsbeziehungen in der Netzwerkstruktur der Supply Chain zu systematisieren (Wilke, 2012).

5 Zusammenfassung und Fazit

Supply Chain Management deckt eine Vielzahl von Planungs- und Koordinationsaufgaben in unternehmensübergreifenden Netzwerken ab. Zur Beschreibung und Klassifizierung der Managementaufgaben lassen sich drei, bezüglich des Planungshorizonts und der Planungsobjekte, vertikal (hierarchisch) interdependente Planungsebenen mit horizontal interdependenten Planungsaufgaben identifizieren: Supply Chain Configuration, Supply Chain Planning und Supply Chain Execution (Sucky, 2004).

Aufgabe der Supply Chain Configuration ist die zielgerichtete Konfiguration der gesamten Supply Chain. Aus der institutionellen Perspektive sind z. B. Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner sowie deren Wertschöpfungstiefe zu treffen. Damit werden auch die Verantwortungsgebiete über die in der Supply Chain zu realisierenden Wertschöpfungsprozesse festgelegt. Aus einer leistungsorientierten Perspektive muss beispielsweise über die Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung der stationären Wertschöpfungsprozesse entschieden werden, beispielsweise die Anzahl und Lage von Produktionsstätten, Lagern und Umschlagspunkten. Auch sind Transportrelationen zwischen den Ressourcenstandorten aus den potenziell möglichen Verbindungen auszuwählen. Auf der taktischen Planungsebene des Supply Chain Planning werden für die gesamte Supply Chain, die auf der hierarchisch übergeordneten Planungsebene der Supply Chain Configuration gestaltet wurde, mittel- bis langfristige Leistungsprogramme generiert. Die Aufgabe dieser mittel- bis langfristigen Leistungsprogrammplanung ist die Bestimmung synchronisierter Produktions-, Lager- und Transportpläne unter Berücksichtigung kapazitäts- und terminbedingter Interdependenzen. Aufgabe der Supply Chain Execution schließlich ist die kurzfristige Anpassung und Realisierung der durch das Supply Chain Planning festgelegten Leistungsprogramme.

Für jede dieser Managementaufgaben ist es möglich, eine oder mehrere Theorien als Erklärungsansatz heranzuziehen. Im Rahmen der Supply Chain Configuration spielen sicherlich die Transaktionskostentheorie sowie der Resource-based view eine herausragende Rolle. Natürlich kommt hier auch die Netzwerktheorie zum Tragen. Im Supply Chain Planning liefert insbesondere die Prinzipal-Agent-Theorie die theoretische Basis. Es kann somit festgehalten werden, dass „die“ Supply Chain Management Theorie nicht existiert. Es fehlt bisher eine universell gültige Theorie, die sämtliche Zusammenhänge bei Planung, Gestaltung und Betrieb von Supply

Chains befriedigend erklärt. Es wird daher auf eine multitheoretische Fundierung im Sinn eines theoretischen Pluralismus zurückgegriffen (Asdecker, 2014).

Die umfassende Literaturanalyse in Kapitel 3 belegt eindrücklich, dass im Supply Chain Management bisher keine universell anwendbare theoretische Fundierung existiert. Allerdings ergänzen sich die Ansätze auf eine sinnvolle Art und Weise. Halldórsson et al. (2015, S. 576) sprechen in diesem Sinne auch von „complementary theories“: „The term complementary theories is used here to underline the broad and complex nature of SCM; it requires theory to be understood, and cannot be dealt with by one particular theory alone.“

Während die Transaktionskostentheorie auf die Fragestellung abzielt, warum arbeitsteilige Supply Chains überhaupt existieren, analysiert die Prinzipal-Agent-Theorie Vertragsbeziehungen zwischen den Supply Chain-Akteuren. Demgegenüber geht der Resource-based view der Frage nach, wie sich Supply Chains unterscheiden und im Wettbewerb dauerhaft bestehen können. Damit existiert eine multitheoretische Basis für die wissenschaftliche Bearbeitung wichtiger Problemstellungen des Supply Chain Managements.

Einschränkend zu der oben durchgeführten Literaturanalyse ist anzumerken, dass lediglich bestimmt wurde, wie häufig eine Theorie in der relevanten Literatur genannt wird. Aus der Häufigkeit kann nicht unbedingt auf die Bedeutung geschlossen werden. Dies wurde jedoch in Kapitel 4 durch die Darstellung des jeweiligen Erklärungsbeitrags belegt. Allerdings muss auch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass es eine Vielzahl von Arbeiten gibt, die zwar theoriebasiert arbeiten, aber die entsprechende Theorie nicht explizit angeben (wodurch sie in solchen Literaturanalysen nicht auftauchen). An dieser Stelle sei nur die Vielzahl von quantitativen Forschungsarbeiten zum Supply Chain Management erwähnt, welche eine entscheidungs- und/oder spieltheoretische Fundierung aufweisen. Für eine theoretische Fundierung des Supply Chain Managements ist daher möglicherweise ein anderer Weg zu gehen: Bestehende Theorieansätze sind auf ihren Erklärungsbeitrag für die diversen Fragestellungen des Supply Chain Managements hin zu überprüfen. Ist ein Erklärungsbeitrag vorhanden, so geht diese Theorie in das Theoriegebäude des Supply Chain Managements ein.

6 Literaturverzeichnis

- Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel - Theoretische und empirisch fundierte Gestaltungsalternativen für das Management von Retouren, Bamberg.
- Barney, J. (2012): Purchasing, supply chain management and sustained competitive advantage: The relevance of resource-based theory, in: Journal of supply chain management, 48, 2, S. 3–6.
- Becker, J./Beverungen, D./Knackstedt, R./Matzner, M./Müller, O./Pöppelbuß, J. (2011): Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (FlexNet), in: Becker, J./Grob, H.-L./Hellingrath, B./Klein, S./Kuchen, H./Müller-Funk, U. (Hrsg.): Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik: Vol. 130, Münster.
- Blome, C./Schönherr, T./Rexhausen, D. (2013): Antecedents and enablers of supply chain agility and its effect on performance: a dynamic capabilities perspective, in: International Journal of Production Research, 51, 4, S. 1295–1318.
- Bretzke, W.-R. (2016): Die Logik der Forschung in der Wissenschaft der Logistik. Eine vergleichende Analyse auf wissenschaftstheoretischer Basis, Berlin.
- Brüning, M. (2019): Collaborative recovery from supply chain disruptions, in: Bogaschewsky, R./Eßig, M./Lasch, R./Stölzle, W. (Hrsg.): Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2018, Berlin.
- Buscher, U. (1999): ZP-Stichwort: Supply Chain Management, in: Zeitschrift für Planung, Jg. 10, Heft 4, S. 449–456.
- Cao, M./Zhang, Q. (2011): Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance, in: Journal of operations management, 29, 3, S. 163–180.
- Carter, C. R. (2011): A call for theory. The maturation of the supply chain management discipline, in: Journal of Supply Chain Management, Jg. 47, H. 2, S. 3–7.
- Collis D./Montgomery, C. (1995): Competing on Resources: Strategy in the 1990s, in: Harvard Business Review, Jg. 73, H. 4, S. 118–128.
- Cooper, H. M. (2010): Research synthesis and meta-analysis. A step-by-step approach, 4. Aufl., Los Angeles.
- Corsten, H./Gössinger, R. (2008): Einführung in das Supply Chain Management, München.

- Cousins, P./Lamming, R./Lawson, B./Squire, B. (2008): *Strategic Supply Management: Principles, Theories and Practice*, Harlow.
- Craighead, Ch./Hult, G./Tomas, M./Ketchen, D.(2009): The effects of innovation–cost strategy, knowledge, and action in the supply chain on firm performance, in: *Journal of Operations Management*, 27, 5, S. 405–421.
- Däcke, N. (2013): *Akteursbasierte Führung von Supply Chain-Beziehungen: Handlungsrahmen zum Erfolgsfaktoren-basierten Lieferanten-Management*, Berlin.
- Deimel, M./Theuvsen, L./Ebbeskotte, Ch. (2008): *Von der Wertschöpfungskette zum Netzwerk: Methodische Ansätze zur Analyse des Verbundsystems der Veredelungswirtschaft Nordwestdeutschland*. Diskussionspapier Nr. 0810 des Departments für Agrar-ökonomie und RURale Entwicklung der Georg-August-Universität Göttingen.
- Dobhan, A. (2012): *Internal Supply Chain Management - Entwicklung und experimentelle Analyse hybrider Verfahren*, Bamberg.
- Dong, S./Xu, S./Zhu, K. (2009): Research note – information technology in supply chains: The value of it-enabled resources under competition, in: *Information Systems Research*, 20, 1, S. 18–32.
- Clifford Defee, C./Williams, B./Randall, W./Thomas, R. (2010): An inventory of theory in logistics and SCM research, in: *The International Journal of Logistics Management*, 21, 3, S. 404–489.
- Eisend, M./Kuß, A. (2017): *Grundlagen empirischer Forschung: Zur Methodologie in der Betriebswirtschaftslehre*, Wiesbaden.
- Ellram, L. M. (2013): Offshoring, reshoring and the manufacturing location decision, in: *Journal of Supply Chain Management*, 49, 2, S. 3–5.
- Ellram, L. M./Cooper, M.C. (2014): Supply chain management: it’s all about the journey, not the destination, in: *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 50, No. 1, S. 8–20.
- Entchelmeier, A. (2008): *Supply Performance Measurement: Leistungsmessung in Einkauf und Supply Management*, Berlin.
- Erdmann, M.-K. (2007): *Supply Chain Performance Measurement. Operative und strategische Management- und Controllingansätze*, Lohmar.
- Eßig, M./Hofmann, E./Stölzle, W. (2013): *Supply Chain Management*, München.
- Fawcett, S./Ellram, L. M./Ogden, J. (2014): *Supply chain management: from vision to implementation*, Harlow.

- Fawcett, S./Fawcett, A./Watson, B./Magnan, G. (2012): Peeking inside the black box: toward an understanding of supply chain collaboration dynamics, in: *Journal of supply chain management*, 48, 1, S. 44–72.
- Gupta, M./Andersen, S. (2018): Throughput/inventory dollar-days: TOC-based measures for supply chain collaboration, in: *International Journal of Production Research*, S. 1–17.
- Hänsel, M./Stölzle, W. (2017): Optimierungspotenzial im Retourennetzwerk am Beispiel der Mediendistribution, in: Bogaschewsky, R./Eßig, M./Lasch, R./Stölzle, W. (Hrsg.): *Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2016*, Berlin.
- Halldórsson, A./Kotzab, H./Mikkola, J./Skjøtt-Larsen, T. (2007): Complementary theories to supply chain management, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, Jg. 12, H. 4, S. 284–296.
- Halldórsson, A./Hsuan, J./Kotzab, H. (2015): Complementary theories to supply chain management revisited – from borrowing theories to theorizing, in: *Supply Chain Management: An International Journal* 20:6, S. 574–586.
- Hearnshaw, E./Wilson, M. (2013): A complex network approach to supply chain network theory, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 33, 4, S. 442–469.
- Heinen, E. (1985): *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*, Wiesbaden.
- Heinzel, H. (2001): Supply Chain Management und das SCOR-Modell – Ein Methodenframework für wettbewerbsfähige Netzwerke, in: Arnold, U./Mayer, R./Urban, G. (Hrsg.): *Supply Chain Management – Unternehmensübergreifende Prozesse, Kollaboration, IT-Standards*, Bonn, S. 49–68.
- Herrmann, J. (2010): *Supply Chain Scheduling*, Berlin.
- Hieke, S. (2009): Der Ressourcenorientierte Ansatz, in: Schwaiger, M./Meyer, A. (Hrsg.): *Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft. Handbuch für Wissenschaftler und Studierende*, München, S. 61–82.
- Hofmann, E. (2014): *Interorganizational Operations Management: von der Strategie bis zur finanziellen Steuerung der Performance in Supply Chains*, Berlin.
- Hugos, M. (2018): *Essentials of supply chain management*, Fourth Edition, Hoboken.
- Ivanov, D./Sokolov, B./Kaeschel, J. (2010): A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics

- considerations, in: *European Journal of Operational Research*, 200, 2, S. 409–420.
- Jayaram, J./Tan, K.-C. (2010): Supply chain integration with third-party logistics providers, in: *International Journal of Production Economics*, 125, 2, S. 262–271.
- Kieser, A./Ebers, M. (2014): *Organisationstheorien*, Stuttgart.
- Koch, S. (2012): *Logistik – Eine Einführung in Ökonomie und Nachhaltigkeit*, Berlin.
- Kuhn, A./Hellingrath, H. (2002): *Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette*, Berlin.
- Kummer, S./Grün, O./Jammernegg, W. (2019): *Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik*, 4. Auflage, München.
- Kurbel, K. (2005): *Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management*, 6. Auflage, München.
- Leuschner, R./Rogers, D./Charvet, F. (2013): A meta-analysis of supply chain integration and firm performance, in: *Journal of Supply Chain Management*, 49, 2, S. 34–57.
- Mena, C./Humphries, A./Choi, T. (2013): Toward a theory of multi-tier supply chain management, in: *Journal of Supply Chain Management*, 49, 2, S. 58–77.
- Mentzer, J. T./DeWitt, W./Keebler, J. S./Min, S./Nix, N. W./Smith, C. D./Zacharia, Z. G. (2001): Defining Supply Chain Management, in: *Journal of Business Logistics*, 22, 2, S.1–25.
- Mohr, G. (2010): *Supply Chain Sourcing: Konzeption und Gestaltung von Synergien durch mehrstufiges Beschaffungsmanagement*, Berlin.
- Metze, T. (2010): *Supply Chain Finance: die wertorientierte Analyse und Optimierung des Working Capital in Supply Chains*, Köln.
- Park-Poaps, H./Rees, K. (2010): Stakeholder forces of socially responsible supply chain management orientation, in: *Journal of business ethics*, 92, 2, S. 305–322.
- Paul, M./Darkow, I.-L./Kotzab, H. (2017): Coordination of Automotive Supplier networks: Different approaches toward utilizing Power and Trust as Coordination Mechanisms, in: Bogaschewsky, R./Eßig, M./Lasch, R./Stölzle, W. (Hrsg.): *Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2016*, Berlin.

- Pfohl, H.-Ch. (2000): Konzept, Trends, Strategien, in: Pfohl, H.-Ch. (Hrsg.): Supply Chain Management: Logistik plus? (Unternehmensführung und Logistik; 18), Berlin, S. 1–44.
- Popper, K. (2005): Logik der Forschung, 11. Aufl., Tübingen.
- Prediger, S. (2015): Theorien und Theoriebildung in didaktischer Forschung und Entwicklung, in: Bruder, R./Hefendehl-Hebeker, L./Schmidt-Thieme, B./Weigand, H.-G. (Hrsg.): Handbuch der Mathematikdidaktik, Berlin, S. 443–462.
- Priem, R./Swink, M. (2012): A demand-side perspective on supply chain management, in: Journal of Supply Chain Management, 48, 2, S. 7–13.
- Schmidt, A. P. (2002): Supply Chain Management: Konzepte, Probleme und Lösungen, in: InfoWeek.ch, 21. März, 10/2002, S. 25–28.
- Schmidt, A./Götze, U. (2008): Strategisches Supply Chain Management – Erklärungsansätze und Gestaltungsrahmen, in: Götze, U./Lang, R. (Hrsg.): Strategisches Management zwischen Globalisierung und Regionalisierung, Wiesbaden, S. 67–96.
- Schmidt, A./Götze, U. (2011): Strategisches Supply Chain Controlling–Funktionen, Instrumente und Kompetenzorientierung, in: Controlling & Management, 55, 2, S. 29–39.
- Schönsleben, P. (2002): Integrales Logistikmanagement – Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen, 3. Aufl., Berlin.
- Scholz-Reiter, B./Jakobza, J. (1999): Supply Chain Management – Überblick und Konzeption, in: HMD, Praxis der Wirtschaftsinformatik, 36. Jg., Heft 207, S. 7–15.
- Schuh, G./Stich, V./Brosze, T./Fuchs, S./Pulz, Ch./Quick, J./Schürmeyer, M./Bauhoff, F. (2011): High resolution supply chain management: optimized processes based on self-optimizing control loops and real time data, in: Production Engineering, 5, 4, S. 433–442.
- Schwaiger, M./Meyer, A. (2011): Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft. Handbuch für Wissenschaftler und Studierende, München.
- Singh, P./Power, D. (2009): The nature and effectiveness of collaboration between firms, their customers and suppliers: a supply chain perspective, in: Supply Chain Management: An International Journal, 14, 3, S. 189–200.

- Soosay, C./Hyland, P. (2015): A decade of supply chain collaboration and directions for future research, in: *Supply Chain Management: An International Journal*, 20, 6, S. 613–630.
- Stadtler, H. (2015): Supply Chain Management: An Overview, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.): *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Berlin, S. 3–28.
- Stock, J. R./Boyer, S. L. (2009): Developing a consensus definition of supply chain management. a qualitative study, in: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39. Jg. (2009), Heft 8, S. 690–711.
- Sucky, E. (2004): *Koordination in Supply Chains: Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken*, Wiesbaden, 2004.
- Tataczak, A. (2018): Profit allocation problems for fourth party logistics supply chain coalition based on game theory approach, in: *Journal of Economics & Management*, 33, S. 120–135.
- Thaler, K. (2001): *Supply Chain Management – Prozessoptimierung in der logistischen Kette*, Köln, Wien.
- Thiel, C. (1996): Theorie, in: Mittelstraß, J. (Hrsg.): *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie* (Bd. 4), Stuttgart, S. 260–270.
- Thommen, J. P./ Achleitner, A. K./ Gilbert, D. U./ Hachmeister, D./ Kaiser, G. (2017): *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht*, Wiesbaden.
- Tukamuhabwa, B./Stevenson, M./Busby, J./Zorzini, M. (2015): Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study, in: *International Journal of Production Research*, 53, 18, S. 5592–5623.
- Van Weele, A. J./Eßig, M. (2017): *Strategische Beschaffung: Grundlagen, Planung und Umsetzung eines integrierten Supply Management*, Berlin.
- Völker, R./Neu, J. (2008): *Supply Chain Collaboration: Kollaborative Logistikkonzepte für Third- und Fourth-Tier-Zulieferer*, Berlin.
- Wagner, S. M./Coley, L. S./Lindemann, E. (2011): Effects of suppliers’ reputation on the future of buyer-supplier relationships: the mediating role of outcome fairness and trust, in: *Journal of Supply Chain Management* 47(2), S. 29–48.
- Waller, M./Fawcett, S. (2013): Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management, in: *Journal of Business Logistics*, 34, 2, S. 77–84.

- Webster, J./ Watson R. T. (2002): Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review, in: MIS Quarterly, Jg. 26, H. 2, S. 13–23.
- Werner, H. (2017): Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 6. Auflage, Wiesbaden.
- Wilke, J. (2012): Supply Chain Koordination durch Lieferverträge mit rollierender Mengenflexibilität: Eine Simulationsstudie am Beispiel von Lieferketten der deutschen Automobilindustrie, Berlin.
- Williamson, O. (1991): Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives, in: Administrative Science Quarterly 36(2), S. 269–296.
- Williamson, O. (2008): Outsourcing: Transaction cost economics and supply chain management, in: Journal of supply chain management, 44, 2, S. 5–16.
- Zäpfel, G. (2000): Supply Chain Management, in: Baumgarten, H./Wiendahl, H.-P./Zentes, J. (Hrsg.): Logistik-Management, Berlin u. a., Abschnitt 7-02-03, S. 1–32.

Eine Methode zur Bestimmung eines Abbruchkriteriums für die strategische Standortentscheidung

Lars Eberhardt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Industrieforschungsprojekt OBERA an der University of Applied Sciences Schweinfurt und Geschäftsführer der Inside GmbH, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, lars.eberhardt@fhws.de

Prof. Dr. Alexander Dobhan

Leiter des ERP-Labors (innerhalb der FHWS) sowie Professor für Business Process Management & Business Applications an der University of Applied Sciences Schweinfurt und Projektprofessor im Industrieforschungsprojekt OBERA, Ignaz-Schön-Straße 11, 97421 Schweinfurt, alexander.dobhan@fhws.de

1	Einführung und Problemstellung	139
2	Forschungsüberblick Abbruchkriterium	141
3	Methodendesign	147
4	Untersuchung der Methodenwirksamkeit	150
5	Zusammenfassung und Fazit	153
6	Literaturverzeichnis	154

Abstract:

Decisions on location planning are complex strategic business decisions involving a considerable number of risks for a company's management. To reduce the general risk of making a wrong decision literature offers a wide range of different approaches (Krebs & Reinhart, 2012). All of these methods base on one similar key fact – the decision quality increasing with the amount and detail level of the used parameters. Therefore, the conference paper addresses the finding of a general abort criterion, by finding the right decision parameters and reduce them to a reasonable number.

JEL Classification: L10

Keywords: location planning, general knowledge, decision making, reduction method, intellect

1 Einführung und Problemstellung

In der Management-Praxis und der wissenschaftlichen Theorie werden verschiedene Motive der Standortverlagerung von Unternehmen genannt: Ob der Umzug in ein Billiglohnland, die Zusammenlegung mehrerer Standorte, die Reduktion der Transaktionskosten oder Effizienzgewinnung – Kostenreduktion ist ein wichtiger Grund der Standortverlagerung. Weitere Motive können die Erschließung neuer Absatzmärkte, eine Reaktion auf verlagerte Kundenströme („following the customer“), die Suche nach räumlicher Nähe zu Technologiehochburgen oder innovativen Wissensclustern, sowie die Verringerung der Distanz zu Rohstoffen oder Lieferanten sein (Eisold, 2014, S. 26–28). Egal welche Motive ein Unternehmen zu einer Standortsuche bewegen, es sind komplexe Fragen zu bewerten und schwer revidierbare strategische Entscheidungen zu treffen: Die Investitionen für Grundstücke und Gebäude sind erheblich, ob die Entscheidung wirklich gewinnbringend ist, hängt jedoch stark von den Entwicklungen in der Zukunft und deren Prognose zum Zeitpunkt der Entscheidung ab (Hübner, Bär, Haushahn, & Weiß, 2018, S. 161). Alle im neuen Standort gebundenen Mittel, wie Investitionen in Anlagen, die Ausbildung der Mitarbeiter oder lokale Lieferantenstrukturen sind immobil und können kaum bis gar nicht an einen neuen Standort verbracht werden ((Maier & Franz, 1995, S. 25) und (Siebert, 2000, S. 9)). Werden diese Punkte zusammengefasst, lässt sich sagen: Standortentscheidungen gehören zu den großen strategischen Grundsatzentscheidungen in der ökonomischen Praxis (Kinkel & Zanker, 2007, S. 8).

Um diese Grundsatzentscheidung mit hoher Qualität treffen zu können, ist auf Grund der bereits oben angedeuteten und nachfolgend explizit aufgeführten Eigenschaften der Entscheidungssituation eine große Anzahl an Parametern notwendig. Ein Parameter wird dabei als die kleinste Einheit im Entscheidungsprozess, die direkten Einfluss auf das Ergebnis nimmt, verstanden. Am Beispiel erklärt bedeutet dies:

Eine beispielhafte Nutzwertanalyse bezieht sich auf zwei Kennzahlen: die politische Stabilität des Ziellandes a und der Grundstückspreis b . Der Grundstückspreis ist eine bekannte Größe mit zum Beispiel 100.000 €, während die politische Stabilität aus den Informationen a_1 (z. B. Anzahl der Regierungswechsel) und a_2 (z. B. Korruptionsindex) subjektiv zusammengesetzt wurde. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse (X) hat somit z. B. das Ergebnis $a \cdot 0,5 + b \cdot 0,5 = Y$, wobei a aus den Informationen $a_1 + a_2 = a$ besteht. Wie die Informationen a_1 und a_2 verbunden werden, ist jedoch subjektiver Natur. Daher sind die Parameter der Entscheidung a_1 , a_2 und b , da nur diese direkten Einfluss auf das Ergebnis nehmen.

Gerade bei strategischen Entscheidungen ist die Anzahl der zu berücksichtigenden Parameter sehr groß. Trotz eines immensen Entscheidungsaufwands und einer ho-

hen Informationsverfügbarkeit werden nach wie vor in hohem Maße Fehlentscheidungen getroffen. Dies hängt vor allem mit den nachfolgenden Faktoren zusammen:

- Unsicherheit über zukünftige Entwicklung wichtiger Faktoren: Standortplanungsentscheidungen berücksichtigen nicht nur die Entwicklungen weniger Monate, sondern fußen auf Annahmen und Szenarien, die mehrere Jahre, teilweise sogar Jahrzehnte umfassen. Je weiter der Zukunftszeitraum, auf den sich die Entscheidung bezieht, in der Zukunft liegt, desto mehr unvorhersehbare Ereignisse und Entwicklungen können auftreten und desto größere Unsicherheit besteht darüber.
- Enorme Komplexität der Gesamtentscheidung und somit viele Einflussfaktoren: Um die zukünftigen Entwicklungen für den oben beschriebenen Zeitraum von mehreren Jahren strategisch planbar zu machen, müssen viele mögliche Entwicklungen in das Planungsszenario aufgenommen werden. Dies führt dazu, dass eine sehr große Zahl an Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen, die noch dazu untereinander ebenfalls Wechselwirkungen ausbilden können.

Vor allem diese beiden Faktoren werden für viele Fehlentscheidungen der letzten Jahre als maßgeblich identifiziert. Hinzu kommt, dass die etablierten Modelle auf der einen Seite oft zu abstrakt für die praktische Anwendbarkeit sind und auf der anderen Seite zu stark auf Kosten fokussieren, in denen mögliche langfristige Unsicherheiten nicht mitberücksichtigt sind. Darüber hinaus sind diese Modelle mit einem hohen Aufwand für die detaillierte Bearbeitung verbunden, welchen Anwender in der Praxis nicht unbedingt leisten können. ((Schuh, Prote, & Schmitz, 2017, S. 64–65) und (Krebs & Reinhart, 2012, S. 587–588)) Diese Problematik findet sich letztlich auch in nachfolgendem allgemein betriebswirtschaftlichen Zusammenhang bei nahezu allen strategischen Entscheidungen wieder: Wenn die Anzahl der Entscheidungsfaktoren und die Detaillierung dieser erhöht wird, erhöhen sich zwangsläufig auch die Kosten und Zeitaufwendungen für den Entscheider, sowie die Qualität der Entscheidung selbst. In der Praxis äußern sich die aufgeführten Probleme in einer Revisionsquote und letztlich Rückverlagerung von einer von vier Standortentscheidung innerhalb der folgenden drei bis fünf Jahre (Zanker, Kinkel, & Maloča, 2013, S. 11). Letztlich stellt sich die Frage, welcher Zeitaufwand jeder betroffene Entscheider für die Informationssuche zur Entscheidungsvorbereitung aufwenden sollte und in welchem Bereich zusätzliche Informationen für ihn und die Entscheidungsqualität am meisten gewinnbringend sind. Wie in diesem Abschnitt bereits erwähnt, sind Informationen, die zur Entscheidung herangezogen werden, als Parameter definiert.

In diesem Artikel wird ein Methodendesign gesucht, um dieser Problematik durch das Mittel eines Abbruchkriteriums für die Informationssuche und -berücksichtigung bei strategischen Entscheidungen zu begegnen. Das Abbruchkriterium stellt jedem Entscheider individuell eine Zielvorgabe zur Verfügung, welcher der Entscheider folgen kann, um am Ende einen gezielten Abbruch seiner Entscheidungsfindung zu vollziehen und die Entscheidung zu treffen. Die Zielvorgabe ist sowohl von den individuellen Voraussetzungen (Allgemeinwissen, Domänenwissen, im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird hierbei vom Intellekt des Entscheiders gesprochen) des Entscheiders, sowie den Möglichkeiten (Kosten, Zeit) des Entscheiders abhängig und ermöglicht somit einen zielführenden Abbruch im Entscheidungskontext.

Forschungsfragen:

Wie und in welcher Weise muss eine Methode aufgebaut sein, damit ein Entscheider auf Basis seines individuellen Intellekts, sowie seinen Möglichkeiten (Kosten, Zeit) einen zielführenden Abbruch seiner Entscheidungsfindung bei strategischen Entscheidungen im Allgemeinen und bei einer Standortentscheidung im Speziellen unter Erreichung einer bestimmten Ergebnisqualität vollziehen kann?

Wie lässt sich (experimentell) eine gefundene Methode zum Abbruch der Entscheidungsfindung bei strategischen Standortentscheidungen, hinsichtlich der wirtschaftlichen Größen Kosten, Zeit und Qualität überprüfen und auf ihren Erfolg hin untersuchen?

2 Forschungsüberblick Abbruchkriterium

2.1 Der Einfluss des Allgemeinwissens

Eine fachübergreifende Recherche nach bekannten Abbruchkriterien für die oben beschriebene Problematik führt zunächst in das Fachgebiet der *Philosophie*. Hier existieren allgemeine Ansätze, um mit dem Mittel der Reduktion als Abbruchkriterium dem Phänomen des „Information Overload“ zu begegnen (Gittel, 2018, S. 90–106). So beschreibt beispielsweise Spengler in seinem Hauptwerk die ausdifferenzierte Zersplitterung des Wissens als Ursache dafür, dass in der Nachkriegsgesellschaft Synthese und Diffusion des vorhandenen Wissens nicht mehr hinreichend genutzt werden können, um Gesamtzusammenhänge zu erschließen (Lantink, 1995, S. 254–256). Spengler stellt das Epochenwissen verschiedener Kulturen aufgereiht „wie über die Gipfelreihe eines Gebirges am Horizont“ (Spengler, 1981 – (zuerst 1918 und 1922), S. 126) dar und reduziert dieses Metagebirge aus kosmischer Entfernung auf seine Gipfelpunkte, womit er eine Synthese und Diffusion des gesamten Menschheitswissens schafft (Gittel, 2018, S. 100).

Deutlich konkreter und greifbarer werden diese Gedanken durch praktische Untersuchungen im Fachgebiet der *Epistemologie*. In einer Studie des *Academy of Management Journals* wurde 2012 untersucht, wie Topmanager ihr Wissen als Ressource begreifen, dieses nutzen, um nach Wissen zu suchen und schließlich dazu einsetzen, um unbekanntes Wissen aus bekanntem Wissen zu transformieren. Das entscheidende Kriterium, um gute strategische Entscheidungen zu treffen, ist nach Nag & Gioia die Fähigkeit, aus der vorhandenen Wissensbasis unbekanntes Wissen zu erschließen. Umso breiter die vorhandene Wissensbasis ist, desto einfacher lässt sich dieser Umstand bedienen (Nag & Gioia, 2012, S. 421–457).

Weniger auf das Allgemeinwissen im Speziellen als vielmehr auf die Fähigkeiten des Entscheiders, die wahrgenommenen Informationen in Parameter der Entscheidung umwandeln zu können, zielen die Untersuchungen von Pred (1969 und 1970) ab. Wie die *Epistemologie* aufzeigt, ist diese Fähigkeit direkt mit dem Allgemeinwissen des Entscheiders verknüpft [Hypothese 1 (2.1)], aber auch das Domänenwissen eines Entscheiders hat hierauf einen Einfluss [Hypothese 2 (2.2)].

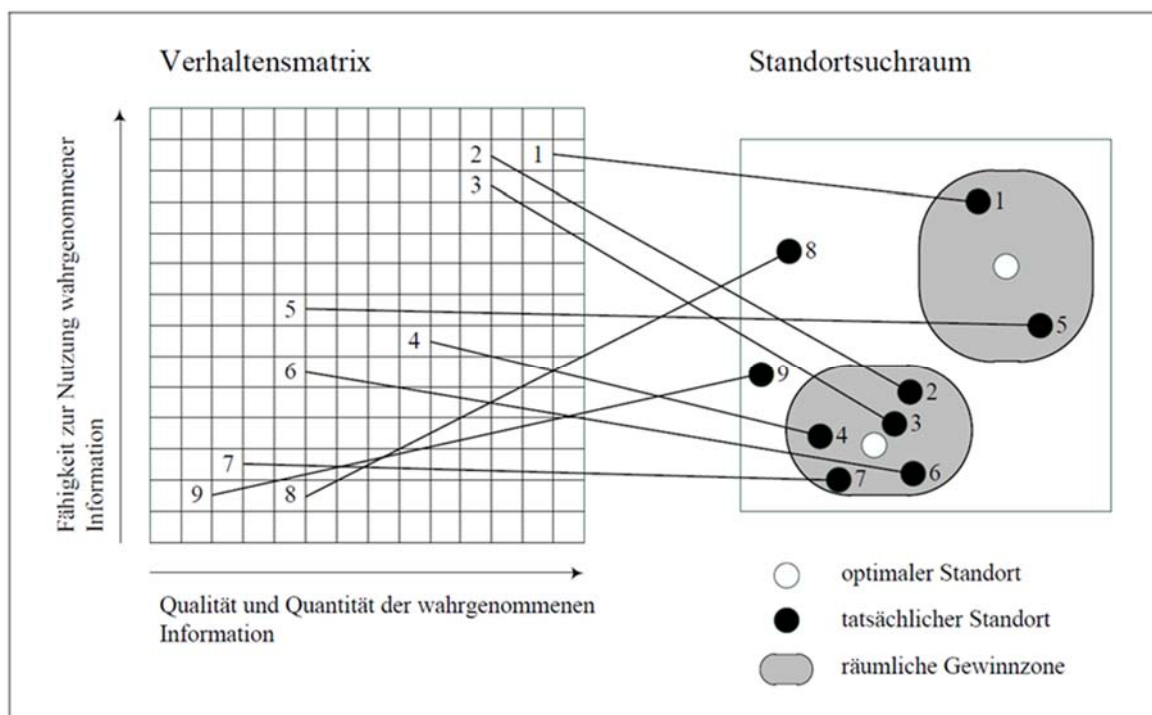


Abbildung 1: Behavioral Matrix (Eisold, 2014, S. 35) entwickelt aus (Pred, 1970).

Aus Sicht der *Verhaltenstheorie* unterscheidet Pred (1969 und 1970) die Entscheider hinsichtlich ihrer beiden bedeutendsten Fähigkeiten im Hinblick auf die Entscheidungskompetenz: die Nutzung wahrgenommener Informationen und die Urteilsfähigkeit bezüglich der Qualität und Quantität der wahrgenommenen Informationen. Auf diesen Dimensionen basiert die Verhaltensmatrix in Abbildung 1. Ob die

getroffene Standortentscheidung nahe am optimalen Standort oder im schlechtesten Fall sogar außerhalb der Gewinnzone liegt, hängt von beiden Fähigkeiten ab.

Sind sowohl die Fähigkeiten zur Nutzung der Informationen wie auch die Beurteilung der Qualität und Quantität der wahrgenommenen Informationen ausgeprägt, steigt die Wahrscheinlichkeit mit der getroffenen Entscheidung näher am Optimum zu liegen, als bei einem Entscheider mit niedriger Ausprägung ((Maier & Tödting, 2012, S. 27) und (Pred, 1970)). Das Allgemeinwissen steht in einer Wechselwirkung mit beiden Fähigkeiten.

Der Umgang mit der hohen Anzahl an Parametern bei strategischen Entscheidungen ist auch Forschungsgegenstand in modernen Ansätzen der *Kostentheorie*. Diese beziehen die große Anzahl der Parameter in ihren Ansätzen mit ein, indem sie zunächst die Vielzahl der Parameter identifizieren, aber die Kostentreiber (bezogen auf die Informationsgewinnung) frühzeitig aussondern ((Schuh, Prote, & Schmitz, 2017, S. 64–69) sowie (Krebs & Reinhart, 2012, S. 587–601)). Die Ansätze der Kostentheorie sammeln zunächst alle relevanten Parameter und beurteilen diese hinsichtlich der Kosten, die zur Bestimmung des benötigten Detailgrades anfallen. Alle Parameter, deren Erhebungskosten größer als der erwartete Nutzen sind, werden schrittweise ausgesondert. Dass dieses Erhöhen der Parameter und somit des Detaillierungsgrades gerade von großen Firmen bevorzugt wird, weist Schmenner mit seinen Untersuchungsreihen nach (Schmenner, 1982, S. 1–41).

Bei diesen Ansätzen der Kostentheorie treten die von Pred beschriebenen Unterschiede hinsichtlich der Fähigkeit der Informationsbearbeitung und -beurteilung durch den Entscheider in den Hintergrund. Nachdem im Rahmen dieses Beitrags der Fokus auf dem Einfluss des individuellen Allgemeinwissens auf eine Entscheidung liegt, erfolgt im weiteren Verlauf eine Konzentration auf die Erkenntnisse von Pred und der darauf aufbauenden Verhaltenstheorie. Wird diese mit der in 2.1 vorgestellten Studie der Academy of Management hinsichtlich der Wissensbasis verknüpft, ergibt sich folgende Forschungshypothese:

Hypothese 1:

Je höher die Allgemeinbildung des Entscheiders bei einer Standortplanungsentcheidung, desto weniger Parameter benötigt er, um eine feste Ergebnisqualität zu erreichen.

2.2 Die Messung von Allgemeinwissen

Zur Überprüfung dieser Hypothese ist der Einsatz einer Methodik zur Messung des Allgemeinwissens unabdingbar. Dieses wird klassischer Weise mit dem *Intelligenzquotienten (IQ)* in Verbindung gebracht. Für die Messung des IQ existieren zahlreiche unterschiedliche Tests, wobei vor allem der Army Alpha Test

(Ackerman, 1996, S. 229) historisch nennenswert ist. Heute dominieren vor allem weiterentwickelte Tests wie zum Beispiel von Kaufmann, Wechsler oder den IRS 2000 R, welcher in deutschen Schulen eingesetzt wird (Steinmayr, Bergold, Margraf-Stiksrud, & Freund, 2015, S. 164–165). Der IQ-Test liefert als Ergebnis die räumliche Vorstellungskraft (Fragen wie zum Beispiel: Welchen Würfel erhalten Sie, wenn Sie dieses Papier falten?) und die verbalen Fähigkeiten (Aussagen wie zum Beispiel: Vogel verhält sich zu Luft, wie Schiff zu Wasser)¹ des Probanden (Rolfhus & Ackerman, 1996, S. 174) als Interpretation der „Intelligence“ von (Binet & Simon, 1961, S. 91). Ein Wissen über die einzelnen Fachgebiete ist in diesen Tests nicht oder nur sehr eingeschränkt enthalten. Hätte zum Beispiel ein Proband die Encyclopaedia Britannica gelesen und könnte das Meiste des Gelesenen wiedergeben (Gleck, 1992, S. 25, 38, 49), so hätte dies nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis der klassischen IQ-Tests (Ackerman, 1996, S. 230–231). Diesen Umstand belegen Rolfhus und Ackerman mit ihrer 1996 veröffentlichten Studie.²

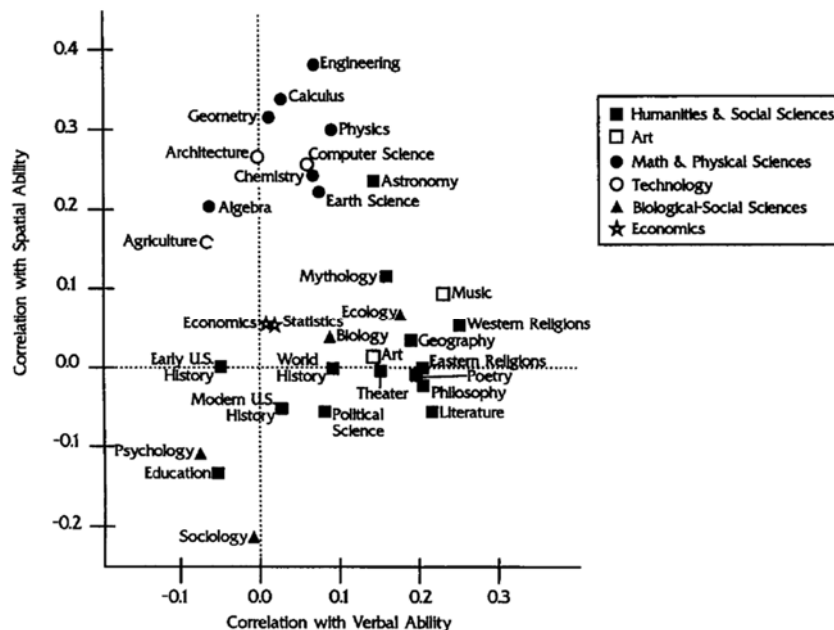


Abbildung 2: Intellekt aufgetragen über die Achsen des IQ-Tests
(Rolfhus & Ackerman, 1996, S. 181)

¹ Beispiele, die in ähnlicher Form in den IQ-Tests zu finden sind (Webnamic Venture Capital GmbH, 2018).

² 180 Probanden wurden sowohl auf ihren IQ, wie auch auf ihren Intellekt (Domänenwissen) getestet, im Ergebnis wurde die Korrelation untersucht. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass ein Fachwissen in zwei Kategorien, die eine hohe Korrelation mit den Achsen verbale Fähigkeiten und räumliche Vorstellungskraft aufweisen, ausreichen, um einen hohen IQ zu haben. Weiteres Domänenwissen nimmt dann nur noch wenig Einfluss auf den IQ.

Die beiden Wissenschaftler konnten beweisen, dass ein Domänenwissen in Philosophie und Ingenieurwissenschaften ausreicht, um einen IQ-Test äußerst erfolgreich abzuschließen. Der Unterschied zu einer Person, die in Literatur, Philosophie, östlicher Religion, sowie in Ingenieurwissenschaften, Informatik und Algebra Domänenwissen besitzt, ist nur noch gering (Abbildung 2). Ackerman führte für diesen Umstand den Begriff des *Intellekts* ein (Ackerman, 1996). Die aktuelle Forschung auf diesem Gebiet und auch dieser Artikel basiert auf diesen Ergebnissen (vgl. (Pässler, Beinicke, & Hell, 2015) und (Viktorija Ilieva, 2018)). Der *Intellekt* ist die Summe des einzelnen Domänenwissens und verändert sich linear mit der Menge der Domänen. Im oben aufgeführten Beispiel wäre der Intellekt der zweiten Person deutlich höher als der *Intellekt* der ersten Person, auch wenn ihr *IQ* annähernd gleich groß ist. Der von Ackerman beschriebene *Intellekt* dient dementsprechend als Messgröße für das Allgemeinwissen.

Die Klassifizierung, welche Domänen in welcher Abstufung zu berücksichtigen sind und wie die Gewichtung innerhalb dieser Klassifizierung unvoreingenommen einzuteilen ist, stellt eine Kernbedingung zur Operationalisierung einer Messung des Allgemeinwissens durch den *Intellekt* dar. Eine zentrale Fragestellung, die Rolufus und Ackerman jedoch nicht beantwortet haben.

Eine Wissenschaft, die sich per Definition mit der Klassifizierung und Strukturierung von Wissen beschäftigt, ist die *Enzyklopädie*. In der Enzyklopädie werden Ordnungssysteme entwickelt, um das gesamte Menschheitswissen zu klassifizieren. Die bekannteste und am weitesten verbreitete dieser Wissensklassifizierungen ist die Dewey Decimal Classification, kurz DDC. Sie wurde 1876 von Melvil Dewey veröffentlicht und gliedert das Wissen der Menschheit in 10 Hauptgruppen erster Ordnung (Tabelle 1), welche weiterhin in 10 Hauptgruppen zweiter Ordnung unterteilt sind. Die Hauptgruppen zweiter Ordnung unterteilen sich in 10 Hauptgruppen dritter Ordnung, welche sich schließlich in drei Stufen auf Sachgruppen aufgliedert. Heute nutzen 200.000 Bibliotheken in über 135 Ländern diese Art der Klassifizierung (Deutsche Nationalbibliothek, 2018). Somit findet sich zum Beispiel ein Buch über Eichhörnchen unter der Klassifikationsnummer 599.362 – 500 Naturwissenschaften, 590 Zoologie, 599 Säugetiere, 599.3 Plazentatiere, 599.36 Hörnchen, 599.362 Eichhörnchen.

Ordnungsnummer	Sachgebiet
000	Informatik, Informationswissenschaften, allgemeine Werke
100	Philosophie und Psychologie
200	Religion
300	Sozialwissenschaften
400	Sprache
500	Naturwissenschaften und Mathematik
600	Technik, Medizin, angewandte Wissenschaften
700	Künste und Unterhaltung
800	Literatur
900	Geschichte und Geografie

Tabelle 1: Erste Hauptgruppe der DDC (Deutsche Nationalbibliothek, 2018, S. 5–6)

Auf diese Weise ist es auch möglich, Wissen allgemein zu klassifizieren und auch interpersonell zu vergleichen. Im Folgenden wird diese Klassifikation genutzt, um das Allgemeinwissen von Entscheidern einzuschätzen.

Allgemeinwissen entspricht dem Wissen einer Person, kalkuliert über sein Domänenwissen in den Hauptgruppen der zweiten Ordnung der DDC. Das Domänenwissen wird mit Hilfe eines Wissenstestes bestimmt, das Allgemeinwissen berechnet sich aus der Formel (1):

$$x = \left(\frac{\sum_{DDCi=000}^{999} s_{DDCi}}{100} \right) \quad (1)$$

für die gilt $s=1$ wenn $s_k > 5$, sonst $s=0$ wenn $s_k \leq 5$; mit 5 als Mittelwert der Skala von 0 bis 10. Mit $DDCi$ (Hauptgruppe zweiter Ordnung), k (Indikator Allgemeinwissen), s_k (Domänenwissen einer Hauptgruppe zweiter Ordnung), x (Allgemeinwissen) und 100 (Summe der verwendeten $DDCi$).

Neben dem Allgemeinwissen als Einflussgröße für die Erschließung von unbekanntem Wissen (Academy of Management, 2.1) und der Verarbeitungsqualität und Interpretationsfähigkeit (Pred, 2.1) von gesammeltem Wissen, ist das Domänenwissen also offensichtlich als Stückliste des *Intellekts* ebenfalls zu berücksichtigen. Je nach strategischer Entscheidung kommt unterschiedlichen Wissensdomänen erhöhte Aufmerksamkeit zu. In Anlehnung an die Studie von Rolfhus und Ackerman, sowie

die Wissensanalyse innerhalb der Bibliotheksbestände ist folgende Hypothese abgeleitet:

Hypothese 2:

Entscheider einer Standortplanung, deren Domänenwissen stark mit der Verteilung der Literaturquellen für die Standortplanung über die DDC-Sachgruppen korreliert, können mit weniger Parametern dieselbe Ergebnisqualität erzielen wie Entscheider, deren Fachwissen nicht mit den DDC-Sachgruppen der Standortplanung korreliert.

2.3 Zusammenfassung des Forschungsansatzes

Wenn man die Erkenntnisse der vorangegangenen Seiten zusammenfasst, muss eine Methode zur Bearbeitung der Forschungsfrage die von Pred aufgeworfenen Fähigkeiten hinsichtlich Beurteilung und Verständnis der verwendeten Parameter hinreichend berücksichtigen, um für die Standortplanung im Speziellen geeignet zu sein. Der von Ackermann geprägte Intellekt ist durch die Studie zusammen mit Rolfhus bewiesenermaßen geeignet, diese Rolle zu übernehmen. Um den Intellekt wissensübergreifend zu operationalisieren, erscheint die DDC-Klassifizierung der zweiten Hauptgruppen optimal, wird sie doch bereits seit 200 Jahren verwendet, um das Wissen der Menschheit zu klassifizieren. Darüber hinaus eignet sie sich, die Wissensverteilung für den Anwendungsfall der Standortanalyse im Speziellen, genauso wie für jede andere strategische Entscheidungsfrage im Allgemein systematisch zu bestimmen. Um in der praktischen Anwendung von Bedeutung zu sein, muss der Abbruch den Einsatz der knappen Ressourcen Zeit und Kosten steuern. Der Aufbau der Methode lässt sich auf den zuvor aufgeführten Punkten, wie in Abbildung 3 skizziert und im nachfolgenden Kapitel beschrieben, designen.

3 Methodendesign

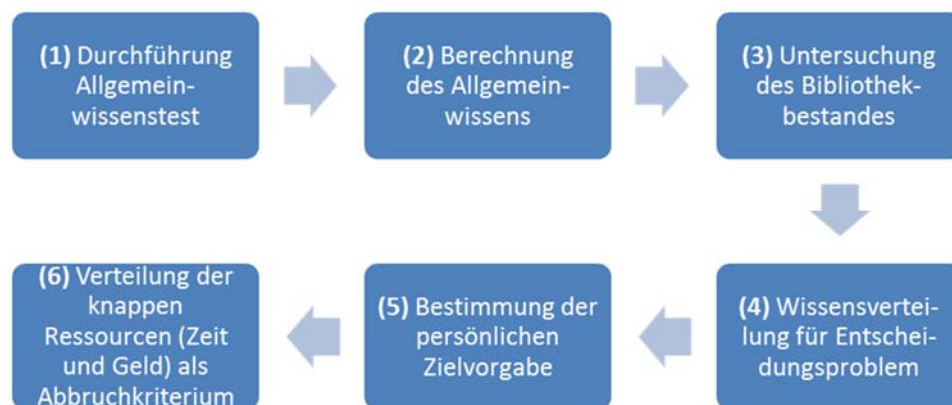


Abbildung 3 Aufbau der Methode

- Als erster Schritt der Methodik ist es notwendig, einen *Allgemeinwissenstest* über den Intellekt des Entscheiders anhand der DDC-Wissensgebiete zweiter Ordnung durchzuführen. Um der Quelle der Deutschen Nationalbibliothek (DNB) gerecht zu werden, werden die DDC-Gruppen auf die Sachgruppen der DNB umgerechnet. Diese Umrechnung ist mit Hilfe einer Tabelle einfach möglich, da die DNB mit der DDC arbeitet, diese jedoch auf die deutschen Besonderheiten angepasst hat. Somit sind 100 Gruppen entstanden, die den Gesamtwissensbestand der Menschheit lückenlos abdecken (zum Beispiel: 004 Informatik, 100 Philosophie). (Abbildung 4 – Nr. 1)
- Sobald das Wissen des Entscheiders erfasst wurde, erfolgt eine Eintragung der Einzelergebnisse s_k und *Berechnung des Allgemeinbildungsindex x* . Die Messgröße s_k stellt das einzelne Domänenwissen der getesteten Person für alle 100 Gruppen der DDC, von 0 kein Wissen bis 10 vollständiges Wissen, dar (zum Beispiel: 004 Informatik – $s_k=8$, 100 Philosophie – $s_k=3$). Die Messgröße x stellt das berechnete Allgemeinwissen einer Person dar. Alle s_k für die gilt $s_k > 5$ gelten als $1/100$ von x (zum Beispiel: 004 Informatik – $s_k=8$ – $x=1/100$, 100 Philosophie – $s_k=3$ – $x=0/100$), somit kann x maximal den Wert 1 annehmen. (Abbildung 4 – Nr. 2)
- Um nun das Allgemein- und Domänenwissen des Entscheiders mit dem DDC-Profil der Entscheidungsproblematik abzugleichen, wird der *Gesamtwissensbestand* auf für das Entscheidungsproblem relevante Bereiche hin untersucht: Im nachfolgend aufgeführten Pilotversuch wird der Gesamtbestand der Deutschen Nationalbibliothek in Leipzig, sofern nach DDC klassifiziert, mit Hilfe von Schlüsselbegriffen untersucht. Für die Entscheidungsproblematik der Standortplanung wurden folgende Begriffe ausgewählt: location decision, Standortplanung, industrial location, Standortentscheidung, location choice, site selection, Standortwahl, location theory, location model, residential decision, Fabrikplanung, Standortanalyse, Standortalternativen, location planning, supply chain design, supply chain configuration. Basierend auf den Suchergebnissen wird die *Wissensverteilung für die Standortentscheidung* (auf die DDC-Gruppen) bestimmt. Die Wissensverteilung L_i ist prozentual auf die Anzahl der Quellen innerhalb einer DDC-Sachgruppe im Verhältnis zu allen gefundenen Quellen aller Sachgruppen bezogen (Abbildung 4 – Nr. 3)
- Zur Verdichtung des Wissensniveaus auf *die persönliche Zielvorgabe* erfolgt die Transformation der Ergebnisse in die Kennzahl B . Die personalisierte Zielvorgabe berechnet sich aus der Annahme, dass alle drei Einflussgrößen: Verteilung des Wissens selbst, Allgemeinbildung und Domänenwissen im selben Verhältnis berücksichtigt werden. Es gilt daher die folgende Gleichung (2):

$$B_i = \frac{L_i}{3} + \frac{L_i}{3} \cdot (1 - x) + \frac{L_i}{3} \cdot (10 - s_{ki}) \quad (2)$$

Jedes B_i berechnet sich aus der Annahme, dass der Anteil B_i einer DDC-Gruppe, am für den Entscheider, in der jeweiligen Entscheidungssituation relevanten, Bibliotheksbestand auf Basis des Anteils L_i , am allgemeinen Bibliotheksbestand (Term 1 in Gleichung 2), aus dem Allgemeinwissen des Entscheiders (Term 2 in Gleichung 2), sowie seinem Domänenwissen (Term 3 in Gleichung 2) ermittelt werden kann. Diese Berechnung findet für jede DDCi-Gruppe statt. Am Beispiel erklärt bedeutet dies, wenn ein Entscheider einen Allgemeinwissensindex von $x = 1$ und ein spezielles Domänenwissen von $s_{ki} = 10$ besitzt, so reduziert sich die Vorgabe durch den Bibliotheksbestand L_i auf ein B_i für das gilt: $L_i = \frac{1}{3} B_i$. (Abbildung 4 – Nr. 4)

- Zur einfachen Orientierung wird eine Klassifizierung nach 80 / 15 / 5-Regelung vorgenommen. Die Klassifizierung findet mit der Wissensverteilung L statt: Grün 80 % des Wissens L , Gelb 95 % des Wissens L , Rot 100 % des Wissens L . *Bestimmung der Abbruchparameter Kosten und Zeit* für das betroffene Subjekt. Das betroffene Subjekt wählt seine möglichen Ressourcen Kosten k und Zeit t anhand seiner Möglichkeiten selbstständig aus. (Zum Beispiel $k = 400.000$ € und $t = 3984$ h oder 2 Mannjahre). Verteilung der knappen Ressourcen Kosten und Zeit über den berechneten Verteilungsschlüssel aus der Wissensverteilung. Die Kosten k und die Zeit t werden so verteilt, dass sie sich an der Wissensverteilung L und dem daraus berechneten individuellen Suchbedarf B orientieren. Somit ist sichergestellt, dass die knappen Ressourcen optimal eingesetzt werden. (Abbildung 4 – Nr. 5)

In Abbildung 4 ist die Methode unter Verwendung eines Beispieldatensatzes dargestellt.

Wissen DNB		Spezialwissen (individuell)			Anwendungsszenario I mit LI			Anwendungsszenario II mit BI			Maximale Kosten k			Maximale Zeit t in h			Allgemeinwissensindex x			Akumuliert LI			Akumuliert DDC		
Wissensverteilung		Individuelles Suchfeld																							
LI	3	1-10	skl	s	BI	k	t in h	k	t in h	k	t in h	k	t in h	k	t in h	k	t in h	80%	95%	100%	80%	95%	100%		
DDC-Sachgruppen (DDC)	1	22,01%	10	1	12,1773%	88.028,60 €	876,76	48.709,16 €	485,14	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Management, Öffentlichkeitsarbeit		20,97%	10	1	11,6042%	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	5	2	0,34	2	
Wirtschaft		12,95%	6	2	8,8892%	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	5	2
Handel, Kommunikation, Verkehr		12,23%	10	1	6,7674%	48.921,22 €	487,26	27.069,74 €	269,61	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Industrielle und handwerkliche Fertigung		4,46%	10	1	2,4696%	17.852,30 €	177,81	9.878,27 €	98,39	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Ingenieurwissenschaften		2,15%	8	1	1,3300%	8.580,94 €	85,47	5.320,18 €	52,99	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Informatik		2,07%	8	1	1,2842%	8.285,05 €	82,52	5.136,73 €	51,16	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Landschaftsgestaltung, Raumplanung		1,68%	6	1	1,1514%	6.706,94 €	66,80	4.605,43 €	45,87	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Mathematik		1,39%	4	1	1,0495%	5.572,68 €	55,50	4.198,08 €	41,81	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Recht		1,36%	3	3	1,0669%	5.424,73 €	54,03	4.267,46 €	42,50	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Sozialwissenschaften, Soziologie, Anthropologie		1,18%	2	2	0,9705%	4.734,31 €	47,15	3.882,14 €	38,67	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Technische Chemie		1,13%	9	1	0,6654%	4.537,05 €	45,19	3.661,74 €	36,51	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Geografie, Reisen		1,12%	2	2	0,9200%	4.487,73 €	44,70	3.679,94 €	36,65	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Soziale Probleme, Sozialdienste		1,04%	3	3	0,8147%	4.142,52 €	41,26	3.258,78 €	32,46	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Natürliche Ressourcen, Energie und Umwelt		1,01%	2	2	0,8290%	4.043,89 €	40,28	3.315,99 €	33,03	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Militär		1,01%	2	2	0,8290%	4.043,89 €	40,28	3.315,99 €	33,03	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Landwirtschaft		0,83%	10	1	0,4571%	3.304,15 €	32,91	1.828,30 €	18,21	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Geografie, Reisen (Deutschland)		0,75%	6	1	0,5164%	3.008,26 €	29,96	2.065,67 €	20,57	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Geowissenschaften, Geologie		0,72%	10	1	0,3957%	2.860,31 €	28,49	1.582,71 €	15,76	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Elektrotechnik, Elektronik		0,68%	10	1	0,3752%	2.712,37 €	27,02	1.500,84 €	14,95	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Geschichte		0,67%	5	1	0,4793%	2.663,05 €	26,52	1.917,40 €	19,10	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Hausbau, Bauhandwerk		0,65%	6	1	0,4487%	2.613,73 €	26,03	1.794,76 €	17,88	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Medizin und Gesundheit		0,65%	3	3	0,5140%	2.613,73 €	26,03	2.056,14 €	20,48	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Druckgrafik, Drucke		0,60%	4	1	0,4551%	2.416,47 €	24,07	1.820,41 €	18,13	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Bildung und Erziehung		0,52%	4	4	0,3901%	2.071,26 €	20,63	1.560,35 €	15,54	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Biowissenschaften; Biologie		0,51%	5	1	0,3640%	2.021,95 €	20,14	1.455,80 €	14,50	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Architektur		0,44%	10	1	0,2456%	1.775,37 €	17,68	982,37 €	9,78	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Technik		0,42%	2	2	0,3437%	1.676,74 €	16,70	1.374,92 €	13,69	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Fossilien, Paläontologie		0,36%	1	1	0,3051%	1.430,16 €	14,24	1.220,40 €	12,16	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Fotografie, Video, Computerkunst		0,36%	10	1	0,1978%	1.430,16 €	14,24	791,55 €	7,83	83.886,08 €	835,51	46.416,96 €	462,31	51.781,53 €	515,74	35.556,65 €	354,14	5	2	0,34	2	10,00%	18,00%	72,00%	
Geschichte Deutschlands																									

Die Zuordnung zu den Nummern findet sich im Text.

Die Zuordnung zu den Nummern findet sich im Text.

Abbildung 4: Methodendesign

4 Untersuchung der Methodenwirksamkeit

Um die Wirksamkeit der aufgeführten Methode zu untersuchen, wird eine experimentelle Studie vorgeschlagen. Mit dem Experimentaldesign werden die zwei in diesem Artikel eingeführten Hypothesen überprüft. Ein elementarer Bestandteil beider Hypothesen ist die Festlegung einer zu erreichenden Ergebnisqualität. Dafür wird ein Zielkorridor mit Mindestanforderungen festgelegt, den die Probanden erreichen müssen.

Bestimmung des Zielkorridors

Zur Bestimmung des Zielkorridors für die Entscheider und der damit verbundenen zu erreichenden Ergebnisqualität werden in Experteninterviews und auf Basis einer Literaturrecherche die Parameter einer erfolgreichen Entscheidung definiert. Als Interviewpartner wird eine gemixte Gruppe gewählt, welche beruflich oder wissenschaftlich stark mit dem Thema Standortentscheidung in Berührung stehen.

Aus den Ergebnissen werden Eigenschaften einer erfolgreichen Standortentscheidung abgeleitet und damit ein Zielkorridor für eine erfolgreiche Standortentscheidung definiert. Eine erfolgreiche Entscheidung kann dabei *ergebnis-*, *prozess-* oder *faktororientiert* bestimmt werden. *Ergebnisorientiert* bedeutet, dass das Entscheidungsergebnis Attribute aufweist, die von den Experten als erfolgreich bewertet werden. *Prozessorientiert* bezieht sich auf die Vorgehensweise zur Erlangung der Entscheidung. Weist der Prozess Eigenschaften auf, die in der Expertenstudie und der Literatur denen erfolgreicher Entscheidungsprozesse gleichen, kann ein Entscheidungsprozess ebenfalls als erfolgreich bezeichnet werden. Zusätzlich können auch die bei einer Entscheidung berücksichtigten Faktoren untersucht werden (*faktororientiert*) und mit solchen verglichen werden, die als bedeutsam für erfolgreiche Entscheidungsprozesse gelten.

Für das Experiment wird der Zielkorridor operationalisiert und damit auf die experimentelle Entscheidungssituation transferiert. Dabei können die Grenzen des Zielkorridors in Vorabexperimenten bestimmt oder im besten Fall direkt aus den Ergebnissen der Experteninterviews abgeleitet werden.

Ablauf des Experiments

Zur Gewährleistung der Ergebnisqualität innerhalb der Studie ist folgendes Vorgehen ((Friedman & Sunder, 1994, S. 21–36) und (Burns & Burns, 2008, S. 84–91)) vorgesehen:

Als Experimentteilnehmer werden Studierende aus verschiedenen Studiengängen ausgewählt. Diese werden zufällig auf eine Kontrollgruppe und eine Experimentalgruppe aufgeteilt. Beiden Gruppen wird eine Entscheidungssituation der Standortplanung vorgelegt. Während die Experimentalgruppe Vorschläge erhält, in welchen

DDC-Gruppen nach Informationen zur Entscheidungsunterstützung gesucht werden sollen, kann sich die Kontrollgruppe frei im Internet bewegen. Während der Recherche führt jeder Proband einen persönlichen Bericht, der sein Vorgehen dokumentiert. Weiterhin wird über die Dauer des gesamten Experimentes der Internettraffic über einen Proxy geloggt.

Das Experiment startet zunächst mit einem Allgemeinwissenstest mit dem Ziel der Erstellung einer individuellen DDC-Wissensmatrix für jeden Probanden, um den Allgemeinwissenslevel und das Domänenwissen der jeweiligen Studierenden zu erfassen. Der Lösungsfortschritt der Teilnehmer wird dabei permanent überwacht. Wird der Zielkorridor durch einen Teilnehmer erreicht, ist das Experiment für den Teilnehmer beendet, wurde er nicht erreicht, geht das Experiment weiter. Nach 2 Stunden wird das Experiment abgebrochen.

In (Tabelle 2) sind beide Gruppen, detailliert gegenübergestellt.

Experimentgruppe	Kontrollgruppe
Probanden frei gemixt	Probanden frei gemixt
Individuelles Suchfeld	Keine Vorgaben
Freier Internetzugang	Freier Internetzugang
Internettraffic wird über einen Proxy geloggt	Internettraffic wird über einen Proxy geloggt
Proband führt einen persönlichen Bericht	Proband führt einen persönlichen Bericht
Abbruch bei Erreichen des Zielkorridors der Ergebnisqualität	Abbruch bei Erreichen des Zielkorridors der Ergebnisqualität
Abbruch des Experiments nach 2 h	Abbruch des Experiments nach 2 h

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Experimentgruppen

Auswertung des Experiments

Aus den Zieldimensionen *Ergebnis-*, *Prozess-* und *Zielorientiertheit* ergibt sich die Möglichkeit, die Parameter auf ihre Relevanz zu untersuchen. Ausschließlich solche Parameter, die geeignet sind, eine der drei Zieldimensionen zu erreichen, werden als erfolgreiche Parameter anerkannt und gelten somit als relevant für die Entscheidung. Wenn ein Proband seine Recherche damit beginnt, nach politischen Verhältnissen in den Zielländern zu suchen und dieser Aspekt als wichtig für den Erfolg der vorliegenden Entscheidung gilt, so handelt er *ergebnisorientiert*. Wenn der Proband die gefundenen Parameter für diese Entscheidung geschickt verknüpft und somit eine Bewertbarkeit der einzelnen Länder erreicht, handelt er *prozessorientiert*. Ist der Proband nun in der Lage, die richtige Entscheidung aus seiner Arbeit abzuleiten, handelt er *faktororientiert*. Entscheidend für die Bewertung ist letztlich die Anzahl der Parameter innerhalb aller Zieldimensionen, welche der Proband benötigt hat, um eine erfolgreiche Entscheidung zu treffen. Sind die relevanten verwendeten

Parameter identifiziert, erfolgt eine Auswertung in Relation zum Allgemeinwissen des Probanden. Weiterhin wird die Relation zum Domänenwissen und dem Nicht-Domänenwissen des Probanden vorgenommen. Hierbei wird auch die Beziehung zwischen Domänenwissen und Allgemeinwissen des Probanden untersucht.

Zudem wird eine Analyse des persönlichen Berichts und des Internettraffics über das Logfile vorgenommen. Innerhalb der angesteuerten Quellen wird die maximale Anzahl erfolgreicher Parameter in Relation zu der Menge der vom Probanden genutzten Parameter bestimmt. Hierdurch wird ein Verhältnis bestimmt, das angibt, wie gut ein Proband die Quelle ausnutzen kann. Im zweiten Auswertungsschritt wird, wie im Abschnitt zuvor beschrieben, nun bestimmt, wie gut der Proband in der Lage ist, die gefundenen Parameter zu einer erfolgreichen Entscheidung zu verknüpfen. Das Ergebnis wird in Relation zu seinem Allgemein- und Domänenwissen mit Hilfe statistischer Mittel ausgewertet.

5 Zusammenfassung und Fazit

Das *Methodendesign* zeigt eine Möglichkeit auf, sich den Herausforderungen innerhalb der Standortentscheidung mit einem breitangelegten und wissensbasierten Ansatz zu nähern, der die Ausgangssituation zunächst vollumfänglich erfasst und danach mit einer individuellen *Methode* der Reduktion auf ein, dem Umfeld entsprechendes, Ausmaß reduziert. Somit kann jeder Entscheider, innerhalb der komplexen Fragestellung seiner Standortentscheidung, optimiert für seine Ausgangssituation mit den knappen Ressourcen Zeit und Geld ein individuelles *Abbruchkriterium* verfolgen. Die aufgezeigte *Methode* ist durch das beschriebene Experiment auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen und gegebenenfalls anzupassen. Ist die Methode im Umfeld der Standortentscheidung theoretisch einsetzbar, ist eine Ausweitung auf weitere strategische Grundsatzentscheidungen in der Ökonomie angedacht. Um in der praktischen Anwendung eine Rolle spielen zu können, ist die *Methode* um den Aspekt des Gruppenwissens zu erweitern, da in einem modernen Unternehmen strategische Entscheidung von Gruppen unterschiedlicher Entscheider getroffen werden und nicht von individuellen Personen.

Dieser Artikel wurde möglich durch das FuE-Programm „Informations- und Kommunikationstechnik“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Energie und Technologie im Rahmen des Projektes OBerA (IUK-1709-0011 // IUK530/010), eingereicht durch die Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS).

6 Literaturverzeichnis

- Ackerman, P. (1996). A Theory of Adult Intellectual Development: Process, Personality, Interests, and Knowledge. Issue 2 (Volume 22), S. 227–257.
- Binet, A., & Simon, T. (1961 – Originalwerk wurde 1905 publiziert). New methods for the diagnosis of the intellectual level of subnormals. In J. Jenkins, & D. Patterson, *Studies in individual differences – The search for intelligence* (E. Kite, Übers., S. 90–96). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Burns, R., & Burns, R. (2008). *Business Research Methods and Statistics Using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Deutsche Nationalbibliothek. (2018). Liste der fachlichen Nachschlagewerke für die Gemeinsame Normdatei (GND). Leipzig, Frankfurt am Main.
- Deutsche Nationalbibliothek. (2019). <http://www.ddc-deutsch.de/Subsites/ddcdeutsch/DE/DDCprodukte/DDCuebersichten/zweiteUebersicht.html>. Zuletzt am 01.01.2019 abgerufen.
- Eisold, H.-E. (2014). Entscheidungsproblem Unternehmen – Standort. *Discussion paper 2014-01*, S. 1–54.
- Friedman, D., & Sunder, S. (1994). *Experimental Methods – A Primer for Economists*. New York, Melbourne: Cambridge University Press.
- Gittel, B. (2018). Weltaneignung unter den Bedingungen des information overload – Bewältigungsstrategien jenseits von Wissenssynthese und Wissensindexierung bei Montaigne, Spengler und der >>Riesenmaschine<<. (P. Engel, Hrsg.) *Kultur Poetik*, 18(1), S. 90–106. doi:ISSN: 1616-1203.
- Gleick, J. (1992). *Genius: The life and science of Richard Feynman*. New York: Pantheon Books.
- Hübner, M.-J., Bär, C., Haushahn, M., & Weiß, M. (2018). IT-gestützte Standortauswahl bei Niederlassungen – Objektivierung der Entscheidungsfindung. *Informatik-Spektrum*, S. 160–169. doi:ISSN: 0170-6012.
- Kinkel, S., & Zanker, C. (2007). *Globale Produktionsstrategien in der Automobilzulieferindustrie. Erfolgsmuster und zukunftsorientierte Methoden zur Standortbewertung*. Springer.
- Krebs, P. & Reinhart, G. (2012). Evaluation of interconnected production sites taking into account multidimensional uncertainties. *Production Engineering*, S. 587–601. doi:10.1007 / s11740-012-0409-3.

- Lantink, F. (1995). *Oswald Spengler oder die „zweite Romantik“ – Der Untergang des Abendlandes, ein intellektueller Roman zwischen Geschichte, Literatur und Politik*. Universität Utrecht: Dissertation.
- Maier, G., & Tödling, F. (1995). *Regional- und Stadtökonomik – Standorttheorie und Raumstruktur*. Wien; New York: Springer.
- Maier, G., & Tödling, F. (2012). *Regional- und Stadtökonomie 1: Standorttheorie und Raumstruktur* (5. Auflage). Wien: Springer.
- Nag, R., & Gioia, D. (2012). From common to uncommon knowledge: Foundation of firm-specific use of knowledge as a resource. *Academy of Management Journal* (Vol. 55 Issue 2), S. 421–457. doi:ISSN: 0001-4273.
- Pässler, K., Beinicke, A. & Hell, B. (2015). Interests and intelligence: A meta-analysis. *Intelligence, Volume 50*, S. 30–51.
- Pred, A. R. (1970). Behavior and location–Foundations for a geographic and dynamic loation theory. *Lund Studies in Geography, Part I*.
- Rolfhus, E. & Ackerman, P. (1996). Self-Report Knowledge: At the Cossroads of Ability, Interests, and Personality. *Jornal of Educational Psychology, Vol. 88*(No. 1), S. 174–188.
- Schmenner, R. (1982). *Making business location decisions*. Egelwood Cliffs: Prentice-Hall.
- Schuh, G., Prote, J.-P. & Schmitz, T. (2017). Resource-Based Cost Modeling – a New Perspective on Evaluating Global Production Networks. *Procedia CIRP – The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Volume 63*, S. 64–69. Aachen: Laboratory for Machine Tools and Production Engineering. doi:ISSN: 2212-8271.
- Siebert, H. (2000). *Zum Paradigma des Standortwettbewerbes*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Spengler, O. (1981 – Originalwerk wurde 1918 und 1922 publiziert). *Der Untergang des Abendlandes: Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte. Ungekürzte Sonderausgabe in einem Band*. München: Beck.
- Steinmayr, R., Bergold, S., Margraf-Stiksrud, J. & Freund, P. A. (2015). Gender differences on general knowledge tests: Are they due to Differential Item Functioning? *Intelligence, May–June*(Volume 50), S. 164–174.
- Viktorija Ilieva, T. B. (2018). “Yes, we know!” (Over)confidence in general knowledge among Austrian entrepreneurs. *PLoS One, 2018; 13*(5), S. 1–15 + Anhang Supporting Information S1; 1–3.

Webnamic Venture Capital GmbH. (2018). <http://www.iqtest.de/>. Zuletzt am 03.12.2018 abgerufen.

Zanker, C., Kinkel, S., & Maloča, S. (2013). *Modernisierung der Produktion – Globale Produktion von einer starken Heimatbasis aus*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Mobility in Logistics & Business Models

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Logistics & Business Models

Prof. Dr. Niels Biethahn

Institut für Automobil Forschung (im RIF e.V.) sowie Professor für Dienstleistungsmanagement, LM, Consulting&Sales, Automotive an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg am Standort Heilbronn, Bildungscampus 5, 74076 Heilbronn, Niels.Biethahn@heilbronn.dhbw.de

In der diesjährigen Konferenz „Mobility in a Globalised World“ wurden für das Panel „Mobility in Logistics & Business Modells“ drei Beiträge zugelassen.

Der erste Beitrag „Vertriebskanäle des Werkzeughandels: Bedeutung verschiedener Kanäle und ihre Entwicklungstendenzen“ von Prof. Dr. Frank Tubbesing widmet sich dem Thema veränderte Anforderungen an den Vertrieb von Produkten dieses B2B-Marktes. Herr Prof. Tubbesing analysiert dafür zunächst die aktuelle Bedeutung verschiedener Vertriebskanäle, um anschließend Entwicklungstendenzen verschiedener Vertriebskanäle für den Werkzeughandel abzuleiten.

Der zweite Beitrag zum Thema „Business Models of User Entrepreneurs in comparison to Not-User Entrepreneurs“ von Laura Miriam Gruner konzentriert sich auf einen besonderen Fokus des Geschäftsmodellansatzes. Ein besonderer Schwerpunkt des Beitrags liegt auf der Forschungsfrage, ob sich die Geschäftsmodelle von Start-ups, die von User Entrepreneuren gegründet wurden, im Vergleich zu Start-ups, die von Nicht-User Entrepreneuren gegründet wurden, unterscheiden. Als User Entrepreneur wird ein Entrepreneur verstanden, der ein Produkt oder eine Dienstleistung auf Basis seiner Erfahrungen und Bedürfnissen als User entwickelt hat. Dazu untersucht die Autorin 89 Start-ups mit einem internetbasierten Geschäftsmodell auf Unterschiede, um richtungsweisende Unterschiede zur Differenzierung der Geschäftsmodelle zwischen User Entrepreneuren und Nicht-User Entrepreneuren aufzuzeigen.

Der dritte Beitrag zum Thema „Leistungsniveaumanagement im Rahmen des Budgetierungsprozesses der öffentlichen Verwaltung“ von Prof. Dr. Volker Busch greift die Situation der öffentlichen Verwaltung auf, die sich aktuell in einem Veränderungsprozess befindet. Bedingt durch gesellschaftliche als auch technische Veränderungen ist auch die Verwaltung gezwungen, sich beständig weiterzuentwickeln, was teilweise zu bedeutsamen Aufgaben- und damit erforderlichen Budgetverlagerungen der öffentlichen Verwaltungen führt.

Um diese Veränderungen steuerbar zu bekommen, werden Informationen über das Leistungsniveau, die Kostenrahmen sowie die Flexibilitätspotenziale der Verwaltung für die jeweiligen Verantwortlichen benötigt. Der vorliegende Beitrag zeigt Möglichkeiten auf, wie die Folgen von kurzfristigen Finanz- und Aufgabenverlagerungen inklusive zeitlicher Fristen auf das Gesamtbudgetniveau hochzurechnen sind.

Vertriebskanäle des Werkzeughandels: Bedeutung verschiedener Kanäle und ihre Entwicklungstendenzen

Frank Tubbesing

1	Einleitung.....	164
2	Begriffe und Grundlagen.....	166
3	Untersuchung zu Bedeutung und Entwicklungstendenzen verschiedener Vertriebskanäle im Werkzeughandel	172
4	Diskussion und Zusammenfassung	188
5	Anhang.....	190
6	Literatur	199

Abstract:

Während viele Branchen wie zum Beispiel der Textileinzelhandel bereits seit längerer Zeit online sehr aktiv sind, zeigt sich in anderen Branchen noch eine Zurückhaltung bei der Ausnutzung unterschiedlicher Vertriebskanäle. Aufgrund divergierender Ansichten zur Nutzung verschiedener Vertriebskanäle im Werkzeughandel stellt sich die Frage, welche Vertriebskanäle der Werkzeughandel derzeit grundsätzlich nutzt, und welche Relevanz die jeweiligen Kanäle dabei haben. Das Forschungsprojekt legt dar, wie sich mithilfe einer qualitativen Analyse auf Basis von Experteninterviews und einer Delphi-Studie das Themenfeld der Vertriebskanäle im Werkzeughandel strukturieren lässt.

JEL Classification: M100

Keywords: Vertriebskanäle im Werkzeughandel, Distribution channels in the tool trade

1 Einleitung

Das Informations- und Kaufverhalten von Kunden hat sich in den vergangenen Jahren einhergehend mit der starken Verbreitung und Nutzung von Internet und Smartphones verändert.¹ Während Kunden im „klassischen“, durch den stationären Handel geprägten, Kaufprozess zunächst für die Produktsuche einen Anbieter wählten und sich von diesem vor Ort bei der Wahl des richtigen Produktes unterstützen ließen, ist der Ablauf heute ein anderer.² Zusätzlich zum stationären Einkaufskanal nutzen Kunden heute diverse unterschiedliche Kanäle. Der Kaufentscheidungsprozess ist aktuell stark durch die Nutzung digitaler Medien geprägt. Besonders in der Phase vor dem Kauf wird das Internet für die Informationssuche genutzt. Dazu werden unterschiedlichste Quellen wie Herstellerseiten, Testberichte, Kundenrezensionen oder Produktbewertungsseiten herangezogen.³ Dadurch entsteht ein Kaufprozess, bei dem zuerst Informationen über ein Produkt im Internet gesucht werden, woraufhin dann eine Entscheidung für ein Produkt getroffen wird bevor ein Händler ausgewählt wird. Somit kommt es, anders als im „klassischen“ Kaufprozess, zu einer Entkopplung von Point of Decision und Point of Sale.⁴

Während viele Branchen wie beispielsweise der Textileinzelhandel bereits seit längerer Zeit online sehr aktiv sind und vermehrt auf Omni-Channel-Konzepte setzen,⁵ zeigt sich in anderen Branchen noch eine stärkere Zurückhaltung bei der Ausnutzung unterschiedlicher Vertriebskanäle. Dies trifft auch auf den B2B-Handel mit Werkzeugen zu.⁶ Das ist u. a. darauf zurückzuführen, dass im Werkzeughandel Skepsis gegenüber einem Onlinevertrieb von Werkzeugen herrscht. So wird beispielsweise betont, dass Käufer Wert darauf legen, Werkzeuge vor dem Kauf anzufassen und somit ein Verkauf im stationären Handel bevorzugt werden sollte.⁷ Eine KPMG-Studie, die sich u. a. mit Baumarktartikeln befasst, zu denen auch Werkzeuge zählen, bestätigt, dass Kunden großen Wert auf Information und Beratung im stationären Geschäft legen. Das Fehlen des haptischen Erlebnisses im Geschäft wird

¹ Vgl. Hagberg/Jonsson/Egels-Zandén (2017), S. 264.

² Vgl. Zaharia (2013), S. 123, 127; Heinemann (2013), S. 11.

³ Vgl. Pantano/Viassone (2015), S. 106.

⁴ Vgl. Zaharia (2013), S. 123, 127; Heinemann (2013), S. 11.

⁵ Vgl. Hagberg/Jonsson/Egels-Zandén (2017), S. 264.

⁶ Vgl. KPMG (2012), S.58.

⁷ Vgl. Stüber (2016), o.S.

vor diesem Hintergrund vielfach als Hinderungsgrund für einen Onlinevertrieb angeführt.⁸

Demgegenüber zeigt sich allerdings auch, dass Werkzeughändler erfolgreich andere Vertriebskanäle nutzen können. So bietet beispielsweise der Werkzeughändler Con-torion seine Produkte online an⁹ und einige Unternehmen, wie Baumärkte, die auch Werkzeuge anbieten, haben mittlerweile zusätzlich zu ihren stationären Geschäften Onlinepräsenzen eröffnet.¹⁰ Zudem wird darauf hingewiesen, dass gerade standardisierte Produkte, deren Eigenschaften sich verbal problemlos beschreiben lassen, sehr gut für ein Onlinegeschäft geeignet sind. Des Weiteren hat das Beispiel des Textilhandels gezeigt, dass Kunden durchaus bereit sind, Artikel über das Internet zu beschaffen, die online nur unzureichend darstellbar sind.¹¹ Deutlich wird zudem, dass Kunden ein hochwertiges digitales Serviceangebot, insbesondere in Bezug auf die Produktberatung, erwarten.¹²

Aufgrund dieser divergierenden Ansichten zur Nutzung verschiedener Vertriebskanäle im Werkzeughandel stellt sich die Frage, welche Bedeutung die unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Vertriebskanäle für den Werkzeughandel aktuell haben und wie die künftige Entwicklung dieser Kanäle eingeschätzt werden kann. Da dazu aktuell keine Untersuchungen vorliegen, lässt sich eine Forschungslücke konstatieren. Eine systematische Analyse dieser Fragestellung scheint somit relevant.

Ziel ist es dementsprechend, die Bedeutung unterschiedlicher Vertriebskanäle für den B2B-Werkzeughandel und deren Entwicklungstendenzen zu erarbeiten. Somit steht die Beantwortung der folgenden zentralen Fragenstellungen im Fokus dieses Artikels:

- (1) Welche Vertriebskanäle haben aktuell die größte und welche die geringste Bedeutung im Werkzeughandel?
- (2) Welche Entwicklungstendenzen lassen sich hinsichtlich der Bedeutung verschiedener Vertriebskanäle im Werkzeughandel für die Zukunft ableiten?

⁸ Vgl. KPMG (2012), S. 57f.

⁹ Vgl. Stüber (2016), o.S.

¹⁰ Vgl. KPMG (2012), S. 57; KPMG (2016), S. 83.

¹¹ Vgl. KPMG (2012), S. 57f.

¹² Vgl. KPMG (2016), S. 83.

2 Begriffe und Grundlagen

2.1 Charakteristika und Besonderheiten des Werkzeughandels

*„Handel im institutionellen Sinne – auch als Handelsunternehmung, Handelsbetrieb oder Handlung bezeichnet – umfasst jene Institutionen, deren wirtschaftliche Tätigkeit ausschließlich oder überwiegend dem Handel im funktionellen Sinne zuzurechnen ist.“*¹³ Mit Handel im funktionellen Sinne ist gemeint, dass Betriebe Waren beschaffen und diese ohne Be- oder Verarbeitung weiterveräußern.¹⁴

Handelsbetriebe können wiederum in unterschiedlichen Formen auftreten. Um diese Formen zu differenzieren, kann in Abhängigkeit von der Stellung eines Handelsbetriebes in der Handelskette zwischen Urerzeuger und Konsumenten zwischen Groß- und Einzelhandelsbetrieben unterschieden werden. Beim Großhandel werden Güter (sogenannte Handelsgüter) durch Marktteilnehmer vom Hersteller und an Wiederverkäufer, Weiterverarbeiter, gewerbliche Verwender oder sonstige Institutionen mit Ausnahme privater Haushalte abgesetzt.¹⁵ Beim Einzelhandel werden demgegenüber Waren an Endverbraucher vertrieben.¹⁶

Der Werkzeughandel nimmt eine Mittlerrolle zwischen Werkzeugproduzenten (sogenannten Hartwaren-Produzenten) und anderen produzierenden Betrieben wie Industrie und Handwerk ein. Aufgrund dieser Mittlerrolle wird auch von Produktionsverbindungshandel (PVH) gesprochen.¹⁷ Dementsprechend kann der Werkzeughandel dem Großhandel sowie dem B2B-Handel zugeordnet werden, wenn auch in Einzelfällen ein Verkauf von Produkten an Endverbraucher erfolgt.

Der Werkzeughandel steht aktuell verschiedenen Herausforderungen gegenüber. Wie in vielen anderen Branchen, zeichnet sich auch im Werkzeughandel eine Nachfolgeproblematik ab. Weitere Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt, sind Konzentrationsprozesse sowie sinkende Margen. Des Weiteren zeigt sich, dass der ursprünglich klare Vertriebsweg (der PVH zwischen Werkzeugindustrie und Abnehmer) zunehmend verschwimmt, was u. a. auf die zunehmende Bedeutung von Baumärkten und deren Sortiment zurückzuführen ist. Zudem treten vermehrt branchenübergreifende Marktplätze wie Amazon und Ebay in den Markt ein. Sie gefährden die Marktanteile der Werkzeughändler und werden aufgrund ihrer Preisge-

¹³ Liebmann/Zentes (2001), S. 4.

¹⁴ Vgl. Müller-Hagedorn (2005), S. 2f.

¹⁵ Vgl. Barth/Hartmann/Schröder (2015), S. 84ff; Liebmann/Zentes (2001), S. 6.

¹⁶ Vgl. Schröder (2012), S. 17, 20.

¹⁷ Vgl. Möller (2017), o.S.

staltung als Konkurrenz wahrgenommen. Auch Direktvertreiber (z. B. Hilti und Würth), die über ein großes eigenes Filialnetz verfügen, stellen ernstzunehmende Konkurrenten für den Werkzeughandel dar. Als besonders bedeutsam wird allerdings aktuell die Digitalisierung wahrgenommen, die eine digitale Transformation des Großhandels erfordert.¹⁸

2.2 Vertriebskanäle und ihre Ausprägungen im Überblick

Der Begriff des Vertriebskanals (zum Teil wird auch von Absatzkanal, Vertriebsweg oder Distributionskanal gesprochen)¹⁹ wird in der Literatur nicht ganz eindeutig definiert. Meffert, Burmann und Kirchgeorg fassen unter den Begriff die ökonomischen, rechtlichen sowie kommunikativ-sozialen Beziehungen zwischen Personen, die am Verteilungs- bzw. Vertriebsprozess beteiligt sind.²⁰ Demgegenüber sagt Emrich aus, dass nur dann von einem Vertriebskanal gesprochen werden kann, wenn über diesen ein eigenständiger Vertrieb erfolgen kann. Das heißt, Kanäle, über die keinerlei vertriebliche Aktivitäten erfolgen und die sich in erster Linie darauf richten, dem Kunden durch Kommunikation oder Werbung Informationen zur Verfügung zu stellen, werden nach diesem Begriffsverständnis ausgegrenzt.²¹ Vollmayr sagt aus, dass Vertriebskanäle die Schnittstelle zwischen Hersteller bzw. Händler und Kunden bildet. Vertriebskanäle setzen sich aus unterschiedlichen Personen, Abteilungen oder Institutionen zusammen, die Vertriebsaktivitäten für die vom Unternehmen angebotenen Produkte durchführen bzw. unterstützen.²² Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll der Begriff Vertriebskanal in Anlehnung an Coughlan et al verstanden werden als „[...] *a set of interdependent organizations involved in the process of making a product or service available for use or consumption.*“²³

Vertriebskanäle lassen sich im Hinblick auf die Kontaktform und das Kontaktmedium differenzieren. So stehen beispielsweise der Außendienst eines Unternehmens sowie ein akquisitorisches Call-Center zwar jeweils in persönlichem Kontakt mit den Kunden, unterscheiden sich allerdings hinsichtlich des Kontaktmediums. Erfolgt ein Vertrieb über Filialen, ist es dem Kunden möglich, im Verkaufsumfeld nicht nur einen Verkäufer anzusprechen, sondern auch das physische Produkt in

¹⁸ Vgl. Möller (2017), o.S.

¹⁹ Vgl. Vollmayr (2014), S. 10.

²⁰ Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2012), S. 544.

²¹ Vgl. Emrich (2008), S. 7.

²² Vgl. Vollmayr (2014), S. 10.

²³ Vgl. Coughlan et al (2008), S. 2.

Augenschein zu nehmen. Demgegenüber zeichnen sich der Versandhandel, Onlineshops sowie Direktmarketingkanäle dadurch aus, dass Produktinformationen ausschließlich unpersönlich (durch Kataloge, Internetportale oder E-Mails) bereitgestellt werden. Alle diese Vertriebskanäle bieten den Kunden unterschiedliche Vertriebsleistungen sowie einen individuellen Nutzungskomfort. Daraus lässt sich eine Differenzierung von Vertriebskanälen nach der Kontaktform (medial, persönlich oder stationär) ableiten.²⁴

Neben der Differenzierung nach der Kontaktform können Vertriebskanäle zusätzlich nach Art der Vertriebsform in direkte und indirekte Vertriebskanäle unterteilt werden.²⁵ Direkte Vertriebskanäle zeichnen sich dadurch aus, dass die Herstellerunternehmen die Vertriebsleistungen selbst erbringen und keine externen Vertriebsseinheiten (Handel, Marktplätze) einschalten. Bei indirekten Vertriebskanälen wird der Produktverkauf durch externe Vertriebseinheiten übernommen. Diese schlagen dafür eine Handelsspanne auf die Einkaufspreise auf, um Kosten zu kompensieren und Gewinne zu erzielen.²⁶ Die folgende Tabelle verdeutlicht die Differenzierung von Vertriebskanälen nach direktem und indirektem Vertrieb sowie nach der jeweiligen Kontaktform.

Kontaktform	Direkte Vertriebskanäle	Indirekte Vertriebskanäle
Medial	E-Commerce-Shops, Portale und Marktplätze, M-Commerce, Telesales, Versandhandel	Online-Vertriebspartner, ausgelagerte Telesales
Stationär	Filialen, Vertriebsniederlassungen	Großhandel, Fachhandel, Einzelhandel
Persönlich	Außendienst, Key-Account-Team	Externe Handelsvertreter, Makler, Kommissionäre, Leihaußendienst, Systemintegratoren, Vertriebskooperationen

Tabelle 1: Differenzierung von Vertriebskanälen (Quelle: Vollmayr (2014), S. 11)

²⁴ Vgl. Vollmayr (2014), S. 10f; Rosenbloom (2007), S. 4ff.

²⁵ Vgl. Kabadayi/Eyoboglu/Thomas (2007), S. 195ff.

²⁶ Vgl. Vollmayr (2014), S. 11.

Welche der in Tabelle 1 dargestellten Vertriebskanäle grundsätzlich für den Handel relevant sind, konkretisiert Rothenstein wie folgt:²⁷

- Außendienst/Innendienst (persönlicher Kontakt),
- Stationäres Geschäft,
- Eigener Onlineshop,
- Gedruckter Katalog (Papierform),
- Elektronischer Katalog,
- Stationärer Showroom,
- Marktplatz (Handelsplattform).

Wannenwetsch ergänzt die oben genannten Kanäle für den Handel um sogenannte elektronische Kataloge.²⁸

Ein Außendienst zeichnet sich dadurch aus, dass Unternehmensvertreter die Kunden persönlich aufsuchen. Der Außendienst zählt zu den direkten Vertriebskanälen. Er wird vom Kunden bevorzugt, wenn der Informationsbedarf für die Produkte sehr hoch ist und wenn es sich um innovative und/oder technisch komplexe Produkte handelt. Auch wenn technische oder sonstige Anpassungen an Kundenbedürfnisse erforderlich sind, werden direkte Vertriebskanäle wie der Außendienst vom Kunden präferiert.²⁹

Ein stationäres Geschäft bzw. Ladengeschäft ist ein physischer Marketingkanal, Pantano und Viassone weisen darauf hin, dass dieser Kanal heute nicht mehr nur einen Face-to-Face-Kontaktpunkt darstellt, an dem Konsumenten die Leistungen und Produkte eines Unternehmens erhalten, sondern auch eine Art interaktiven Touch-Point bildet, der als unterstützender Service aufgefasst werden kann. So kann ein Geschäft als eine Art Guide während des Einkaufs wirken und den Einkaufsprozess und das Einkaufserlebnis beeinflussen.³⁰ Kunden können in stationären Geschäften Beratung in Anspruch nehmen, Produkte testen und diese sofort mitnehmen.³¹

In eigenen Onlineshops bieten Händler Waren auf einer eigenen Webseite zum Verkauf an.³² Sie zeichnen sich durch eine physische Distanz zum Kunden aus. On-

²⁷ Vgl. Rothenstein (2016), S. 6.

²⁸ Vgl. Wannenwetsch (2014), S. 209.

²⁹ Vgl. Vollmayr (2014), S. 13.

³⁰ Vgl. Pantano/Viassone (2015), S. 107.

³¹ Vgl. Vollmayr (2014), S. 14.

³² Vgl. Wannenwetsch (2014), S. 209.

lineshops haben, wie andere Onlinekanäle auch, den Vorteil, dass sie rund um die Uhr zugänglich sind. Zudem zeichnen sie sich im Vergleich zu direkten Vertriebskanälen in der Regel durch eine höhere Marktabdeckung aus. Des Weiteren sind Onlineshops in der Lage, sowohl umfassende als auch aktuelle Produktinformationen zu sehr geringen Personalkosten verfügbar zu machen.³³

Gedruckte Kataloge sind vom Grundprinzip den Onlineshops ähnlich. Im Unterschied zu diesen ermöglichen sie allerdings keine direkten Bestellungen, sondern erfordern vom Kunden das Ausfüllen eines Bestellscheins oder die telefonische Aufgabe der Bestellung.

Elektronische Kataloge kommen in der Regel zum Einsatz, wenn Unternehmen mit Zulieferern oder Händlern Rahmenverträge schließen. Die Unternehmen nehmen die Produkte der Händler dann in interne Kataloge auf, sodass Güter über sogenannte Desktop-Purchasing-Systeme beschafft werden können.³⁴

Im stationären Showroom sind Produkte eines Unternehmens ausgestellt, in der Regel jeweils nur einmal. Kunden haben dort die Möglichkeit, Produkte anzusehen, auszuprobieren und zu testen. Gleich kaufen und mitnehmen können sie sie dort allerdings nicht. In der Regel gibt es die Möglichkeit, die ausgestellten Produkte beispielsweise per Smartphone im Showroom direkt zu bestellen und dann liefern zu lassen.³⁵

Marktplätze dienen der Transaktionsabwicklung zwischen Geschäftspartnern. Marktplätze gibt es für verschiedene Bereiche, also sowohl im B2B-, dem B2C- oder auch dem C2C-Bereich. Im B2B-Bereich werden Hersteller, Zulieferer, Händler und Kunden miteinander verbunden.³⁶ Ein Beispiel ist in diesem Kontext die Beschaffungsplattform Mercateo, die Geschäftskunden den Zugang zu einem Marktplatz mit über 10 Millionen Artikeln von über 15.000 Herstellern bietet.³⁷ Der Business-to-Business-Marktplatz von Mercateo arbeitet auf Basis von modularen, webbasierten E-Procurement-Lösungen und bietet damit eine Infrastruktur, auf der sich Hersteller, Lieferanten, Einkäufer sowie Dienstleister vernetzen und untereinander Transaktionen vornehmen können.³⁸

³³ Vgl. Vollmayr (2014); S. 14.

³⁴ Vgl. Wannenwetsch (2014), S. 210.

³⁵ Vgl. Zimmer (2012), o.S.

³⁶ Vgl. Wannenwetsch, 2014), S. 210.

³⁷ Vgl. Mercateo (2018a), o.S:

³⁸ Vgl. Mercateo (2018b), o.S.

Meffert, Burmann und Kirchgeorg weisen darauf hin, dass sich die meisten Unternehmen nicht mehr nur auf einen Absatzkanal konzentrieren, sondern vielmehr auf einen sogenannten Mehrkanalvertrieb (auch Multi-Channel-Distribution) setzen, bei dem sie verschiedene Absatzkanäle parallel nutzen. Dies führen sie auf das weitreichend durch die Digitalisierung verursachte und veränderte Konsum- und Medien-nutzungsverhalten auf Seite der Nachfrager zurück. Zudem gehen sie davon aus, dass der Einsatz verschiedener Vertriebskanäle einen Einfluss auf das Kaufverhalten hat.³⁹

2.3 Vertriebskanäle im Werkzeughandel: Zusammenführung der Themenfelder

Jeder Vertriebskanal hält für den Kunden unterschiedliche Zusammenstellungen von Vertriebsleistungen bereit und verursacht dem Anbieter unterschiedliche Kosten. Der Nutzen eines Vertriebskanals für ein Unternehmen hängt u. a. von den Anforderungen der Kunden an Produkte und Vertriebsleistungen, der zugrunde liegenden Situation, den Kaufgewohnheiten und der bisherigen Vertriebskanalnutzung der Kunden ab.⁴⁰ Manicoba da Silva nennt als weitere Determinanten, die ausschlaggebend für einen bestimmten Vertriebskanal sind, u. a. das Marktpotenzial und die geografische Konzentration eines Unternehmens, die Verkaufsfrequenz eines Produktes, das erforderliche Ausmaß technischen Wissens für den Verkauf und die Wartung des Produktes sowie die Bedeutung der Produktverfügbarkeit für den Kunden.⁴¹ Ansari, Mela und Neslin sagen in diesem Kontext aus, dass der Nutzen unterschiedlicher Kanäle sogar innerhalb ähnlicher Kundensegmente variieren kann.⁴² Um den unterschiedlichen Kundenerwartungen gerecht werden zu können, setzen somit viele Unternehmen auf Vertriebssysteme mit mehreren Kanälen (Multi-Channel-Vertriebskanäle).⁴³ Dabei stellt sich die Frage, wie viele und welche Kombination von Vertriebskanälen für ein Unternehmen am besten geeignet ist.⁴⁴

Vor diesem Hintergrund lässt sich für das Betrachtungsobjekt „Werkzeughandel“ ableiten, dass für diesen besonderen Bereich der Handelsbranche bestimmte Vertriebskanäle bzw. bestimmte Kombinationen von Vertriebskanälen besonders bedeutsam sind, während andere Kanäle weniger zu den Angeboten der Branche und

³⁹ Vgl. Meffert/Burmann/Kirchgeorg (2012), S. 558.

⁴⁰ Vgl. Vollmayr (2014), S. 14.

⁴¹ Vgl. da Silva (2015), S. 5f.

⁴² Vgl. Ansari/Mela/Neslin (2008), S. 60f.

⁴³ Vgl. Vollmayr (2014), S. 14.

⁴⁴ Vgl. Frazier/Shervani (1992), S. 218.

den Anforderungen der Kunden von Werkzeughändlern passen. Gleichwohl lässt sich feststellen, dass es hinsichtlich der Fragestellung, welche Vertriebskanäle im Handel allgemein genutzt und wie sie kombiniert werden, zwar Untersuchungen gibt,⁴⁵ konkret für den Bereich des Werkzeughandels bislang aber noch keine Studien vorliegen.

Aus diesem Grund soll mittels der nachfolgend skizzierten Untersuchung ein erster Einblick in die im Werkzeughandel vornehmlich genutzten Vertriebskanäle, deren Kombination sowie deren Entwicklungstendenzen erarbeitet werden.

3 Untersuchung zu Bedeutung und Entwicklungstendenzen verschiedener Vertriebskanäle im Werkzeughandel

3.1 Forschungsdesign

Experteninterviews

Da es in der wissenschaftlichen Fachliteratur keine weiterführenden Untersuchungen zur Bedeutung von Vertriebskanälen im Werkzeughandel gibt, wurde eine empirische Untersuchung durchgeführt, die darauf abzielt, diesbezüglich Erkenntnisse zu gewinnen.

Die Wahl einer Erhebungsmethode muss zum Untersuchungsziel einer Arbeit passen.⁴⁶ Dementsprechend ist an dieser Stelle eine geeignete Methodenwahl zu treffen. Nach Atteslander kann zunächst zwischen einer qualitativen und einer quantitativen Vorgehensweise gewählt werden.⁴⁷

Aufgrund der formulierten Zielsetzung scheint eine qualitative Vorgehensweise sinnvoll, da ein qualitativer Forschungsansatz stärker als quantitative Forschung die Möglichkeit von Deskription und Interpretation schafft.⁴⁸ Zudem kann ausgesagt werden, dass qualitative Forschung das Verstehen in den Vordergrund stellt.⁴⁹ Da es darum geht, die Bedeutung verschiedener Vertriebskanäle für den Werkzeughandel zu verstehen, wird ein qualitatives Untersuchungsdesign gewählt.

Berücksichtigt werden muss dabei auch, dass qualitative Untersuchungen Informationen zu einer relativ geringen Fallzahl liefern, was den Anspruch auf Verallgemeinerung gegenüber quantitativen Untersuchungen einschränkt. Da qualitative

⁴⁵ Vgl. u.a. Pantano/Viassone (2015), S. 106ff; Rosenbloom (2007), S. 4ff.

⁴⁶ Vgl. Schnell/Hill/Esser (2005), S. 321.

⁴⁷ Vgl. Atteslander (2003), S. 79ff, 120ff, 196ff, 215ff.

⁴⁸ Vgl. Mayring (2002), S. 19.

⁴⁹ Vgl. Lamnek (2005), S. 245.

Erhebungen keine statistische Generalisierbarkeit anstreben, sondern auf eine analytische Generalisierbarkeit ausgerichtet sind, können sie für die Erreichung der Zielsetzung dieser Arbeit, insbesondere vor dem Hintergrund, dass zum Themenfeld bislang keine Untersuchungen identifizierbar sind, als geeignet betrachtet werden.⁵⁰

Als Untersuchungsmethode soll auf teilstrukturierte Interviews zurückgegriffen werden, die Face-to-Face durchgeführt werden. Diese Methode wird gewählt, da sie verschiedene Vorteile aufweist. So erlaubt sie dem Interviewer, nachzufragen und Themen, die sich im Gespräch ergeben, aufzugreifen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Interviews die Problemanalyse in den Vordergrund stellen.⁵¹ Mithilfe von Interviews lassen sich Tatsachen aus den Wissensbeständen der Befragten erfassen.⁵² Die (teilweise) Strukturierung der Interviews hilft bei dem Vergleich der verschiedenen Befragungen und erleichtert die Auswertung.⁵³ Face-to-Face-Interviews weisen zwar einen vergleichsweise hohen Zeitaufwand auf, haben allerdings den Vorteil, dass sie eine nur geringe Verweigerungs- und Abbruchquote aufweisen und die Befragten in der Regel „lange durchhalten“, so Brosius, Haas und Koschel. Daraus folgt eine hohe Qualität der Stichprobe.⁵⁴ Die Konzeption von Interviewleitfaden und Fragebogen erfolgt auf Basis der erarbeiteten theoretischen Grundlagen und zielt darauf ab, die Forschungslücke hinsichtlich der Bedeutung von Vertriebskanälen im Werkzeughandel zu bearbeiten. Ziel ist es, in den Interviews Erfahrungen, Meinungen und Wissen zu Vertriebskanälen, ihrer Relevanz und Entwicklungstendenzen im Werkzeughandel zu erheben. Befragt werden dazu Experten, die in Unternehmen des Werkzeughandels tätig sind oder in beratender Funktion für den Werkzeughandel agieren. Im Einzelnen werden in den Interviews die folgenden Themenblöcke behandelt:

- Aktuelle Nutzung von Vertriebskanälen im Unternehmen (welche werden aktuell grundsätzlich verwendet?)
- Entwicklung der Vertriebskanalnutzung über die Zeit (welche Kanäle gab es bei Unternehmensgründung, welche kamen im Zeitablauf hinzu?)
- Welcher Vertriebskanal ist (im Moment) für das Unternehmen am wichtigsten?

⁵⁰ Vgl. Yin (2009), S. 15; Pratt (2009), S. 856.

⁵¹ Vgl. Mayring (2002), S. 70.

⁵² Vgl. Lamnek (2005), S. 333.

⁵³ Vgl. Mayring (2002), S. 70.

⁵⁴ Vgl. Brosius/Haas/Koschel (2016), S. 109.

- Welcher Vertriebskanal hat aktuell die geringste Bedeutung für das Unternehmen?
- Wie sieht die optimale Vertriebskanalkombination für ein Unternehmen des Werkzeughandels aus?
- Wie wird sich die Vertriebskanalnutzung im Werkzeughandel zukünftig entwickeln?
- Welchen Aufgaben steht der Werkzeughandel im Kontext der Vertriebskanäle aktuell und künftig gegenüber?
- Welche Bedeutung hat das haptische Erlebnis beim Werkzeugkauf für die Vertriebskanalnutzung im Werkzeughandel?

Die Materialaufbereitung erfolgt durch die Protokollierung der Interviews. Die Auswertung erfolgt anhand des festgehaltenen Kommunikationsmaterials (die protokollierten Interviews) mithilfe von Zusammenfassungen. Mit der Technik der Zusammenfassung wird das gewonnene Material so reduziert, dass nur noch wesentliche Inhalte erhalten bleiben. Durch Abstraktion entsteht ein überschaubarer Korpus, der ein Abbild des Grundmaterials darstellt.⁵⁵ Dabei erfolgt die Reduktion des Materials mittels Selektion und Bündelung, sodass ein ausreichendes Abstraktionsniveau erreicht wird.⁵⁶ Die nachfolgende Abbildung stellt das Vorgehen bei der Auswertung und Aufbereitung der Interviewergebnisse im Überblick dar.

Mithilfe dieser qualitativen Vorgehensweise lässt sich ein (erstes) Abbild der Bedeutung von unterschiedlichen Vertriebskanälen für den Werkzeughandel sowie eine Einschätzung künftiger Entwicklungstendenzen der Nutzung verschiedener Vertriebskanäle ableiten. Das Untersuchungsergebnis kann als Basis für spätere weiterführende (ggf. quantitative) Untersuchungen dienen.

⁵⁵ Vgl. Mayring (2002), S. 115f.

⁵⁶ Vgl. Mayring (2015), S. 69f.

Fragenblock/ Kategorie	Interview- partner 1	Interview- partner 2	Interview- partner 3	Interview- partner...	Synopse/ Kernaussagen
Block 1	Aussagen zu Block 1 →	Aussagen zu Block 1 →	Aussagen zu Block 1 →	Aussagen zu Block 1 →	Zusammenfassung der Aussagen aller Befragten zu Kernaussagen
Block 2	Aussagen zu Block 2 →	Aussagen zu Block 2 →	Aussagen zu Block 2 →	Aussagen zu Block 2 →	Zusammenfassung der Aussagen aller Befragten zu Kernaussagen
Block 3	Aussagen zu Block 3 →	Aussagen zu Block 3 →	Aussagen zu Block 3 →	Aussagen zu Block 3 →	Zusammenfassung der Aussagen aller Befragten zu Kernaussagen
Block...	Aussagen zu Block ... →	Aussagen zu Block ... →	Aussagen zu Block ... →	Aussagen zu Block ... →	Zusammenfassung der Aussagen aller Befragten zu Kernaussagen

Tabelle 2: Muster der Interviewauswertung (Quelle: Eigene Darstellung)

Delphi-Studie

Aufgrund einiger nach Auswertung der Interviews offen gebliebener Fragen insbesondere hinsichtlich der Theorie-Empirie-Verknüpfung sowie der Notwendigkeit, die erzielten Ergebnisse zu überprüfen, war es erforderlich, eine zusätzliche Untersuchungsstufe zu planen.

Zu diesem Zweck wurde auf eine Delphi-Befragung zurückgegriffen.

Die Delphi-Methode ist ein Verfahren, das genutzt werden kann, wenn ein und derselbe Expertenkreis zum wiederholten Male befragt werden soll. Dabei können Ergebnisse oder auch Schätzungen einem Expertenkreis zur Beurteilung vorgelegt werden.⁵⁷

⁵⁷ Vgl. Atteslander (2003), S. 157.

Möglich sind hier zwei Untersuchungsansätze:⁵⁸

1. Das klassische Vorgehen (Standard-Delphi) wird als Expertenbefragung in Form von Einzelbefragungen durchgeführt. Dabei wird nach jeder Befragungsrunde eine Rückkopplung durchgeführt. Bei diesem Vorgehen werden erzielte Ergebnisse anonymisiert und an die Befragungsteilnehmer zurückgemeldet. Anhand dieses Ansatzes können die Befragten ihre vorangegangenen Angaben prüfen und ggf. anpassen oder präzisieren. Mit diesem Vorgehen wird das Ziel verfolgt, schrittweise eine Konvergenz zu erreichen. Derartige Befragungen werden im Regelfall schriftlich mittels Fragebogen durchgeführt. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, die von den Experten einzuschätzenden Ergebnisse strukturiert und präzise zu formulieren. Sie müssen des Weiteren mit einem Bewertungsschema versehen werden. Die Ergebnisse der Befragungsrunde(n) werden abschließend ausgewertet.
2. Breitband-Delphi: Bei diesem Ansatz handelt es sich um eine Variation der klassischen Vorgehensweise. Anders als beim Standard-Delphi erfolgt hier eine Diskussion aller Expertenmeinungen und der Unterschiede zwischen ihnen in einer gemeinsamen Sitzung. Die Anonymität ist hierbei aufgehoben. Der Vorteil dieser Alternative liegt darin, dass sie erheblich weniger Zeit erfordert und der Konvergenzprozess deutlich kürzer ist. Gleichwohl ist anzumerken, dass diese Form der Delphi-Befragung oftmals problematischer zu realisieren ist, da es wesentlich davon abhängt, ob die Experten zu einer gemeinsamen Sitzung bereit sind und die dafür erforderliche zeitliche Verfügbarkeit vorliegt.

Aufgrund der in Bezug auf die Breitband-Delphi-Methode skizzierten Problematik der gleichzeitigen zeitlichen Verfügbarkeit, musste für die Untersuchung für diese Arbeit auf ein Standard-Delphi-Verfahren zurückgegriffen werden. Die zu befragenden Experten stammen nicht nur aus verschiedenen Unternehmen aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands, sondern sie sind auch aufgrund ihrer Führungsposition zeitlich erheblich eingebunden. Die Möglichkeit, alle zur gleichen Zeit am gleichen Ort für eine gemeinsame Diskussionsrunde zusammenzubringen, gab es dementsprechend nicht.

Vor diesem Hintergrund wurden auf Basis der erzielten Untersuchungsergebnisse aus den Interviews Thesen abgeleitet. Zu jeder These wurde abgefragt, inwieweit sie aus Sicht des Experten zutrifft. Dabei konnte zwischen den vier folgenden Möglichkeiten gewählt werden:

⁵⁸ Vgl. Motzel/Möller (2017), S. 63f.

1. Trifft voll zu,
2. Trifft zu,
3. Trifft vielleicht zu,
4. Trifft nicht zu.

Zusätzlich zu den auf den Ergebnissen basierenden Thesen wurden einige weiterführende Aussagen formuliert, mit denen ergänzende Erkenntnisse zu Themenbereichen gewonnen werden sollten, die durch die Antworten aus den Interviews nicht hinreichend abgedeckt wurden. Auch diese Thesen wurden mit der oben genannten Auswahlmöglichkeit versehen.

Der für die Delphi-Befragung eingesetzte Fragebogen findet sich im Anhang 2, die Auswertung der Delphi-Befragung wird im Anhang 4 dargestellt.

3.2 Ergebnisaufbereitung

Im Rahmen dieser Ergebnisaufbereitung werden die Ergebnisse aus den Interviews und der Delphi-Studie in Kombination betrachtet.

Befragt wurden sechs Personen, die direkt in einem Unternehmen des Werkzeughandels tätig sind in der Funktion als Bereichsleiter, Prokurist, Geschäftsführer oder Gesellschafter mit jeweils langjähriger Berufserfahrung. Ein weiterer Befragter stammte aus dem Unternehmensberatungsbereich. Dieser lieferte einen „Blick von oben“ auf das Gesamtbild des Werkzeughandels und dessen Vertriebskanäle. Bis auf eine Ausnahme bewegten sich alle Befragten in der Altersgruppe zwischen 40 und 65 Jahren.⁵⁹

Hinsichtlich der aktuellen Verwendung von Vertriebskanälen zeichnen alle Befragten ein ähnliches Bild. Alle nannten neben einem stationären Geschäft, Außendienst/Innendienst, Onlineshop und elektronische Kataloge. Seltener, aber offenbar im Kommen sind Werkzeugausgabeautomaten. Social Media gibt es zwar, werden aber kaum verwendet. Eine Option, die ebenfalls genannt wird und den Befragten vertraut ist, ist das Onlinegeschäft via Plattform. Diese Option wird noch nicht von vielen verwendet. Ein Befragter nennt als weiteren Vertriebskanal eine Werkstatt für kundenindividuelle Lösungen.⁶⁰

Abgeleitet werden kann hier die These, dass im Werkzeughandel aktuell in erster Linie die Vertriebskanäle stationäres Geschäft, Außendienst/Innendienst, Online-

⁵⁹ Vgl. Auswertung zur Frage 1.

⁶⁰ Vgl. Auswertung zur Frage 2.

shop sowie elektronische Kataloge zum Einsatz kommen. Diese These wurde im Rahmen der Delphi-Befragung geprüft. Alle Experten stimmten der These voll zu.⁶¹

Die Entwicklung der Vertriebskanäle von der Unternehmensgründung bis heute zeigt sich bei allen Befragten relativ ähnlich. Den Beginn bildete jeweils ein Ladengeschäft, das sich im Zeitablauf zu einem Fachmarkt wandelte. Den nächsten Schritt bildete in der Regel die Etablierung eines Außendienstes, vielfach in Kombination mit einem Innendienst. In einigen Fällen kam im nächsten Schritt die Nutzung von Papierkatalogen hinzu. Diese wurden zusammen mit den Verbänden NORDWEST oder EDE als professionelle Vertriebsunterlage entwickelt. Später erfolgte dann der Aufbau von Webpräsenzen (im ersten Schritt nur Firmenpräsentationen und aufbauend darauf dann die Entwicklung von Online-shops). Elektronische Kataloge, die eine Anbindung an das ERP-System der Kunden zulassen, folgten. Einige Unternehmen testen aktuell sogenannte Werkzeugausgabeautomaten sowie die Nutzung von Plattformen (Marktplatzanbieter) wie Mercateo.⁶²

Die folgende Abbildung stellt die zeitliche Entwicklung der Vertriebskanalnutzung auf Basis der in den Interviews skizzierten Entwicklung des Werkzeughandels im Überblick dar.

Um zu überprüfen, inwieweit diese abgeleitete Entwicklung von den Experten bestätigt wird, wurde diese Abbildung in der Delphi-Befragung dargestellt. Die skizzierte Entwicklung wird von den Experten als zutreffend gewertet (fünf Experten bewerteten sie mit „trifft zu“, ein Experte mit „trifft voll zu“)⁶³

Aus den Interviews ließ sich im Hinblick auf die Werkzeugausgabeautomaten die folgende These ableiten: Werkzeugausgabeautomaten werden zurzeit nur vereinzelt genutzt, ihnen wird aber für die Zukunft eine wachsende Bedeutung zukommen. Diese These wurde in der Delphi-Befragung geprüft. Die These wurde bestätigt (zwei Experten bewerteten sie mit „trifft voll zu“, vier Experten mit „trifft zu“).

Neben den Werkzeugausgabeautomaten wurden Plattformlösungen ebenfalls als künftig bedeutsamer werdende Ansätze für den Werkzeughandel genannt.⁶⁴ In diesem Kontext wurde die These formuliert, dass das Onlinegeschäft via Plattform (z. B. Mercateo) im Werkzeughandel zurzeit noch wenig genutzt wird, künftig aber

⁶¹ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 1).

⁶² Vgl. Auswertung Frage 3.

⁶³ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 9).

⁶⁴ Vgl. Auswertung Frage 3.

an Bedeutung gewinnen wird. Diese These bewertete ein Experte mit „trifft voll zu“, vier bewerteten sie mit „trifft zu“ und einer mit „trifft vielleicht zu“.⁶⁵

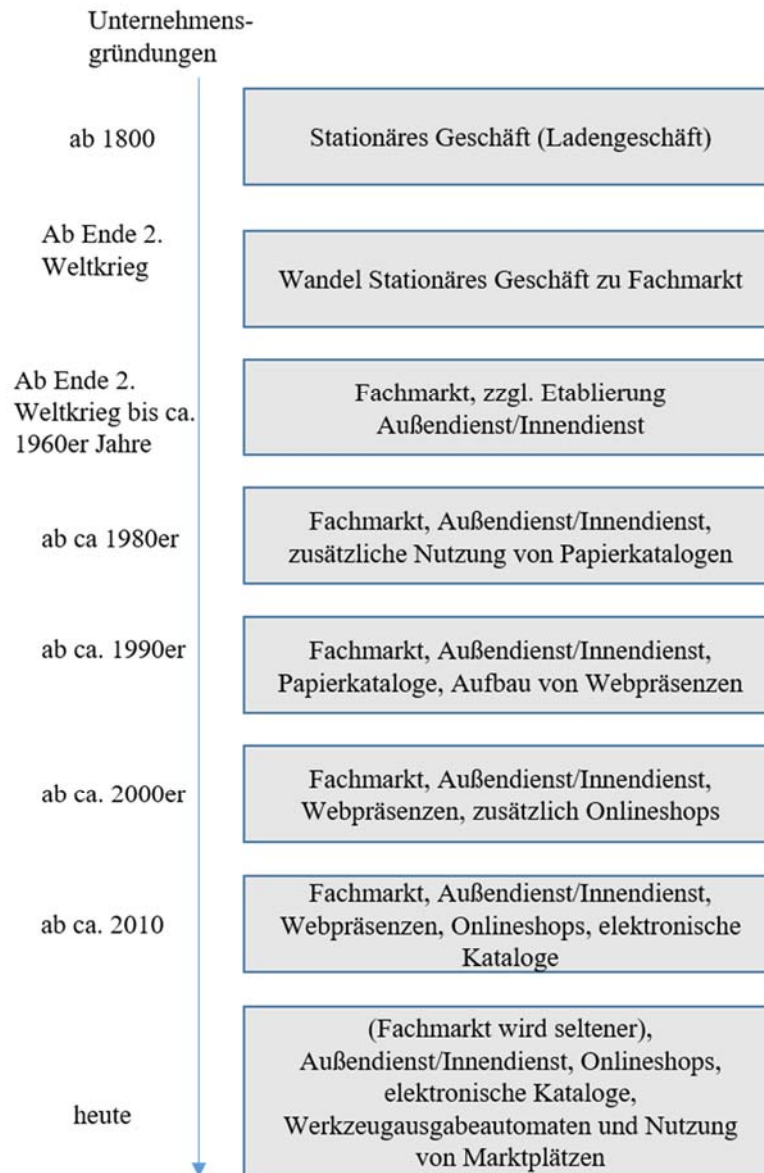


Abbildung 1: Entwicklung der Vertriebskanalnutzung des Werkzeughandels im Zeitablauf (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Auswertung der Frage 3)

Hinsichtlich der aktuell am bedeutsamsten Vertriebskanäle im Werkzeughandel lässt sich feststellen, dass der Außendienst in Kombination mit dem Innendienst bei allen Befragten die wichtigste Rolle einnimmt. Das wird mit den Umsatzanteilen, die derzeit auf den Außendienst entfallen, begründet. Diese liegen zwischen 70 %

⁶⁵ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 4).

und 90 %. Die große Rolle des Außendienstes wird u. a. darauf zurückgeführt, dass die Branche sehr konservativ ist. Des Weiteren wird ausgesagt, dass die Produkte zum Teil mit Beratungsbedarf verbunden sind und die meisten Kunden den persönlichen Kontakt bevorzugen. Ein Befragter unterstreicht, dass der persönliche Kontakt auch deshalb wichtig ist, weil Wettbewerber wie Würth, die ihre Produkte per Direktvertrieb anbieten, auch auf persönliche Betreuung setzen.⁶⁶

Aus diesem Ergebnis wurde folgende These abgeleitet: „Der Außendienst in Kombination mit dem Innendienst ist zum jetzigen Zeitpunkt der wichtigste Vertriebskanal im Werkzeughandel“. Dieser These stimmten fünf der Experten mit „trifft voll zu“ zu, ein Experte wertete sie mit „trifft zu“.⁶⁷

Überdies sollte die Anmerkung des einen Befragten zu den Direktvertreibern überprüft werden, so dass die folgende These aufgestellt wurde: „Direktvertreiber, wie Hilti und Würth stehen in Konkurrenz zum Werkzeughandel und gefährden die Marktanteile des Werkzeughandels.“ Die Befragten stimmten dieser These mit „trifft voll zu“ (fünfmal) bzw. „trifft zu“ (einmal) zu.⁶⁸

Es wird dabei auch darauf hingewiesen, dass sich andere Kanäle derzeit weiterentwickeln. In diesem Kontext werden insbesondere elektronischen Katalogen und Werkzeugausgabeautomaten erhebliche Potenziale beigemessen. Ein Befragter unterstreicht in Bezug auf elektronische Kataloge, dass diese bedeutsamer werden, da sie eine direkte Integration von Bestelldaten in das ERP-System eines Unternehmens ermöglichen, was dazu führen kann, dass Prozesse optimiert und Kosten eingespart werden.⁶⁹ Hieraus ergab sich die folgende These: „Elektronische Kataloge werden zukünftig für den Vertrieb im Werkzeughandel erheblich an Bedeutung gewinnen.“ Hier stimmten vier Experten der These mit „trifft voll zu“ und zwei mit „trifft zu“.⁷⁰

Am wenigsten Bedeutung haben nach Aussage der Interviewten zurzeit das stationäre Geschäft sowie Social-Media-Engagements. Die Bedeutung der stationären Geschäfte ist im Zeitablauf immer geringer geworden. Die Befragten weisen darauf hin, dass Industriekunden die Läden gar nicht mehr besuchen und die Handwerkskunden auch nur noch sehr selten kommen. Oftmals wird das Geschäft nur noch als Abhol-Ort für Bestellungen genutzt. Die Privatkunden kommen zwar gelegentlich,

⁶⁶ Vgl. Auswertung Frage 4.

⁶⁷ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 2).

⁶⁸ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (Zusatzthese 3)

⁶⁹ Vgl. Auswertung Frage 4.

⁷⁰ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 5).

gehören aber nicht zur Zielgruppe des Werkzeughandels. Insgesamt ist der Umsatz über die stationären Geschäfte seit Jahren rückläufig. Die Umsatzanteile der Ladengeschäfte sind im Vergleich zu den anderen Kanälen die niedrigsten. Ein Befragter spricht von einem Umsatzanteil von maximal 5 %. Infolge der abnehmenden Bedeutung der stationären Geschäfte haben Werkzeughändler bereits damit begonnen, durch Personalabbau und Verkaufsflächenreduktion Kosten zu senken. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Kanal mittelfristig nicht mehr funktionieren wird, da keine Kunden mehr kommen.⁷¹

Aus diesen Befragungsergebnissen leitete sich die folgende These ab: „Die Bedeutung des stationären Geschäfts als Vertriebskanal für den Werkzeughandel verliert zunehmend an Bedeutung. Stationäre Geschäfte werden langfristig keine Bedeutung für den Vertrieb im Werkzeughandel haben und zunehmend verschwinden.“ Die Bewertung dieser These zeigt eine gewisse Uneinigkeit bei den Experten, während drei ihr mit „trifft zu“ zustimmen, sagen zwei aus, dass die These „vielleicht zutrifft“ und einer, dass sie „nicht zutrifft“.⁷²

Ein Absatz über Social Media erfolgt ebenfalls kaum, sodass dieser Kanal ebenfalls von sehr geringer Bedeutung ist. Ein Befragter sagt aus, dass Social Media als „Zeitfresser“ gesehen werden. Ein anderer Befragter gibt zudem an, dass Onlineshops derzeit noch wenig von Bedeutung sind. Er führt dies sowie die geringe Bedeutung sozialer Medien auf die Handwerkskundschaft zurück, die lieber persönlich bestellt als über das Internet.⁷³

In Bezug auf eine möglichst optimale Kombination von Vertriebskanälen für den Werkzeughandel lässt sich feststellen, dass die Interviewten eine parallele Nutzung von Außendienst/Innendienst und einem Online-Bestellmedium beim Kunden (Onlineshop und/oder elektronischer Katalog) als besonders sinnvoll werten. Als vorteilhaft wird zudem die Ergänzung dieser Kombination um Werkzeugautomaten gesehen. Wichtig ist allen Befragten ein Konzept, dass dazu beitragen kann, Prozesskosten in der Bestellabwicklung beim Kunden zu reduzieren (z. B. durch Anbindung bzw. Schnittstellen zum ERP-System).⁷⁴

Hieraus ergab sich die folgende These: „Aktuell besteht die optimale Vertriebskanalkombination des Werkzeughandels aus Außendienst, Innendienst und einem Online-Bestellmedium (Onlineshop, Plattform oder elektronischer Katalog).“ Diese

⁷¹ Vgl. Auswertung Frage 5, Auswertung Frage 4.

⁷² Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 6).

⁷³ Vgl. Auswertung Frage 5.

⁷⁴ Vgl. Auswertung Frage 6.

These bewerteten vier der Experten mit „trifft voll zu“ und zwei Experten mit „trifft zu“. ⁷⁵

Grundsätzlich sollte eine Kombination von Vertriebskanälen im Werkzeughandel so gestaltet sein, dass der Außendienst weiterhin die persönliche Beratung beim Kunden vornimmt, sich die tatsächlichen Bestellungen durch den Kunden aber vermehrt auf Onlinekanäle verlagern. Ein Befragter beschreibt in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, dass ein Onlinezugang nach vorheriger Beratung durch den Außendienst konkret auf die Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten ist. Das heißt, dass die online dargestellten Produkte kundenindividuell zusammengestellt sind, sodass für den jeweiligen Kunden nur die Produkte aufgeführt werden, die dieser auch benötigt. ⁷⁶

Hinsichtlich der Entwicklungstrends von Vertriebskanälen im Werkzeughandel kann festgestellt werden, dass Onlinelösungen wesentlich an Bedeutung gewinnen werden, was u. a. auf einen anstehenden Generationenwechsel in den Unternehmen zurückgeführt wird. ⁷⁷ Diese Feststellung wird im Rahmen der Delphi-Befragung mit folgender These überprüft: „Onlinekanäle werden künftig für den Vertrieb des Werkzeughandels wesentlich an Bedeutung gewinnen. Diese These wird von den Experten bestätigt (fünf Experten bewerten sie mit „trifft voll zu“ und einer mit „trifft zu“). ⁷⁸

Es wird dennoch davon ausgegangen, dass Außen- und Innendienst ihre große Bedeutung behalten werden, wobei auch angemerkt wird, dass hier eine Veränderung der Rolle des Außendienstes erforderlich sein wird. Es werden künftig bessere Qualifikationen im Außendienst benötigt, zudem muss der Außendienst stärker die Rolle eines Prozessberaters wahrnehmen und Spezialist für das Onlinegeschäft werden. Dies wird damit begründet, dass es nicht mehr ausschließlich um ein Produkt geht, sondern vermehrt Prozessverbesserungen (in Bezug auf die Bestellabwicklung sowie logistische Prozesse) in den Mittelpunkt des Interesses beim Kunden rücken. ⁷⁹

Des Weiteren wird ausgesagt, dass das Angebot von Servicefunktionen wie Werkzeugausgabeautomaten an Bedeutung gewinnen wird. Ein Befragter betont zudem, dass Verbesserungen der Logistik erforderlich sein werden. ⁸⁰

⁷⁵ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 7).

⁷⁶ Vgl. Auswertung Frage 6.

⁷⁷ Vgl. Auswertung Frage 7.

⁷⁸ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 8).

⁷⁹ Vgl. Auswertung Frage 7.

⁸⁰ Vgl. Auswertung Frage 7.

Als wesentliche Herausforderung zeigt sich für den Vertrieb des Werkzeughandels nach Aussage der Befragten ein notwendiger Rollenwandel des Außendienstes vom Verkäufer zum Prozessoptimierer. Insbesondere die stärkere Fokussierung von Aus- und Weiterbildung des Außendienstes in Bezug auf Themen der Informationstechnologie wird künftig als unumgänglich gewertet.⁸¹ Aus diesem aus den Interviews abgeleiteten Ergebnis ergibt sich die folgende These: „Die Schließung von Wissenslücken aufseiten des Werkzeughandels in Bezug auf Online-Vertriebskanäle stellt einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Zukunft dar.“ Diese These wurde von vier Experten mit „trifft voll zu“ und von zwei Experten mit „trifft zu“ bewertet.⁸²

Auch die Entwicklung ergänzender Dienstleistungskonzepte wird als wichtig erachtet. Die Befragten nennen hier z. B. Ansätze wie „mieten statt kaufen“, das Angebot zusätzlicher Wartungskonzepte und Finanzierungsmodelle sowie Konsignationsläger.⁸³

Des Weiteren werden die Schließung derzeit noch bestehender Wissenslücken des Werkzeughandels im Hinblick auf den Onlinehandel sowie die Lösung der Schnittstellenproblematik zwischen Onlineshops und ERP-Systemen als wichtige Aufgaben gesehen, die noch zu lösen sind.⁸⁴

Zur Frage, inwieweit die Bedeutung des haptischen Erlebnisses des Kunden beim Werkzeugkauf die Vertriebskanalnutzung beeinflusst, sagten die Interviewten aus, dass die Haptik insgesamt an Bedeutung verliert. Da insbesondere Profikunden (Industrie- und Handwerksbetriebe) auf persönliche Produktvorstellungen durch den Außendienst zurückgreifen können oder die Produkte kennen und wissen, was sie wollen, spielt das haptische Erlebnis nur noch eine untergeordnete Rolle. Zudem ist es möglich, Bestellungen bei Nichtgefallen zurückzuschicken. Auch die abnehmende Frequenz im Fachmarkt spricht für die schwächer werdende Bedeutung der Haptik. Berücksichtigt werden sollte, dass Produkt- und Anwendungsberatung in diesem Bereich dennoch bedeutsam sind (Außendienst). Dabei will der Kunde das Produkt aber möglichst in seiner Arbeitsumgebung erleben und nicht im Fachmarkt. Insgesamt ist Haptik kein Hinderungsgrund für Onlinevertrieb.⁸⁵ Aus diesen Ergebnissen leitet sich die These ab, dass das haptische Erlebnis beim Werkzeugkauf aktuell kaum noch Bedeutung hat und die Vertriebskanalnutzung des Kunden nicht

⁸¹ Vgl. Auswertung Frage 8.

⁸² Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 10).

⁸³ Vgl. Auswertung Frage 8.

⁸⁴ Vgl. Auswertung Frage 8.

⁸⁵ Vgl. Auswertung Frage 9.

beeinflusst. In Bezug auf diese Aussage zeigt sich, dass die Experten größtenteils zustimmen (einmal „trifft voll zu“, viermal „trifft zu“). Ein Befragter ist unsicher und wertet die Aussage mit „trifft vielleicht zu“.⁸⁶

Zum Abschluss der Befragung hatten die Interviewten die Möglichkeit, auf weitere Themen einzugehen, die ihnen im Kontext des Vertriebs des Werkzeughandels zusätzlich wichtig erscheinen. Dabei wurde u. a. darauf hingewiesen, dass die Lagerhaltungsfunktion im Werkzeughandel abnimmt. Das heißt, logistische Aufgaben werden von Zentrallagern übernommen und der Werkzeughandel selbst konzentriert sich auf den Kundenkontakt. Weiter wird unterstrichen, dass Werkzeugautomaten künftig als bedeutsamer Vertriebsweg gesehen werden. Ein Befragter stellt zudem die These auf, dass Amazon-Business-Modelle für den Werkzeughandel in Zukunft an Bedeutung gewinnen könnten.⁸⁷

Insbesondere die Anmerkung eines Befragten zu den Amazon-Business-Modellen wurde als relevant erachtet und sollte deshalb einer weiteren Prüfung unterzogen werden. Aus diesem Grund wurde die These aufgestellt, dass zunehmend branchenübergreifende Marktplätze, wie Ebay und Amazon in den Werkzeughandelsmarkt eintreten und dass diese neuen Wettbewerber aufgrund ihrer Preisgestaltung ernstzunehmende Konkurrenz für den Werkzeughandel darstellen. Diese These wurde im Rahmen der Delphi-Studie bestätigt (fünf Befragte bewerteten sie mit „trifft voll zu“, einer mit „trifft zu“).⁸⁸

Die einleitend thematisierte Problematik (Kapitel 1) hinsichtlich der Eignung von Online-Vertriebskanälen für Werkzeuge wurde im Rahmen der Delphi-Befragung nochmals aufgegriffen, da die Ergebnisse aus den Interviews bezüglich dieses Aspekts vertieft werden sollten. Zu diesem Zweck wurde in der Delphi-Befragung nochmals thematisiert, dass sich in der Literatur divergierende Ansichten zur Eignung des Onlinevertriebs von Werkzeugen finden. So wird einerseits ein Onlineverkauf als ungeeignet bewertet, da davon ausgegangen wird, dass für den Werkzeugkauf persönliche Beratung und das haptische Erlebnis ausschlaggebend sind. Andererseits gibt es aber auch die Ansicht, dass Online-Vertriebskanäle für den Werkzeugvertrieb problemlos nutzbar sind, da sich Werkzeuge nicht nur gut verbal beschreiben lassen, sondern auch die Möglichkeit besteht, eine digitale Produktberatung anzubieten. Die Experten zeigten hier eine eindeutige Meinung und bewerteten

⁸⁶ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 11).

⁸⁷ Vgl. Auswertung Frage 10.

⁸⁸ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (Zusatzthese 3).

den Onlinevertrieb als problemlos im Werkzeughandel einsetzbar (viermal „trifft voll zu“, zweimal „trifft zu“).⁸⁹

Abschließend kann ausgesagt werden, dass die aus den Interviews abgeleiteten Ergebnisse sich im Rahmen der Delphi-Studie bestätigen ließen. Die Delphi-Studie untermauert somit die gewonnenen Erkenntnisse und führt in einigen Fällen zu weiteren Konkretisierungen. Keines der Ergebnisse musste aufgrund der Delphi-Studie verworfen werden.

Diese hier skizzierten Ergebnisse werden im nachfolgenden Kapitel vor dem Hintergrund der in Abschnitt 2.2 dargestellten theoretischen Grundlagen sowie weiterführender theoretischer Erkenntnisse interpretiert und reflektiert.

3.3 Interpretation und Schlussfolgerungen

Die in Kapitel 1 aufgeführten divergierenden Ansichten zur Eignung von Werkzeugen für den Onlinevertrieb ließen sich weder in den Interviews noch in der abschließenden Überprüfung durch die Delphi-Befragung gleichermaßen für die Praxis feststellen. Vielmehr lässt sich festhalten, dass Werkzeuge als geeignet für den Onlinevertrieb betrachtet werden, zum einen, weil sie sich verbal gut beschreiben lassen und zum anderen, weil Onlinekanäle heute viele Möglichkeiten für Services wie eine digitale Beratung bieten. Untermauert wird diese Schlussfolgerung zudem dadurch, dass der größte Teil der Experten (fünf von sechs) davon ausgeht, dass das haptische Erlebnis keine wesentliche Bedeutung mehr hat und somit die Vertriebskanalnutzung der Kunden nicht beeinflusst. Lediglich ein Experte ist sich hinsichtlich dieser Frage nicht ganz sicher und sagt aus, dass die Aussage vielleicht zutrifft.⁹⁰

Den aktuell bedeutendsten Vertriebskanal im Werkzeughandel bildet der Außendienst, was zum einen auf die Erklärungsbedürftigkeit bzw. die zum Teil erforderlichen Anpassungen der Produkte an Kundenbedürfnisse und zum anderen darauf zurückzuführen ist, dass die Branche und ihre Kunden eher konservativ sind.⁹¹ Mit Blick auf die in Abschnitt 2.2 behandelten theoretischen Grundlagen zu Vertriebskanälen zeigt sich hier somit ein Fokus auf denjenigen Vertriebskanal, der aus Sicht der Werkzeughändler am besten zu den Kundenbedürfnissen passt. Damit wird der in Abschnitt 2.2 aus der Theorie abgeleitete Aspekt, dass der Nutzen und der Einsatz eines Vertriebskanals für ein Unternehmen u. a. von den Anforderungen der

⁸⁹ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (Zusatzthese 1).

⁹⁰ Vgl. Auswertung Delphi-Befragung (These 11, Zusatzthese1).

⁹¹ Vgl. Auswertung Frage 4.

Kunden an Produkte und Vertriebsleistungen abhängt,⁹² und die daraus abgeleitete Annahme, dass für den Werkzeughandel nur bestimmte Vertriebskanäle zur Branche passen, unterstrichen.

Für die Zukunft wird davon ausgegangen, dass die hohe Bedeutung des Vertriebskanals Außendienst bestehen bleibt, allerdings wird auch angenommen, dass die Bedeutung von Onlinekanälen sowie innovative Ansätze wie beispielsweise Werkzeugautomaten zunehmen wird. Dass der Werkzeughandel, anders als viele andere Handelsbranchen, bislang vergleichsweise wenige Umsätze über Onlinekanäle generieren kann, wird wiederum damit begründet, dass die Branche als konservativ bezeichnet wird.⁹³ Zudem merken die Befragten größtenteils an, dass in Bezug auf das Onlinegeschäft Wissenslücken bestehen und ein Nachholbedarf konstatiert werden kann.⁹⁴ Dies unterstreicht auch eine Studie. So stellen Heinemann et al in einer umfassenden Untersuchung fest, dass die digitale Technik das Umfeld für den deutschen Großhandel verändert. Neben neuen Vertriebskanälen geht mit der Digitalisierung auch ein verändertes Kundenverhalten einher. Es kommt zudem zu veränderten Zahlungsströmen durch veränderte Geschäftsmodelle. Insgesamt steigt die Komplexität. Hinzu kommt, dass vermehrt digitale Wettbewerber wie Amazon, Mercateo oder Ebay in bestimmte Segmente des Großhandels vordringen. Durch diese neuen Wettbewerber kommt es dazu, dass die herkömmlichen Beziehungen zwischen Herstellern, Großhändlern, Fachhändlern und Verbrauchern durchbrochen werden und sich die klassische Aufgabenverteilung vermehrt auflöst. Diese digitalen Wettbewerber zeichnen sich dadurch aus, dass sie weitreichende Erfahrungen aus dem B2C-Geschäft mitbringen und damit einhergehend über einen erheblichen Wissens- und Infrastrukturvorsprung sowie hohe Logistikkompetenzen verfügen.⁹⁵ Damit treffen sie genau auf die aktuellen Problemfelder im Werkzeughandel. So wurde in der Befragung festgestellt, dass es Wissenslücken in Bezug auf den Onlinehandel und digitale Geschäftsmodelle gibt, dass aktuell eine Schnittstellenproblematik in Bezug auf die Integration verschiedener Kanäle vorliegt und Qualifikationsdefizite, insbesondere beim Personal, des Außendienstes vorliegen.⁹⁶ Damit können die im Kapitel 2.1. aus der Theorie abgeleitete Marktanteilsgefährdung sowie sinkende Margen für den Werkzeughandel als bestätigt betrachtet werden. Dementsprechend kann an dieser Stelle in Anlehnung an Heinemann et al die Not-

⁹² Vgl. Vollmayr (2014), S. 14.

⁹³ Vgl. Auswertung Frage 2, Frage 3, Frage 4, Frage 7.

⁹⁴ Vgl. Auswertung Frage 7 und Frage 8.

⁹⁵ Vgl. Heinemann et al (2016), S. 3.

⁹⁶ Vgl. Auswertung Frage 7 und 8.

wendigkeit abgeleitet werden, möglichst schnell die vorliegenden Defizite zu beheben und auf die Herausforderungen der Digitalisierung zu reagieren, um langfristig wettbewerbsfähig bleiben zu können. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass das Internet auch umfassende Chancen bietet, Kunden besser zu bedienen. Ein wesentliches Risiko besteht darin, diese Chancen nicht aufzugreifen. Insgesamt sollte ein Einstellungs- und Strategiewandel angestoßen werden.⁹⁷

So zeigt die Antwort auf die Frage nach der Entwicklung der Vertriebskanäle im Zeitablauf, dass diese einem stetigen Wandel unterworfen sind. Während die Geschäftsgründung noch ausschließlich mit einem stationären Geschäft erfolgte und sukzessive weitere Kanäle hinzukamen, hat die Stellung des stationären Geschäfts bis heute stark an Bedeutung verloren. Es wird sogar prognostiziert, dass Ladengeschäfte künftig gar nicht mehr benötigt werden.⁹⁸ Daraus lässt sich ableiten, dass die im Werkzeughandel eingesetzten Vertriebskanäle wesentlich von vorliegenden Rahmenbedingungen und Entwicklungen abhängen. Diese Bedingungen und Entwicklungen, so kann angenommen werden, sollten kontinuierlich beobachtet werden, sodass jeweils frühzeitige Anpassungen an erforderliche Veränderungen vorgenommen werden können.

Insgesamt zeigt sich, dass im Werkzeughandel eine Kombination weniger Vertriebskanäle, z. B. die Kombination Außendienst/Innendienst mit einem Onlinekanal und ggf. zusätzlichen Werkzeugautomaten, favorisiert werden.⁹⁹ Damit wird, so kann interpretiert werden, eine konkret auf die Charakteristika des Werkzeughandels und dessen Kunden zugeschnittene Multi-Channel-Strategie verfolgt. Anders als viele andere Unternehmen, die, wie Rosenbloom aussagt, eine größere Anzahl von Kanälen nutzen, da sie davon ausgehen, dass sie durch eine größere Anzahl von „Kunden-Touchpoints“ den Kontakt zu den Kunden erhöhen und dadurch den Verkaufserfolg steigern,¹⁰⁰ zeigt sich im Werkzeughandel eine starke Konzentration auf wenige Kanäle. Dies kann unter Berücksichtigung der Befragungsergebnisse zum einen darauf zurückgeführt werden, dass die Branche als konservativ gewertet wird,¹⁰¹ sodass insbesondere eine umfassende Nutzung von verschiedenen Online- und Social-Media-Ansätzen nicht weit verbreitet ist. Zum anderen lässt sich aussagen, dass eine Ausnutzung diverser unterschiedlicher Kanäle zu einer gegenseitigen

⁹⁷ Vgl. Heinemann et al (2016), S. 3.

⁹⁸ Vgl. Auswertung Frage 3.

⁹⁹ Vgl. Auswertung Frage 6.

¹⁰⁰ Vgl. Rosenbloom (2007), S. 6.

¹⁰¹ Vgl. Auswertung Frage 4.

„Kannibalisierung“ führen kann und dass zusätzliche Kanäle nicht unbedingt die „richtigen“ Kundensegmente ansprechen oder zur Gewinnung neuer Kunden führen. Hinzukommt, dass verschiedene Kanäle, die nicht hinreichend integriert sind, dazu führen können, dass die Kundenzufriedenheit sinkt und Kunden zur Konkurrenz abwandern.¹⁰² Insbesondere den Aspekt, dass eine Integration von Kanälen wichtig ist, damit Kunden ohne Probleme zwischen diesen wechseln können,¹⁰³ haben auch die Interviewten angesprochen. So wurde u. a. betont, dass Schnittstellen zwischen Kanälen geschaffen werden müssen und dass der Außendienst hinsichtlich des Onlinegeschäfts besser ausgebildet werden muss.¹⁰⁴ Die im Werkzeughandel aktuell vorliegende Kombination von Vertriebskanälen scheint zum derzeitigen Zeitpunkt eine sinnvolle Mischung darzustellen, denn in Anlehnung an Rosenbloom lässt sich aussagen, dass der Kanalmix und nicht die Anzahl genutzter Vertriebskanäle von Bedeutung ist. *„So, it might be that it is not the number of Channels but the channel mix and how the customer base is affected by multi-channel strategy.“*¹⁰⁵ Auszusagen ist an dieser Stelle allerdings auch, dass der derzeit vorliegende Vertriebskanalmix im Werkzeughandel vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung nicht als eine endgültige Lösung betrachtet werden sollte, sondern vielmehr einen Status quo darstellt, der beobachtet und entsprechend der zukünftigen Entwicklung der Rahmenbedingungen weiterentwickelt und angepasst werden sollte. So erwähnen die Befragten einen anstehenden Generationenwechsel, der ggf. zu einer Verschiebung in der Bedeutung von Vertriebskanälen im bestehenden Kanalmix hin zu einem stärkeren Schwerpunkt von Onlinelösungen führen kann.¹⁰⁶

4 Diskussion und Zusammenfassung

Zielsetzung dieses Artikels war die Beantwortung der Frage, welche Vertriebskanäle für den Werkzeughandel aktuell die größte Bedeutung haben und wie die zukünftige Entwicklung der Vertriebskanäle eingeschätzt wird.

Festgestellt werden konnte, dass derzeit der Außendienst die größte Bedeutung als Vertriebskanal für den Werkzeughandel aufweist, die geringste Bedeutung haben derzeit die stationären Geschäfte, da mit ihnen nur noch ein sehr geringer Umsatzanteil erwirtschaftet wird. Hinsichtlich der künftigen Entwicklung ließ sich feststellen, dass eine Bedeutungszunahme von Onlinekanälen angenommen wird, wobei

¹⁰² Vgl. Rosenbloom (2007), S. 6.

¹⁰³ Vgl. Pantano/Viossone (2015), S. 107.

¹⁰⁴ Vgl. Auswertung Frage 7, Auswertung Frage 8.

¹⁰⁵ Rosenbloom, 2007, S. 6.

¹⁰⁶ Vgl. Auswertung Frage 7.

mit Onlinekanälen nicht nur Onlineshops gemeint sind, sondern insbesondere solche Lösungen (z. B. elektronische Kataloge), die eine Integration in das ERP-System der Unternehmen ermöglichen. Zudem wird davon ausgegangen, dass sogenannte Werkzeugausgabeautomaten eine zukunftsfähige Lösung darstellen.

Grundlage dieses Artikels bildeten sechs Experteninterviews mit Personen aus dem Werkzeughandel. Ziel war es, einen ersten Eindruck sowie eine erste Systematisierung im Hinblick auf die Bedeutung der im Werkzeughandel genutzten Vertriebskanäle zu gewinnen. Somit ist im Zusammenhang auf die gewonnenen Erkenntnisse einschränkend anzumerken, dass diese auf Basis einer geringen Stichprobengröße entstanden sind. Sie sollten somit in weiterführenden Untersuchungen mit größeren Stichproben überprüft werden.

Um die Interviewergebnisse zu einem gewissen Maß absichern zu können, erfolgte eine zweite Befragungsrunde – Delphi-Befragung – bei der den in den Interviews befragten Experten die Ergebnisse in Thesenform zur Bewertung vorgelegt wurden. Diese Delphi-Befragung bestätigte die in den Interviews gewonnen Ergebnisse weitgehend. Allerdings ist auch hier anzumerken, dass weitere Fragerunden mit immer weiter konkretisierten Ergebnissen hier ggf. zu weiteren bzw. noch präziseren Ergebnissen führen könnten.

Ergänzend ist anzumerken, dass die hier dargestellten Ergebnisse ausschließlich die Sicht des Werkzeughandels (B2B) selbst widerspiegeln. Um differenziertere Einblicke zu erhalten, wäre es für die Zukunft wünschenswert, die hier erarbeiteten Ergebnisse an den Ansichten der Kunden des Werkzeughandels zu spiegeln. Es wäre interessant festzustellen, welche Anforderungen die Kunden an die Vertriebskanäle des Werkzeughandels stellen und welche sie bevorzugt nutzen möchten. Damit könnte z. B. festgestellt werden, ob die vom Werkzeughandel unterstrichene Bedeutung des Außendienstes von den Kunden im gleichen Maße angenommen wird oder ob sich hier abweichende Ergebnisse zeigen würden.

Da es bislang keine umfassenden Untersuchungen zu den Vertriebskanälen des Werkzeughandels gibt, könnte diese Studie, die erste Einblicke zu dieser Thematik liefert, als Grundlage für weiterführende Forschungen genutzt werden.

5 Anhang

Anhang 1: Interviewleitfaden

1. Einführung/Gesprächseinstieg
 - Kurze Erläuterung des Forschungsvorhabens (Thema und Zielsetzung)
2. Fragen zur Person des Interviewpartners
 - Name und Alter
 - Tätig im Werkzeughandel seit/alternativ Expertenstatus aufgrund von...
 - Tätigkeit in welchem Bereich/welcher Funktion
3. Welche Vertriebskanäle werden aktuell in Ihrem Unternehmen für den Werkzeugbetrieb eingesetzt?
4. Schildern Sie bitte kurz die Entwicklung der Vertriebskanalnutzung. Das heißt, welcher Kanal/welche Kanäle wurden zuerst genutzt, welche kamen im Zeitablauf hinzu?
5. Welchen Kanal halten Sie aktuell für besonders bedeutend? Bitte begründen Sie Ihre Ansicht.
6. Welchen Vertriebskanal halten Sie für den Werkzeughandel aktuell für am wenigsten bedeutsam? Bitte begründen Sie ihre Ansicht.
7. Gibt es Ihrer Ansicht nach eine optimale Kombination von Vertriebskanälen für den Werkzeughandel? Wie sähe diese aus? Bitte begründen Sie ihre Angaben.
8. Wie schätzen Sie die künftige Entwicklung hinsichtlich der Vertriebskanäle des Werkzeughandels ein? Welche werden Ihrer Ansicht nach an Bedeutung gewinnen, welche werden an Bedeutung verlieren? Bitte begründen Sie ihre Antwort.
9. Welche Aufgaben kommen im Kontext der Vertriebskanäle künftig auf den Werkzeughandel zu? (Was ist zu tun, wo gibt es Schwächen, was muss ggf. optimiert werden?)
10. Was ist Ihre Ansicht zu der Aussage, dass für Kunden beim Werkzeugkauf das haptische Erlebnis eine besonders wichtige Rolle spielt und damit einen Hinderungsgrund für einen Onlinevertrieb darstellt?
11. Abschluss des Interviews, ggf. Fragen nach Ergänzungswünschen durch den Befragten

Anhang 2: Fragebogen Delphi-Befragung

Teil 1: Überprüfung der aus den Interviews abgeleiteten Thesen

These 1: Aktuell kommen im Werkzeughandel die Vertriebskanäle

- Stationäres Geschäft,
- Außendienst/Innendienst,
- Onlineshop,
- Elektronische Kataloge

in Kombination zum Einsatz.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 2: Der Außendienst in Kombination mit dem Innendienst ist zum jetzigen Zeitpunkt der wichtigste Vertriebskanal im Werkzeughandel.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 3: Werkzeugausgabeautomaten werden zurzeit nur vereinzelt genutzt, ihnen wird aber für die Zukunft eine steigende Bedeutung zukommen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 4: Das Onlinegeschäft via Plattform (z. B. Mercateo) wird im Werkzeughandel zurzeit noch wenig genutzt, es wird künftig aber an Bedeutung gewinnen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 5: Elektronische Kataloge werden zukünftig für den Vertrieb im Werkzeughandel erheblich an Bedeutung gewinnen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 6: Die Bedeutung des stationären Geschäfts als Vertriebskanal für den Werkzeughandel verliert zunehmend an Bedeutung. Stationäre Geschäfte werden langfristig keine Bedeutung mehr für den Vertrieb im Werkzeughandel haben und zunehmend verschwinden.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 7: Aktuell besteht die optimale Vertriebskanalkombination des Werkzeughandels aus Außendienst, Innendienst und einem Online-Bestellmedium (Online-shop, Plattform oder elektronischer Katalog).

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

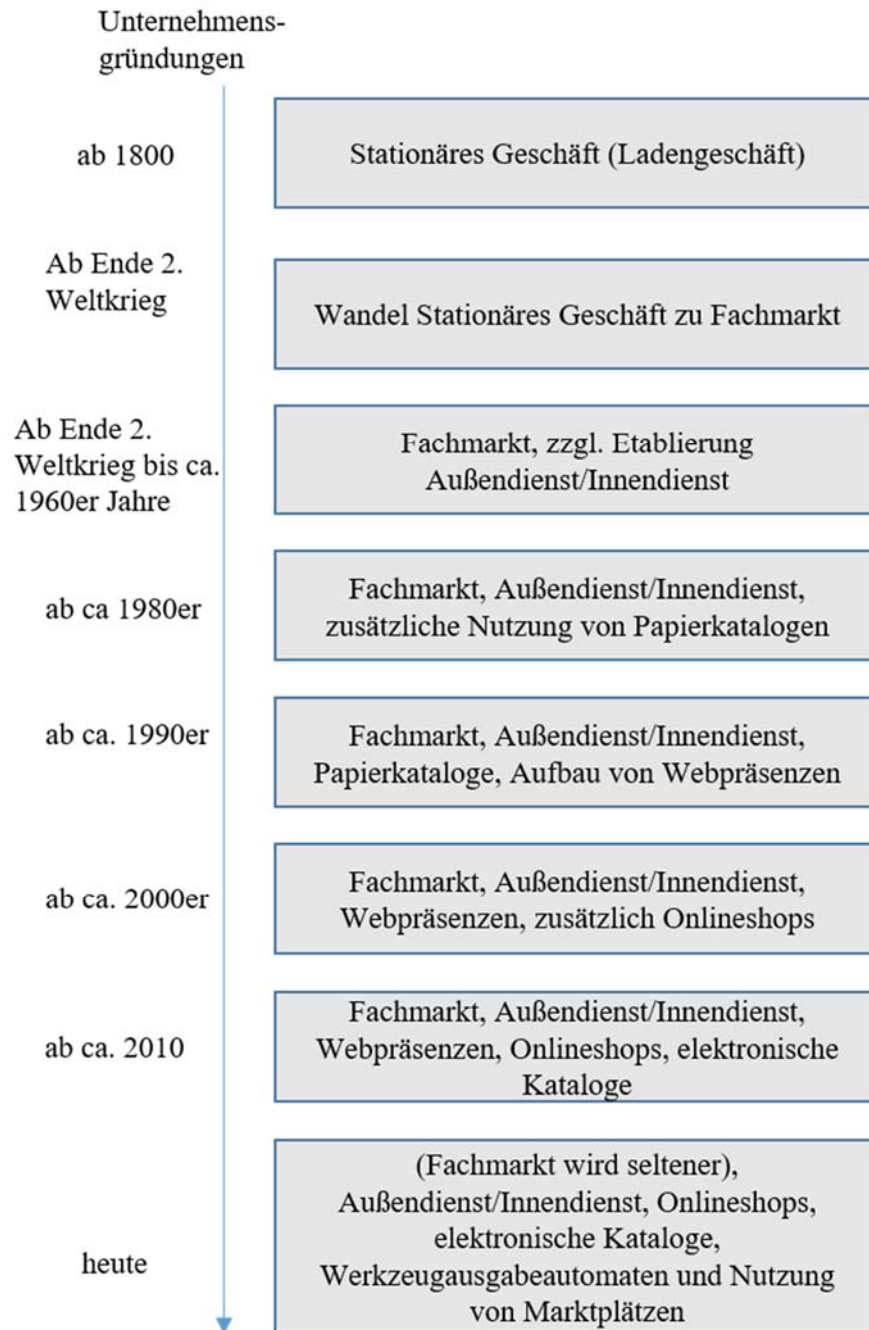
Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 8: Onlinekanäle werden künftig für den Vertrieb des Werkzeughandels wesentlich an Bedeutung gewinnen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 9: Hinsichtlich der Vertriebskanalnutzung im Werkzeughandel lässt sich eine (grobe) Entwicklung im Zeitablauf feststellen, die in nachfolgender Abbildung dargestellt wird.



Inwieweit stimmen Sie der skizzierten Entwicklung zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 10: Die Schließung von Wissenslücken aufseiten des Werkzeughandels in Bezug auf Online-Vertriebskanäle stellt einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Zukunft dar.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

These 11: Das haptische Erlebnis beim Kauf von Werkzeugen hat aktuell kaum noch eine Bedeutung und beeinflusst die Vertriebskanalnutzung des Kunden nicht.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Teil 2: Zusätzliche Thesen:

1. Im Werkzeughandel gibt es divergierende Ansichten zur Eignung von Vertriebskanälen, insbesondere im Hinblick auf den Onlinevertrieb von Werkzeugen. Es liegen zwei widersprüchliche Thesen vor, die nachfolgend aufgeführt werden.

Bitte kreuzen Sie an, welcher der Thesen Sie eher zustimmen und welcher eher nicht:

- a. Im Werkzeughandel ist ein Onlinevertrieb von Werkzeugen problematisch, da Käufer Wert auf Beratung im stationären Geschäft legen und Werkzeuge vor dem Kauf anfassen möchten.

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- b. Eine Nutzung von Online-Vertriebskanälen im Werkzeughandel ist problemlos möglich, da Werkzeuge standardisierte Produkte sind, die sich verbal gut beschreiben lassen und mit einem digitalen Angebot der Produktberatung versehen werden können.

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Es treten vermehrt branchenübergreifende Marktplätze wie Amazon oder Ebay in den Werkzeughandelsmarkt ein. Diese (neuen) Wettbewerber bilden aufgrund ihrer Preisgestaltung eine ernstzunehmende Konkurrenz für den Werkzeughandel und gefährden dessen Marktanteile.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu

3. Direktvertreiber wie Hilti und Würth stehen in Konkurrenz zum Werkzeughandel und gefährden ebenfalls die Marktanteile des Werkzeughandels.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu

Anhang 3: Interviewauswertungen

Bei Interesse können Sie die Auswertungstabellen gerne beim Autor dieses Artikels anfragen.

Anhang 4: Auswertung Delphi-Befragung

These 1: Aktuell kommen im Werkzeughandel die Vertriebskanäle stationäres Geschäft, Außendienst/Innendienst, Onlineshop, Elektronische Kataloge in Kombination zum Einsatz.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
6			

These 2: Der Außendienst in Kombination mit dem Innendienst ist zum jetzigen Zeitpunkt der wichtigste Vertriebskanal im Werkzeughandel.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
5	1		

These 3: Werkzeugausgabeautomaten werden zurzeit nur vereinzelt genutzt, ihnen wird aber für die Zukunft eine steigende Bedeutung zukommen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
2	4		

These 4: Das Onlinegeschäft via Plattform (z.B. Mercateo) wird im Werkzeughandel zurzeit noch wenig genutzt, es wird künftig aber an Bedeutung gewinnen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
1	4	1	

These 5: Elektronische Kataloge werden zukünftig für den Vertrieb im Werkzeughandel erheblich an Bedeutung gewinnen.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
4	2		

These 6: Die Bedeutung des stationären Geschäfts als Vertriebskanal für den Werkzeughandel verliert zunehmend an Bedeutung. Stationäre Geschäfte werden langfristig keine Bedeutung mehr für den Vertrieb im Werkzeughandel haben und zunehmend verschwinden.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
	3	2	1

These 7: Aktuell besteht die optimale Vertriebskanalkombination des Werkzeughandels aus Außendienst, Innendienst und einem Online-Bestellmedium (Online-shop, Plattform oder elektronischer Katalog).

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

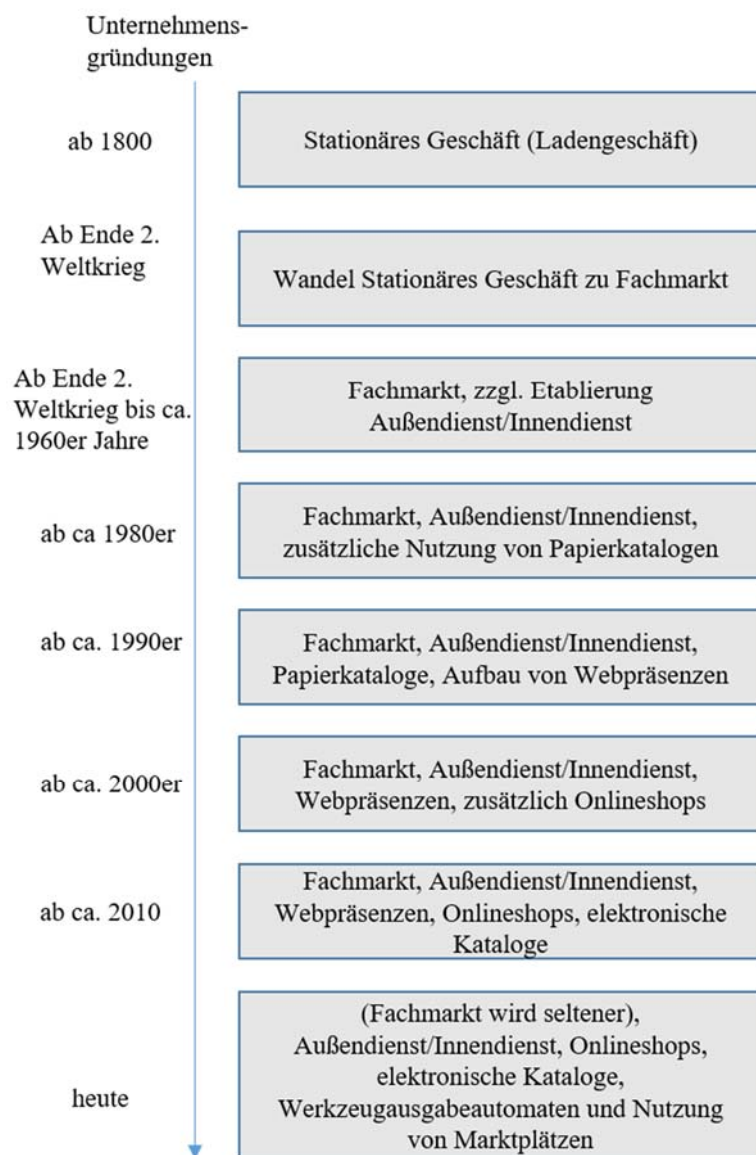
Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
4	2		

These 8: Onlinekanäle werden künftig für den Vertrieb des Werkzeughandels wesentlich an Bedeutung gewinnen

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
5	1		

These 9: Hinsichtlich der Vertriebskanalnutzung im Werkzeughandel lässt sich eine (grobe) Entwicklung im Zeitablauf feststellen, die in nachfolgender Abbildung dargestellt wird.



Inwieweit stimmen Sie der skizzierten Entwicklung zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
1	5		

These 10: Die Schließung von Wissenslücken aufseiten des Werkzeughandels in Bezug auf Online-Vertriebskanäle stellt einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Zukunft dar.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
4	2		

These 11: Das haptische Erlebnis beim Kauf von Werkzeugen hat aktuell kaum noch eine Bedeutung und beeinflusst die Vertriebskanalnutzung des Kunden nicht.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
1	4	1	

Teil 2: Zusätzliche Thesen:

1. Im Werkzeughandel gibt es divergierende Ansichten zur Eignung von Vertriebskanälen, insbesondere im Hinblick auf den Onlinevertrieb von Werkzeugen. Es liegen zwei widersprüchliche Thesen vor, die nachfolgend aufgeführt werden.

Bitte kreuzen Sie an, welcher der Thesen Sie eher zustimmen und welcher eher nicht:

- a. Im Werkzeughandel ist ein Onlinevertrieb von Werkzeugen problematisch, da Käufer Wert auf Beratung im stationären Geschäft legen und Werkzeuge vor dem Kauf anfassen möchten.

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
			1

- b. Eine Nutzung von Online-Vertriebskanälen im Werkzeughandel ist problemlos möglich, da Werkzeuge standardisierte Produkte sind, die sich verbal gut beschreiben lassen und mit einem digitalen Angebot der Produktberatung versehen werden können.

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
4	2		

2. Es treten vermehrt branchenübergreifende Marktplätze, wie Amazon oder Ebay in den Werkzeughandelsmarkt ein. Diese (neuen) Wettbewerber bilden aufgrund ihrer Preisgestaltung eine ernstzunehmende Konkurrenz für den Werkzeughandel und gefährden dessen Marktanteile.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
5	1		

3. Direktvertreiber, wie Hilti und Würth stehen in Konkurrenz zum Werkzeughandel und gefährden ebenfalls die Marktanteile des Werkzeughandels.

Inwieweit stimmen Sie dieser These zu? Bitte ankreuzen:

Trifft voll zu	Trifft zu	Trifft vielleicht zu	Trifft nicht zu
5	1		

6 Literatur

- Ansari, A./Mela, C.F./Neslin, S.A. (2008): Customer Channel Migration, in: Journal of Marketing Research XLV /February 2008, S. 60–76.
- Atteslander, P. (2003): Methoden der empirischen Sozialforschung, 10., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin/New York: de Gruyter.
- Barth, K./Hartmann, M./Schröder, H. (2015): Betriebswirtschaftslehre des Handels, 7., überarbeitete Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Brosius, H.-B./Haas, A./Koschel, F. (2016): Methoden der empirischen Kommunikationsforschung: Eine Einführung, 7. Auflage, Wiesbaden: Springer VS.
- Coughlan, A.T./Anderson, E./Stern, L.W./El-Ansary, A.I. (2008): Marketing Channels, 8. Auflage, Upper Saddle River: Pearson/Prentice Hall.
- Manicoba da Silva, A. (2015): Distribution Channel Structure: An Overview of Determinants, Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, URL: https://www.researchgate.net/publication/265227754_DISTRIBUTION_CHANNEL_STRUCTURE_AN_OVERVIEW_OF_DETERMINANTS (abgerufen am 06.08.2018).
- Emrich, Christin (2008): Multi-Channel-Communications- und Marketing-Management, 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Gabler Edition Wissenschaft).

- Frazier, G.L./Shervani, T. (1992): Multiple Channels of Distribution and Their Impact on Retailing, in Peterson, R. (Hrsg.): The Future of U.S. Retailing: An Agenda for the 21st Century, New York: Quorum Books, S. 217–237.
- Heinemann, G. (2013): Digitale Revolution im Handel – steigende Handelsdynamik und disruptive Veränderung der Handelsstrukturen, in: Heinemann, G./Haug, K./Gehrken, M./dgroup (Hrsg.): Digitalisierung des Handels mit ePace: Innovative E-Commerce-Geschäftsmodelle und digitale Zeitvorteile, Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 3–24.
- Heinemann, P./Fischer, C./Geiger, D./Schwarz, A. (2016): Think Act: Digitale Transformation des Großhandels, Studie, München: Roland Berger GmbH.
- Hagberg, J./Jonsson, A./Egels-Zandén (2017): Retail digitalization: Implications for physical stores, in: Journal for Retailing and Consumer Services, 39, S. 264–269.
- Kabagayi, S./Eyuboglu, N./Thomas, G.P. (2007): The Performance Implications of Designing Multiple Channels to Fit with Strategy and Environment, in: Journal of Marketing 1 (4), S. 195–211.
- KPMG (2012): Trends im Handel 2020, Studie, Hamburg/Köln, URL: <https://www.kpmg.de/docs/20120418-Trends-im-Handel-2020.pdf> (abgerufen am 23.05.2018).
- KPMG (2016): Trends im Handel 2025, Studie, Hamburg/Köln, URL: http://einzelhandel.de/images/presse/Studie_Trends_Handel_2025.pdf (abgerufen am 23.05.2018).
- Lamnek, S. (2005): Qualitative Sozialforschung, 4., vollständig überarbeitete Auflage, Weinheim/Basel: Beltz.
- Liebmann, H.-P./Zentes, J. (2001): Handelsmanagement, München: Vahlen.
- Mayring, P. (2002): Einführung in die qualitative Sozialforschung, Weinheim/Basel: UTB.
- Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken, 12., überarbeitete Auflage, Weinheim/Basel: Beltz.
- Meffert, H./Burmans, C./Kirchgeorg, M. (2012): Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung, 11., überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler.
- Mercateo (2018a): Mehr über Mercateo, URL: <https://www.mercateo.com/corporate/> (abgerufen am 16.07.2018).

- Mercateo (2018b): Unternehmen, URL: <https://www.mercateo.com/corporate/unternehmen> (abgerufen am 16.07.2018).
- Möller, C. (2017): Branche im Umbruch, in: Reviermanager 04/2017, URL: <https://www.regiomanager.de/ruhrgebiet/branche-im-umbruch> (abgerufen am 31.07.2018).
- Motzel, E./ Möller, T. (2017): Projektmanagement-Lexikon: Referenzwerk zu den aktuellen nationalen und internationalen PM-Standards, 3. Auflage, Weinheim: Symposium Publishing.
- Müller-Hagedorn, L. (2005): Handelsmarketing, Köln: Kohlhammer.
- Pantano, E./Viassone, M (2015): Engaging consumers on new integrated multi-channel retail settings: Challenges of retailers, in: Journal for Retailing and Consumer Services, 25, S. 106–114.
- Pratt, M.G. (2009): For the Lack of a Boilerplate: Tips on Writing Up (and Reviewing) Qualitative Research, in: Academy of Management Journal, Jg. 52, S. 856–862.
- Rosenbloom, B. (2007): Multi-channel strategy in business-to-business markets: prospects and problems, in: Industrial Management 36 (2007), S. 4–9.
- Rothenstein, J. (2016): Großhandel – Vertriebsstrategien der Zukunft, Mittelstand 4.0 Agentur Handel und IFH Institut für Handelsforschung, Köln, URL: https://handel-mittelstand.digital/wp-content/uploads/160707_Dr.-Jens-Rothenstein_Gro%C3%9Fhandel-%E2%80%93-Vertriebsstrategien-der-Zukunft.pdf (abgerufen am 01.08.2018).
- Schnell, R./Hill, P.B./Esser, E. (empirische Sozialforschung, 2005): Methoden der empirischen Sozialforschung, 7., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, München/Wien. Oldenbourg.
- Stüber, J. (2016): Ein Start-up für mehr Transparenz im Werkzeughandel, URL: <https://www.morgenpost.de/berlin/article208258555/Ein-Start-up-fuer-mehr-Transparenz-im-Werkzeughandel.html> (abgerufen am 23.05.2018).
- Vollmayr, J. (2014): Die Gestaltung des Vertriebssystems, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Wannenwetsch, H. (2014): Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung, 5. neu bearbeitete Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg.
- Yin, R.K. (2009): Case Study Research: Design and Methods, 4. Auflage, Thousand Oaks: Sage.

- Zaharia, S. (2013): Integrierte Multi-Channel-Geschäftsmodelle ermöglichen Zeitersparnis beim Einkauf, in: Heinemann, G./Haug, K./Gehrken, M./dgroup (Hrsg.): Digitalisierung des Handels mit ePace: Innovative E-Commerce-Geschäftsmodelle und digitale Zeitvorteile, Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 123–136.
- Zimmer, D. (2012): Showrooms werden bisherige Geschäfte ablösen, Interview mit Gerrit Heinemann, URL: <https://www.internetworld.de/e-commerce/internet/showrooms-bisherige-geschaefte-abloesen-281854.html> (abgerufen am 06.08.2018).

Business Models of User Entrepreneurs in comparison to Not-User Entrepreneurs

Laura Miriam Gruner

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Hochschule Ruhr West & Doktorandin der Technischen Universität Hamburg (TUHH), Lehrstuhl für Technologie und Innovationsmanagement, laura.gruner@hs-ruhrwest.de

1	Einführung und Problemstellung.....	204
2	Bedeutung von Geschäftsmodellen	204
3	Bedeutung des User Entrepreneurships.....	206
4	Empirie	209
5	Fazit und Ausblick.....	211
6	Literaturverzeichnis	212

Abstract:

Auf Grund der zunehmenden Bedeutung von Geschäftsmodellen in der Wissenschaft und Praxis wird hier der Geschäftsmodellansatz thematisiert. Gekoppelt mit dem in den letzten 30 Jahren entstandenen Bewusstsein, dass Unternehmen nur erfolgreich sind, wenn sie die Bedürfnisse der Kunden am Markt beachten, wird der Business Model-Ansatz mit den Untersuchungen zu den sogenannten Usern, die Start-ups gründen, kombiniert. Die „User Entrepreneure“ sind Personen, die auf Grund ihres eigenen Bedürfnisses ein Produkt entwickeln und dies anschließend in Form einer Unternehmensgründung umsetzen. Das führt zu der Forschungsfrage, ob sich die Geschäftsmodelle von Start-ups, die von User Entrepreneuren gegründet wurden, im Vergleich zu Start-ups, die von Nicht-User Entrepreneuren gegründet wurden, unterscheiden. In der vorliegenden Arbeit werden 89 Start-ups mit einem internetbasierten Geschäftsmodell auf erste Unterschiede hin untersucht und einzelne Unternehmensbeispiele vorgestellt. Zum Schluss werden richtungsweisende Unterschiede zur Differenzierung der Geschäftsmodelle zwischen User Entrepreneuren und Nicht-User Entrepreneuren aufgezeigt.

Keywords: Innovationsmanagement, Business Models, User Entrepreneurship

JEL Classification: M13, M10, O30

1 Einführung und Problemstellung

Im Innovationsmanagement wurden sowohl in der Wissenschaft wie auch in der Praxis in der Vergangenheit zumeist Produktinnovationen betrachtet (IBM Global Business Services 2006). Fraglich ist allerdings, warum trotz hoher technischer Innovationen und veränderter Dienstleistungsangebote viele Start-ups scheitern und oftmals sogar Insolvenz anmelden müssen. Dabei sind Start-ups Unternehmen, die „jünger als 10 Jahre“ alt sind, eine innovative Technologie und/oder Geschäftsmodell verwenden und ein „signifikantes Mitarbeiter- und/oder Umsatzwachstum“ versuchen sollten zu erreichen (Bundesverband Deutsche Startups e.V. (BVDS) et al. 2015). Auf Grund des Scheiterns vieler Unternehmen entwickelte sich die Erkenntnis, dass eine Technologie nur erfolgreich am Markt sein kann, wenn das für das Unternehmen und die Technologie passende Geschäftsmodell vorliegt (Chesbrough 2010, 2007).

In Folge dessen hat die Relevanz von Geschäftsmodellen in der Praxis wie auch in der Forschung insbesondere in den letzten 10 Jahren an Bedeutung zugenommen. Dabei spielt insbesondere die Neuartigkeit eines Geschäftsmodells eine große Rolle, um sich von anderen Unternehmen abgrenzen zu können. Insbesondere für Start-ups ist die Neuartigkeit eines Geschäftsmodells relevant für den Erfolg ihres Unternehmens (Zott und Amit 2007). Der Aspekt der Geschäftsmodellinnovation, der einen wesentlichen Teil der Neuartigkeit des Unternehmens ausmacht, ist dabei sehr wichtig und äußerst schwierig zu entwickeln (Chesbrough 2010).

Über hunderte von Jahren spielten nur Nicht-User Unternehmen eine Rolle bei der Entwicklung von Innovationen. In den letzten Jahren konnte vermehrt festgestellt werden, dass Innovationen, die von Usern entwickelt wurden, viele Vorteile gegenüber den rein unternehmensfokussierten Entwicklungen bieten und viele wichtige Innovationen bereits von Usern entwickelt wurden (von Hippel 2005; Baldwin et al. 2006) und somit „User eine Quelle von vielen wichtigen Innovationen sind“ (Shah 2003). Gekoppelt mit dem in den letzten Jahrzehnten entstandenen Bewusstsein, dass Unternehmen nur erfolgreich sind, wenn sie die Bedürfnisse der Kunden am Markt beachten, wird der Geschäftsmodellansatz mit den Untersuchungen zu den sogenannten Usern, die Start-ups gründen, kombiniert. Das führt zu der Forschungsfrage, ob sich die Geschäftsmodelle von Start-ups, die von User Entrepreneuren gegründet wurden, im Vergleich zu Start-ups, die von Nicht-User Entrepreneuren gegründet wurden, unterscheiden.

2 Bedeutung von Geschäftsmodellen

Die wissenschaftliche Relevanz von Geschäftsmodellen kam vor 20 Jahren auf (Lindgren et al. 2010, 2010), als sich Paul Timmers mit dem Thema Geschäftsmodell

delle im Kontext des eCommerce beschäftigte (Timmers 1998). Die Wahl des richtigen Geschäftsmodells für das Unternehmen und das Produkt bzw. die Dienstleistung das angeboten werden soll, ist unerlässlich, da ein Geschäftsmodell schwierig zu imitieren ist und somit einen starken Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz darstellt (Chesbrough 2007). Problematisch ist dabei, dass es kein einheitliches Verständnis darüber gibt, was ein Geschäftsmodell ist (Trimi und Berbegal-Mirabent 2012; Foss und Saebi 2017), so dass viele Wissenschaftler viele verschiedene Definitionen auflisten, um einen Überblick über verschiedene Definitionen zu bieten, um daraus letztendlich ihre eigene Definition zu entwickeln (Osterwalder et al. 2005).

Eine wichtige Aufgabe eines Start-ups ist die Umsatzgenerierung mit Hilfe eines effizienten Geschäftsmodells (Blank und Dorf 2012). Dementsprechend gibt es Forscher, die ein Geschäftsmodell gleichsetzen mit dem Umsatzmodell eines Unternehmens (Stewart und Zhao 2000). Das Umsatzmodell eines Unternehmens aber sollte vielmehr als ein Bestandteil des Geschäftsmodells verstanden werden, welches mit anderen Bestandteilen wie zum Beispiel der Definition der Akteure, die durch das Geschäftsmodell miteinander vernetzt werden, das Geschäftsmodell veranschaulicht (Osterwalder 2004). Im vorliegenden Artikel wird auf die Definition von Zott und Amit (2007) zurückgegriffen:

„[...] we define a business model as the bundle of specific activities that are conducted to satisfy the perceived needs of the market, along with the specification of the parties that conduct theses activities (i.e., the focal firm and/or its partners), and how theses activities are linked to each other.“ (Zott und Amit 2007. S. 5–6)

Die erste quantitative Analyse zum Thema Geschäftsmodelle wurde von Zott und Amit (2007) durchgeführt. Sie untersuchten das Design von Geschäftsmodellen bzgl. ihrer Effizienz und Neuheit und den Zusammenhang zum Erfolg des Start-ups. Da sich das Design eines Geschäftsmodells mit der Organisationstheorie eines Unternehmens beschäftigt (Zott und Amit 2007), ist ein wichtiger Faktor des Designs die Effizienz des Geschäftsmodells (Williamson 1981). Auf der anderen Seite ist die Neuheit eines Geschäftsmodells und damit das Innovieren eines Geschäftsmodells eine wichtige Eigenschaft eines Unternehmens, um nachhaltig am Markt bestehen zu können (Chesbrough 2007).

Das „efficiency-centered“ Design des Start-ups beruht auf der Transaktionskostentheorie, während das „novelty-centered“ Design der Innovationstheorie entstammt (Zott & Amit, 2007). Der zentrale Bestandteil der Transaktionskostentheorie ist die Betrachtung der Effizienz von Abläufen im Unternehmen bzw. den Abläufen, die mit dem Unternehmen in Zusammenhang stehen (Williamson 1981). Die Transakti-

onskostentheorie behandelt im Wesentlichen drei zentrale Punkte: Zum einen beschäftigt sich die Transaktionskostentheorie damit, wer die einzelnen Parteien im Unternehmen sind und wie diese agierenden Parteien in Form welcher Aktivitäten miteinander verbunden sind. Daraus folgend untersucht sie, welche dieser Aktivitäten innerhalb des Unternehmens ausgeführt und welche effizienter ausgelagert werden sollen, um die Grenzen des Unternehmen festzulegen (Williamson 1981). Dabei steht entgegen, dass Unternehmen im Sinne von „closed innovation“ via „open innovation“ entscheiden müssen, in welchen Bereichen es für sie sinnvoller ist, alle Aktivitäten selber durchzuführen. So sollen alle Bereiche und Aktivitäten des Unternehmens komplett kontrollieren werden können („closed innovation“). Doch ist zu bedenken, welche Bereiche oder Aktivitäten des Unternehmens sinnvoller auszulagern sind, um so weiteres Wissen via „open innovation“ ins Unternehmen holen zu können, um mit diesem Wissen am Markt zu agieren. Dabei steht die Unsicherheit der internen Entwicklung in Form von z. B. technischen Entwicklungen der Unsicherheit des Marktes diametral gegenüber, die es bei der Entscheidung zu beachten gelten (Chesbrough 2004). Der dritte Punkt betrifft die Art und Weise, in der Humankapital bzw. die Organisationseinheiten der Unternehmungen im Einzelnen ausgestaltet sind, um auch hier eine möglichst effiziente Arbeitsweise zu generieren (Williamson 1981).

Das novelty-centered Design eines Geschäftsmodells geht auf Schumpeter zurück. Schumpeter beschreibt, dass Veränderungen ökonomischer Natur durch neue Schnittstellen und neue Verbindungen verschiedener Akteure miteinander erreicht werden können und somit wiederum auch neue Transaktionsmechanismen geschaffen werden (Zott und Amit 2007). Dies resultiert aus einem Ungleichgewicht des Marktes und unternehmensinterner Faktoren, die zulassen, dass neue Produkte, Prozesse und weitere Innovationen entwickelt werden. Mittels neuer Kombinationen von Ressourcen und der damit verbundenen Dienstleistungen können insbesondere Entrepreneure Innovationen schaffen, die wichtig für die wirtschaftliche Entwicklung sind. Das bedeutet, dass Innovationen die Quelle der Wertschöpfung sind, die neue Produkte, Dienstleistungen hervorrufen und in Veränderungen des Marktes und ganzer Industrien resultieren (Schumpeter 1939). In der Studie von Zott und Amit (2007) konnte festgestellt werden, dass insbesondere zwischen Geschäftsmodellen mit einer hohen Neuartigkeit und dem Erfolg des jeweiligen Start-ups ein signifikanter Zusammenhang besteht.

3 Bedeutung des User Entrepreneurships

Um ein technisches oder anderweitig geartetes Problem zu lösen, muss ein Unternehmen oder eine Person über Bedürfniswissen und Lösungswissen verfügen. Bedürfniswissen beinhaltet das Wissen darüber, welche Bedürfnisse Kunden haben,

während Lösungswissen das Wissen ist, wie man z. B. ein Produkt (technisch) realisieren kann (von Hippel 1994).

Zwischen dem Produzenten bzw. dem Kunden liegen zumeist Informationsasymmetrien vor (Lüthje et al. 2006), d. h. der Produzent verfügt über das Wissen, wie man ein Bedürfnis in eine machbare Lösung umsetzt, aber hat zumeist keinen Zugang zu dem Wissen über die Bedürfnisse der Kunden, während der Kunde seine eigenen Bedürfnisse kennt, aber meistens nicht weiß, wie sich seine Bedürfnisse in ein technisch machbares Produkt umsetzen lassen. Analog lässt sich dies auf andere Innovationsarten, wie z. B. Dienstleistungen übertragen, bei der der „Produzent“ in dem Falle dem Dienstleistungsanbieter entspricht. Die Generierung dieses Wissens ist meist mit hohen Kosten bzw. Aufwand verbunden. Zudem ist der Transfer und die Anwendung des Wissens kostenintensiv, weshalb man insgesamt davon spricht, dass Informationen „sticky“ sind (von Hippel 1994). Durch die Verfügbarkeit von oftmals nur „lokalem“ Bedürfnis- und Lösungswissen wird demzufolge meistens nur dieses genutzt, da andere Informationen für Unternehmen nicht vor Ort verfügbar sind. Mit dem Abruf von nicht lokal vorhandenem Wissen über die Bedürfnisse von Kunden und die Lösung der Probleme sind somit zumeist höheren Kosten verbunden (Lüthje et al. 2006).

Lead User sind User, die über eine Kombination des Wissens aus ihren eigenen Bedürfnissen als User des Produktes und des Wissens, wie sie das Bedürfnis konkret in ein Produkt umsetzen können, also das Produktwissen, verfügen. Sie erkennen vor allen anderen den potenziellen Nutzen des Produktes auf Basis ihres eigenen Bedürfnisses, welches im späteren Zeitverlauf die generellen Marktbedürfnisse befriedigt, und entwickeln dieses, da sie sich einen großen persönlichen Nutzen von der Umsetzung des Produktes erwarten (Hippel 2009).

Der User Entrepreneur ist ein User eines innovativen Produktes oder einer innovativen Dienstleistung, der sich durch dieses als Entrepreneur betätigt (Shah und Tripsas 2012), das heißt er verbindet wie der Lead User das Bedürfniswissen mit dem Lösungswissen und setzt dieses in Form einer Unternehmensgründung um. Das heißt, er nutzt sein Wissen über seine individuellen Kundenbedürfnisse zum Erlangen eines wirtschaftlichen Nutzens, indem er gründet (Haeffliger et al. 2010). Dies ist vor allem sinnvoll, da Entrepreneurure sich zumeist in einem risikoreichen und unsicheren Umfeld bewegen und gleichzeitig in der Lage sind, flexibler als bestehende Unternehmen verschiedene Möglichkeiten, wie unterschiedliche Ressourcen und Dienstleistungen, zu neuen Innovationen hervorzubringen (Amit und Zott 2001; Schumpeter 1939).

„User entrepreneurship describes entrepreneurship by individuals who create an innovative product or service because they need it for their own use and subsequently found a firm to commercialize their innovation.“
(Shah/Smith/Reedy/2012)

Ein User Entrepreneur kann somit in Erweiterung des Begriffs des Users (von Hippel 2005) gesehen werden, in dem hier der User nicht nur seinen persönlichen Nutzen bzw. Vorteil aus dem Nutzen der Innovation zieht, sondern auch seinen Nutzen aus dem Verkauf des Produkts bzw. der Dienstleistung zieht. Der User Entrepreneur kann somit als eine Person bezeichnet werden, die die Vorteile des Users mit den Vorteilen des Unternehmers in einer Person miteinander vereint.

User Entrepreneure unterscheiden sich von klassischen Entrepreneuren durch den Treiber ihrer Unternehmensgründung. Klassische Entrepreneure sind meist technologiegetrieben, während User Entrepreneure bedürfnisgetriebene Gründungen hervorbringen (Lettl 2005). Zusätzlich haben User Entrepreneure im Vergleich zu Nicht-User Entrepreneuren selbst schon meistens Erfahrung mit einem Produkt bzw. einer Dienstleistung, woraus ihre Idee für ihre spätere Innovation resultiert (Shah et al. 2012). Danach musste unterschieden werden, ob es sich bei den jeweiligen Start-ups um von User-Entrepreneuren oder Nicht-User Entrepreneuren gegründete Start-ups handelt. In der Tabelle 3 müssen die ersten drei Kriterien zutreffen und das vierte Kriterium widersprechen, damit es sich um ein Start-up handelt, das von einem User Entrepreneur gegründet wurde.

User (des Produkts oder der Dienstleistung)/For own use (Shah/Tripsas, 2007)	✓
Startpunkt des Unternehmensgründungsprozesses ist das unbefriedigte Bedürfnis des Users (Shah et al., 2012; Shah/Tripsas, 2007)	✓
Erst später opportunity recognition , d. h. Entdeckung der Möglichkeit zur Gründung und somit auch Entscheidung zur Gründung (Shah/Tripsas, 2007)	✓
Startpunkt des Unternehmensgründungsprozesses ist die opportunity identification (Shah/Tripsas, 2007; Shane/ Venkataraman, 2000)	✗

Tabelle 3: Codierung User Entrepreneurship

4 Empirie

4.1 Datenbasis

Für die Erhebung wurde sich auf internet-basierte Geschäftsmodelle fokussiert. Diese lassen sich häufig in internetbasierten Datenbanken wie den Crowdfundingplattformen finden, auf denen junge Unternehmen um Investitionen für ihr Unternehmen werben können.¹ Crowdfunding ist über die Jahre zunehmend eine gute Möglichkeit für Unternehmen geworden, besonders in früheren Phasen ihrer Entstehung um Investoren und damit um Geld für den Aufbau ihres Unternehmens zu werben (Murphy 2017; Zeoli 2015; Grummer und Brorhilker 2012). Die Unternehmen können durch die Präsentation auf einer Crowdfundingplattform das Werben um Finanzmittel mit der Bekanntmachung ihrer Geschäftsidee, ihres Produktes und Geschäftsmodells zu Marketingzwecken miteinander verbinden und gewinnen somit an Popularität (Murphy 2017).

Für die vorliegende Studie wurden die deutschen Anbieter von Crowdfundingplattformen, namentlich Seedmatch und Companisto, verwendet, die zu den ersten Crowdfundingplattformen in Deutschland gehören (Grummer und Brorhilker 2012). Die Unternehmen wurden danach selektiert, ob es sich wirklich um Start-ups handelt und ob das Finanzierungsgesuch der jeweiligen Start-ups zum Zeitpunkt der Datenerhebung im August 2016 abgeschlossen war, um eine Vergleichbarkeit der Unternehmen miteinander zu gewährleisten. Die Unternehmen präsentieren sich selber auf den Crowdfunding-Plattformen, so dass die für die Studie benötigten Unternehmensbeschreibungen hauptsächlich auf Primärdaten der Start-ups, die beim Fehlen von einzelnen Daten mit einzelnen Informationen von den unternehmenseigenen Homepages und Informationen zu dem Lebenslauf der Gründer ergänzt wurden. Anschließend wurden die Start-ups danach selektiert, ob sie beschreiben, wie sie auf ihre Geschäftsidee gekommen sind, um eine Kategorisierung in User und Nicht-User Entrepreneure zu ermöglichen.

Letztendlich werden 89 Start-ups untersucht, die im Zeitraum von 5 Jahren (August 2011 bis August 2016) ihr Unternehmen auf der Plattform präsentiert haben. Die Untersuchung beinhaltet sowohl Unternehmen, die in ihrer Einwerbung um finanzielle Mittel auf der Crowdfundingplattform erfolgreich waren, wie auch einige Bei-

¹ Dabei stellt Crowdfunding bei den in der Studie untersuchten Start-ups nicht die einzige Form des Fremdkapitals dar (andere Formen sind u. a. die Finanzierung durch Business Angels und Unternehmen durch Kredite von Banken), sondern ist vielmehr die Gemeinsamkeit der untersuchten Start-ups mit internetbasiertem Geschäftsmodell.

spiele, die kein Geld erhalten haben, da sie die zur Auszahlung benötigte Finanzierungsschwelle nicht erreicht haben.

4.2 Praxisbeispiele

Die 89 Start-ups wurden von drei Experten mit Hilfe der Codierung für die Unterscheidung von User Entrepreneur zu Nicht-User Entrepreneuren (siehe Tabelle 3) kategorisiert. Heraus kam, dass 20 von 89 Start-ups, d. h. ca. 22 %, von User Entrepreneuren gegründet wurden. Für die Validität der Übereinstimmung der verschiedenen Bewerter wird der Kappa-Wert bestimmt, der einen Wert von 0,89 aufweist. Nach Landis und Koch (1977) gehört der Wert damit zur Kategorie „Almost Perfect“, weil der Wert größer 0,81 ist und damit als valide gilt. In vorhergegangenen wissenschaftlichen Untersuchungen über User, die in der IT-Branche innoviert haben, wurde ein vergleichbarer Prozentsatz festgestellt. Beispiele lassen sich bei der Untersuchung von CAD-Softwareentwicklung mit 24 % User-Anteil, Informationssoftware für Bibliotheken mit 26 %, OS Sicherheitssoftware mit 19 % User-Anteil und Computerinnovationen mit 26 % User-Anteil finden (Shah und Tripsas 2007; von Hippel 2005).

Ein Beispiel aus der untersuchten Studie für ein von einem User Entrepreneur gegründetes Start-up ist „Controme“. „Controme“ wurde im Juli 2012 von Michael Achatz gegründet. Startpunkt der Gründungsidee war, dass der Gründer im Jahr 2010 sein Eigenheim gebaut hat und für sich die perfekte Möglichkeit der intelligenten Raumtemperaturregelung finden wollte, d. h. er wollte eine Heiztechnikregelung für seinen persönlichen Gebrauch („use“) finden. *„Mit seiner alten Thermostat-Regelung und dem permanenten Wechsel zwischen zu kalten und zu warmen Füßen war er nie zufrieden“* und auf dem Markt konnte er keine Lösung finden, die sein persönliches Bedürfnis der Leistung mit der richtigen intelligenten Hard- und Softwarekombination und später auch des Preises zufriedengestellt hat (Achatz 2015). Somit war der Startpunkt des Unternehmensgründungsprozesses das unbefriedigte Bedürfnis des späteren Gründers von „Controme“. Durch eine genauere Marktrecherche stellt er fest, *„dass es noch viel mehr Probleme in der Heiztechnik gibt. [...] Aus dieser ursprünglichen Problemstellung ist die Entschlossenheit gewachsen, die Heiztechnik in Gebäuden endlich richtig zu regeln.“* (Achatz 2015). Somit erfolgte die „opportunity recognition“, das heißt die Entdeckung, die schließlich zur Gründung führt, geschah erst nachgelagert zu seiner persönlichen Bedürfnisbefriedigung. „Controme“ ist ein Start-up, welches die gesamte Heiztechnik eines Hauses zu einem intelligenten System zur Energieeinsparung vernetzt. Der Vertrieb erfolgt dabei via eCommerce mit Hilfe einer App und stellt damit verbunden das Geschäftsmodell der „Digitalization“ (Gassmann et al. 2013) dar.

Als ein Beispiel für einen Nicht-User Entrepreneur ist „flowkey“ zu sehen, da es aus dem Institut einer Universität (Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut der TU Berlin, bei dem die Gründer zu der Zeit als studentische Unternehmensberater neben ihrem Studium gearbeitet haben) heraus entwickelt wurde (Gößling et al. 2014).

Das Start-up wurde als eLearning-Plattform inklusive webbasierter, polyphoner Echtzeit-Tonerkennung zum Lernen vom Klavierspielen im Januar 2014 von Jonas Gößling, Ahmed Hassan und Alexander Heesing gegründet (Gößling et al. 2014). Der Startpunkt des Unternehmensgründungsprozesses ist die „opportunity identification“ (Shah und Tripsas 2007; Shane und Venkataraman 2000), da „die Vorgeschichte von flowkey [...] im Frühjahr 2012 [...] [beginnt], als der Wirtschaftsingenieur und Pianist Jonas Gößling erkennt, dass neue Technologien das Erlernen eines Instruments grundlegend verändern können“ (Gößling et al. 2014). „Flowkey“ generiert mit Hilfe des „Freemium“-Geschäftsmodells seinen Umsatz, wodurch der Kunde die Basisversion des Angebots kostenlos nutzen kann und für die Nutzung weiterer Angebote, wie hier die Erweiterung des angebotenen Liedspektrums zum Erlernen des Klavierspielens, zahlen muss (Gassmann et al. 2013).

5 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Studie wurden 89 Start-ups, die mit einem internetbasierten Geschäftsmodell gegründet haben, hinsichtlich der Unterscheidung zwischen User und Nicht-User Entrepreneuren untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass ca. 22 % der Start-ups von User Entrepreneuren gegründet wurden. Der Anteil der User Entrepreneure in dieser Studie ist damit vergleichbar mit dem Anteil der User Entrepreneure in vergleichbaren Branchen, die bereits in vorherigen Studien untersucht wurden.

Demzufolge werden die Daten als Grundlage für weitere Untersuchungen hinsichtlich der Unterscheidung zwischen den Geschäftsmodellen von User Entrepreneuren und Nicht-User Entrepreneuren genutzt. Insbesondere wird untersucht werden, inwieweit sich User Entrepreneure und Nicht-User hinsichtlich ihres Erfolgs unterscheiden, das heißt, ob eine Gruppe im Vergleich zur anderen Gruppe erfolgreicher auf der jeweiligen Crowdfundingplattform finanziert wurde. Zusätzlich ist, insbesondere durch Zotts und Amits (2007) wissenschaftliche Untersuchung, interessant, ob und inwieweit sich die Unterschiede, die sie bei Start-ups in Bezug auf die Effizienz und Neuheit des Geschäftsmodells gefunden haben, genauer im Vergleich von durch User und Nicht-User gegründete Start-ups wiederfinden lassen.

6 Literaturverzeichnis

- Achatz, Michael (2015): Seedmatch: Controme. Online verfügbar unter <https://www.seedmatch.de/startups/controme>, zuletzt geprüft am 03.08.2016 um 14:21 Uhr.
- Amit, Raphael; Zott, Christoph (2001): Value creation in E-business. In: *Strat. Mgmt. J.* 22 (6-7), S. 493–520. DOI: 10.1002/smj.187.
- Baldwin, Carliss; Hienerth, Christoph; Hippel, Eric von (2006): How user innovations become commercial products: A theoretical investigation and case study. In: *Research policy* 35 (9), S. 1291–1313.
- Blank, Steve; Dorf, Bob (2012): *The Startup owner's manual. The step-by-step guide for building a great company.* 1. ed. Pescadero, Calif. / K & S Ranch Publ. Online verfügbar unter <http://www.gbv.de/dms/zbw/730573974.pdf>.
- Bundesverband Deutsche Startups e.V. (BVDS); Ripsas, S.; Tröger, S. (2015): 3. DSM. Deutscher Start-Up Monitor. Hg. v. KPMG.
- Chesbrough, Henry (2004): Managing open innovation. In: *Research Technology Management* 47 (1), S. 23–26.
- Chesbrough, Henry (2007): Business model innovation: it's not just about technology anymore. In: *Strategy & Leadership* 35 (6), S. 12–17.
- Chesbrough, Henry (2010): Business model innovation: opportunities and barriers. In: *Long range planning* 43 (2), S. 354–363.
- Foss, Nicolai J.; Saebi, Tina (2017): Business models and business model innovation. Between wicked and paradigmatic problems. In: *Long range planning*.
- Gassmann, Oliver; Csik, Michaela; Frankenberger, Karolin (2013): *Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator.* München: Hanser.
- Gößling, Jonas; Hassan, Ahmed; Heesing, Alexander (2014): Seedmatch: Flowkey. Online verfügbar unter <https://www.seedmatch.de/startups/flowkey>, zuletzt geprüft am 11.12.2015.
- Grummer, Jan-Menko; Brorhilker, Jan (2012): *Crowdfunding in Deutschland.* Teil 1. Hg. v. Gründerszene.de (12.10.2012). Online verfügbar unter <https://www.gruenderszene.de/allgemein/crowdfunding-anbieter?interstitial>.
- Haefliger, Stefan; Jäger, Peter; Krogh, Georg von (2010): Under the radar: Industry entry by user entrepreneurs. In: *Research policy* 39 (9), S. 1198–1213. DOI: 10.1016/j.respol.2010.07.001.

- Hippel, Eric von (2009): Democratizing innovation: the evolving phenomenon of user innovation. In: *International Journal of Innovation Science* 1 (1), S. 29–40.
- IBM Global Business Services (2006): Expanding the Innovation Horizon. The Global CEO Study 2006. Hg. v. IBM Corporation. Online verfügbar unter https://www-07.ibm.com/smb/includes/content/industries/electronics/pdf/Global_CEO_Study_-_Electronics.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.18.
- Landis, J. Richard; Koch, Gary G. (1977): The measurement of observer agreement for categorical data. In: *biometrics*, S. 159–174.
- Lettl, Christopher (2005): The emergence of radically new health care technologies: Inventive users as innovation networkers. In: *Technology and Health Care* 13 (3), S. 169–183.
- Lindgren, Peter; Taran, Yariv; Boer, Harry (2010): From single firm to network-based business model innovation. In: *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management* 12 (2), S. 122–137.
- Lüthje, Christian; Herstatt, Cornelius; Hippel, Eric von (2006): User-innovators and “local” information: The case of mountain biking. In: *Research policy* 34 (6), S. 951–965.
- Murphy, Melissa Lynne (2017): Startup storytelling. An analysis of narrative in rewards and equity based crowdfunding campaigns.
- Osterwalder, Alexander (2004): The Business Model Ontology-a proposition in a design science approach.
- Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves; Tucci, Christopher L. (2005): Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept. In: *Communications of the association for Information Systems* (15), S. 1–40.
- Schumpeter, Joseph Alois (1939): *Business cycles*: McGraw-Hill New York.
- Shah, Sonali K. (2003): Community-based innovation & product development. Finding from open source software and consumer sporting goods. Massachusetts Institute of Technology.
- Shah, Sonali K.; Smith, Sheryl Winston; Reedy, E. J. (2012): Who are user entrepreneurs? Findings on innovation, founder characteristics & firm characteristics. In: *Kauffman Firm Survey, Kauffman Foundation*, February. Online verfügbar unter http://www.law.northwestern.edu/research-faculty/searlecenter/workingpapers/documents/Reedy_Who_Are_User_Entrepreneurs.pdf.

- Shah, Sonali K.; Tripsas, Mary (2007): The accidental entrepreneur: The emergent and collective process of user entrepreneurship. In: Strategic Entrepreneurship Journal 1 (1-2), S. 123–140.
- Shah, Sonali K.; Tripsas, Mary (2012): When do user innovators start firms? A theory of user entrepreneurship. In: REVOLUTIONIZING INNOVATION: USERS, COMMUNITIES, AND OPEN INNOVATION, MIT Press, Forthcoming, S. 12–78.
- Shane, Scott; Venkataraman, Sankaran (2000): The promise of entrepreneurship as a field of research. In: Academy of Management Review 25 (1), S. 217–226.
- Stewart, David W.; Zhao, Qin (2000): Internet marketing, business models, and public policy. In: Journal of Public Policy & Marketing 19 (2), S. 287–296.
- Timmers, Paul (1998): Business models for electronic markets. In: Electronic markets 8 (2), S. 3–8.
- Trimi, Silvana; Berbegal-Mirabent, Jasmina (2012): Business model innovation in entrepreneurship. In: International Entrepreneurship and Management Journal 8 (4), S. 449–465.
- von Hippel, Eric (1994): “Sticky information” and the locus of problem solving: implications for innovation. In: Management science 40 (4), S. 429–439.
- von Hippel, Eric (2005): Democratizing innovation: The evolving phenomenon of user innovation. In: Journal für Betriebswirtschaft 55 (1), S. 63–78.
- Williamson, Oliver E. (1981): The economics of organization. The transaction cost approach. In: American journal of sociology 87 (3), S. 548–577.
- Zeoli, Anthony (2015): Crowdfunding: A Look at 2015 & Beyond! Hg. v. Crowdfund Insider. Online verfügbar unter <https://www.crowdfundinsider.com/2015/12/79574-crowdfunding-a-look-at-2015-beyond/>.
- Zott, Christoph; Amit, Raphael (2007): Business Model Design and the Performance of Entrepreneurial Firms. In: Organization Science 18 (2), S. 181–199.

Leistungsniveaumanagement im Rahmen des Budgetierungsprozesses der öffentlichen Verwaltung

Prof. Dr. Volker Busch

Studienbereichssprecher des Studienbereichs „Public Management & IT“ sowie Professor für die Öffentliche Betriebswirtschaftslehre an der Hochschule des Bundes, Willy-Brandt-Straße 1, Volker.Busch@hsbund.de.

1	Einführung und Problemstellung.....	216
2	Eckdaten und Veränderungsreize	217
3	Zeitgemäße Steuerung	218
4	Leistungsniveaumanagement	220
5	Literaturverzeichnis	226

Abstract:

The public administration is in transition. Many changes are successful, other processes have not yet reached their goal. Change processes and requirements are growing. Therefore, it is necessary to develop instruments that focus in particular on the potential for flexibility. The Performance Level Management offers new starting opportunities, which are offered in a context of administrative service structures. The instruments of a Performance Level Management provide the capability to support the budgeting process with improved information.

JEL-Classification: H41, H00

Keywords: Cost accounting, Budgeting, Public Management, Management of fixed costs

1 Einführung und Problemstellung

Die Struktur der Öffentlichen Verwaltung (ÖV) befindet sich schon seit Jahren in einem tiefgreifenden Veränderungsprozess. Mit dem Ziel nach mehr Effizienz und Effektivität im Rahmen der Aufgabenerfüllung gehen viele Beteiligte neue Wege um ein Mehr an Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Schon länger arbeiten die Beteiligten auch an dem Vorhaben, eine veränderte Steuerungsphilosophie in die öffentlichen Führungsmechanismen zu implementieren. Diese Gedanken starteten schon in den 90er Jahren im Rahmen der Reorganisationsprozesse des New Public Managements.

Ein zweiter Aspekt betrifft die zunehmende Intensität der augenblicklich stattfindenden externen Veränderungsprozesse. Für die Mehrzahl der Bürger ist die Geschwindigkeit von Veränderungsprozessen zunehmend spürbar und erlebbar. Wir leben in einer Zeit der Transformation. „Mithilfe der Digitalisierung werden wir aus meiner Sicht nur einen Bruchteil der Zeit für wesentlich tiefergreifende Veränderungen benötigen.“, so fasst es Marcus Kuhnert mit wenigen Worten verständlich zusammen (vgl. Weber, 2018, S. 25). Schauen wir uns dies einmal aus der wissenschaftlichen Perspektive an, so ist „Transformation“ definiert als Wechselprozess innerhalb einer definierten Zeitspanne. Diese Wechselprozesse haben in den vergangenen Jahren sowohl hinsichtlich ihrer Intensität als auch im Hinblick auf ihre Nachhaltigkeit an Bedeutung und direkter Fühlbarkeit zugenommen (*Morar/Kemper*, 2018, hier S. 58-59). Dies bleibt für die Öffentliche Verwaltung nicht ohne Folgen. Sie muss zunehmend schneller ihre Leistung nicht nur graduell neu justieren, sondern vielmehr auch tiefgreifende Umbrüche im Leistungsbereich bewerkstelligen (*Schäffer/Weber*, 2018, S. 5ff.).

Zum Teil haben die Vorhaben im Rahmen des New Public Managements einen sehr erfolgreichen Verlauf genommen, der dazu führte, neue Wege der Zusammenarbeit und der Ausrichtung der Verwaltungsabläufe zu etablieren. Andere Vorhaben kamen nicht wie geplant in Gang, wurden ausgesetzt oder auch erfolglos beendet. Die gewonnenen Flexibilitäts- und Wirtschaftlichkeitsfortschritte sind zwar einerseits durchaus beachtlich, andererseits gilt es aber auch zu konstatieren, dass das Verwaltungsumfeld heute mit einer größeren Vehemenz veränderte Anforderungen an die Verwaltungsstrukturen stellt. Das gestiegene Anspruchsniveau hat in vielen Fällen die gewonnene zusätzliche Flexibilität der Verwaltung übertroffen, so dass der gefühlte Systemmangel bestehen bleibt. Flexibilitätsfortschritt und die Steigerung des externen Anspruchsniveaus an die ÖV stehen damit eher selten in einem positiven Verhältnis. Eine Analyse der Stärken und Schwächen mit besonderem Augenmerk auf die Nutzung der Kostenrechnungssysteme verdeutlicht signifikante Probleme auf der instrumentellen Ebene.

2 Eckdaten und Veränderungsreize

2.1 Ein Blick auf die Eckdaten

Eine leistungsfähige Verwaltung ist für die Lebensqualität sowie für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung von hoher Bedeutung. Dies ist für alle Beteiligten unbestritten. Darüber hinaus gilt es auch, den beachtlichen ökonomischen Anteil dieses Sektors am gesamten wirtschaftlichen Geschehen in Deutschland im Auge zu behalten, denn dessen Größenordnung ist Vielen kaum bewusst (Beamtenbund, 2018) (vgl. Abb. 1).

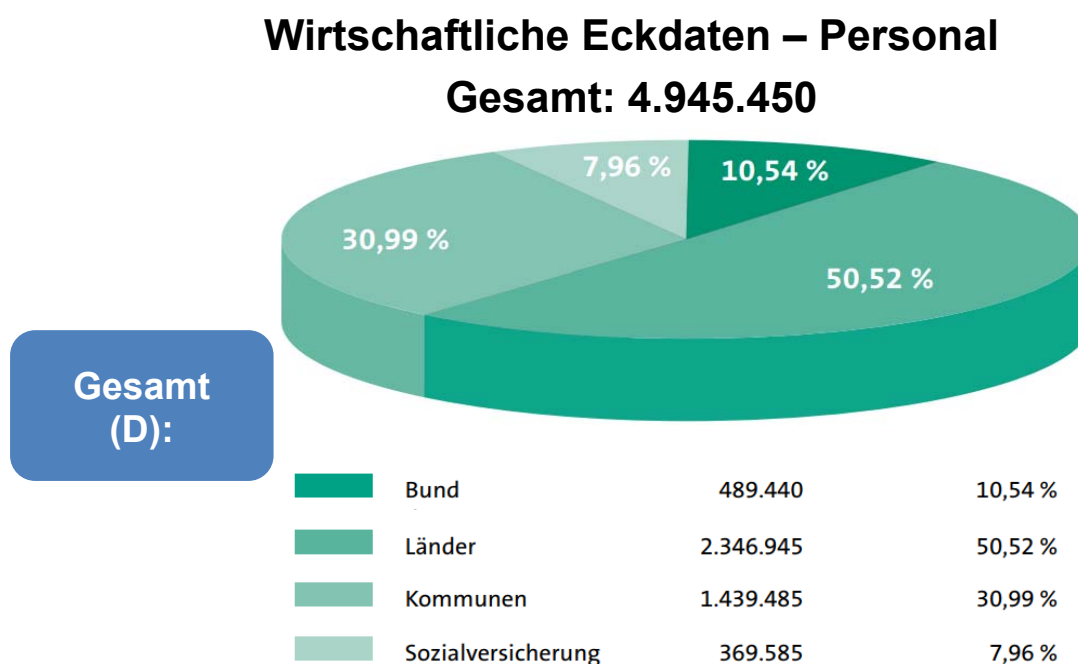


Abbildung 1: Personalanteil und Personalverteilung

Die Analyse umfasst gleich zwei Dimensionen, die einen Einblick in die Struktur der ÖV geben. Im Jahr 2017 belief sich das Personalvolumen auf knapp 5 Millionen Beschäftigte (Bundesleitung des deutschen Beamtenbunds: Zahlen, Daten, Fakten, 2018). Jede zweite Person arbeitet auf der Ebene der Länder. Jede dritte Person hat eine Beschäftigung auf der kommunalen Ebene. Sowohl der Bund als auch die Sozialversicherung sind hier vergleichsweise von geringerer Bedeutung. Die Relation aller in der ÖV beschäftigten Personen zur Gesamtzahl in BRD zeigt, dass in etwa jede 9. beschäftigte Person in Deutschland der ÖV zuzuordnen ist (vgl. Statista, 2018).

2.2 Ebenen der Transformation

Als zentraler Gedankenschritt für die Entwicklung der erforderlichen Kostenrechnungsinstrumente gilt es, die aktuellen und anstehenden Veränderungsprozesse und

die wachsende Veränderungsdynamik im Rahmen der Aufgabenstruktur als Ausgangspunkt heranzuziehen.

Dies ist nicht gerade einfach, da sich sowohl die wirtschaftlichen als auch die verwaltungstechnischen Prozesse schon längst in einem signifikanten Wandel befinden. Wir erleben aktuell und in der nahen Zukunft eklatante Veränderungsprozesse durch den technologischen Wandel. Sie werden die Art der Produktion, Logistik und Kommunikation ganz erheblich verändern. Zugleich erleben wir auch gesellschaftlich, politisch und umweltbezogen ein Transformationszeitalter mit tiefgreifenden Veränderungen.

Manche Dinge kommen schleichend, wie die Demografie, andere Veränderungen kommen aber auch mit Wucht, wie bspw. die Banken- oder Eurokrise, der Brexit, aufkommende Handelskonflikte oder massive klimatische Veränderungen. Auf diese Einflüsse gilt es seitens der ÖV ansprechend zu reagieren. Dies führt zu teilweise massiven Aufgaben- und damit erforderlichen Budgetverlagerungen. So kommt es gegenwärtig zu Aufgaben-, Ziel- und Budgetänderungen für komplette Ministerien von bis zu 100% innerhalb eines Jahres – noch in der jüngeren Vergangenheit undenkbar.

3 Zeitgemäße Steuerung

3.1 Public Management

Der zentrale Ausgangspunkt einer Steuerung öffentlicher Aufgabenfelder ist das Instrumentarium des Public Managements. Im Kern bezieht sich das Steuerungskonzept auf das Referenzmodell einer Management-Holding, die mit betriebswirtschaftlichen Instrumenten operative Gesellschaften mit der Vorgabe von Zielen auf optimierte Effizienz und Effektivität ausrichtet. Der Steuerungsansatz beruht auf einer Dezentralisierung der Ergebnisverantwortung durch verwaltungsinterne „Kontrakte“. In diesen werden das Ziel als Sollleistung, das Budget, der Zeitraum und das entsprechende Reporting definiert (vgl. Busch, S. 218 – 291).

Zur erfolgreichen Ausgestaltung sind eine betriebswirtschaftliche Leistungsdefinition, eine adäquate Kosten- und Leistungsrechnung, der Einsatz des Qualitätsmanagements und die Budgetsteuerung zu implementieren. Dieses Instrumentarium gilt es, durch das Controlling in seinem Gesamtsystem für eine sachgerechte Steuerung zusammenzufügen und aufeinander abzustimmen (vgl. Haiber, 1997, S. 303ff.).

3.2 Umsetzungsstand

Angesichts der enormen Bemühungen in der Vergangenheit, dieses neue Steuerungskonzept zu implementieren, überrascht die Analyse des heutigen Umsetzungsstands.

Die Zielbildung ist heute ein laufender Prozess mit Optimierungsprojekten. Als problematisch erweisen sich Verwaltungsbereiche mit besonders hoheitlich ausgeprägtem Leistungsbereich, wie Polizei, Staatsanwaltschaft, Gerichte, Finanzverwaltung, Landesverteidigung und Sicherheitsdienste. Hier steht der Outcome als Wirkung im Mittelpunkt, die sich nicht direkt auf die Leistung betriebswirtschaftlich zurückführen lässt.

Häufig ist der Einsatz der Kosten- und Leistungsrechnung in öffentlichen Institutionen zu erkennen. Im Rahmen detaillierter Kostenartenpläne und kleinteiliger Kostenstellenstrukturen wird mit Einzelkosten eine Kostenträgerrechnung implementiert, die häufig nicht die erfolgversprechenden Informationen liefert.

Führte der Einsatz von Kosten- und Leistungsrechnungssystemen zunächst zu einem verbesserten Kostenbewusstsein, sind aktuell die bereitgestellten Informationen nur bedingt brauchbar, da einzelne eingesetzte Teilsysteme häufig noch an Berechnungsprinzipien eines Industriebetriebs erinnern. So ist leider festzustellen, dass eingesetzte Kostenrechnungssysteme häufig nicht die gewünschte Leistungskraft in der ÖV entfalten, weil die gelieferten Daten nicht den Erfordernissen entsprechen. Dieser Umstand wirkt sich infolge der Verflechtung der Bausteine auch auf die Nutzungsintensität von Budgetierungs- und Kontraktsystemen aus.

3.3 Rahmenbedingungen und Herausforderungen eines Einsatzes der Kosten- und Leistungsrechnung in der Zukunft

Das Wissen um die Ergebnisdaten und Verrechnungsprozedere einer Kosten- und Leistungsrechnung sind vergleichsweise weit verbreitet. Gleichzeitig machen sich nur wenige Akteure die Mühe, sich auch Gedanken über die Grenzen und Voraussetzungen ihres Einsatzes zu machen. Bei einer Implementierung in der ÖV erhält man den Eindruck, dass in einem nicht ausreichenden Maß schon vorab die Spezifika des Handlungs- und Entscheidungsraums durchdacht werden. Wenn auch prinzipiell bekannte Verrechnungsstrukturen aus dem privatwirtschaftlichen Kontext übertragbar wären, so bedarf es doch häufig einem hohen Maß der Anpassung oder einer besonderen Interpretation der Ergebniswerte.

Als Unterscheidungsmerkmal ist zu allererst die Produktvielfalt anzuführen. Nicht zuletzt führt dies zu einer Zunahme des ohnehin schon erstaunlichen Gemeinkostenniveaus. Variable Kosten – obwohl meist extra ausgewiesen, liegen praktisch nur in wenigen Gebieten vor. Ein Blick auf die Entwicklungen in den vergangenen Jahren zeigt Konzepte, die differenziert variable und fixe Kosten unterscheiden. Dies erstaunt, wenn der geringe Anteil variabler Kosten erkennbar wird und zugleich Maßgrößen der Beschäftigung nur selten eindeutig zu definieren sind. Tiefergehende Abweichungsanalysen sind aus diesen Gründen selten.

Öffentliche Institutionen schauen überwiegend auf eine Vergangenheit mit hoher Prozess- und Aufgabenstabilität. Diese Stabilität führte zu Erfahrungswissen, das Defizite bei der Gestaltung der Kosten- und Leistungsrechnungssysteme kompensieren half. Nur leider entspricht dieser Zustand der Vergangenheit immer weniger den Anforderungen in der Gegenwart und noch viel weniger den Anforderungen für eine sachgerechte Steuerung der Verwaltungsstrukturen in der Zukunft.

Die grundlegenden Konzepte der Kosten- und Leistungsrechnungssysteme in ÖV verkennen, dass sie die betriebswirtschaftlichen Informationen überwiegend aus einem anderen Blickwinkel liefern müssen. So „verkaufen“ Leistungsbereiche der ÖV nur einen Bruchteil ihrer Leistungen - etwa im Kulturbereich. Wesentliche Leistungsbereiche agieren allerdings budgetfinanziert. Hier müssen die Systeme Informationen über den notwendigen Ressourcenrahmen für den anstehenden Zeitraum generieren. Es gilt, Bedarfsentwicklungen mit möglichen internen Effizienzgewinnen abzugleichen und mit dem Refinanzierungsrahmen in einen Ausgleich zu bringen. Im Vordergrund stehen bspw. Fragen, ob Budgetbedarfsänderungen in Form von Modifikationen von Einsatzzeiten, Veränderungen von Serviceleveln nach sich ziehen. Hierzu bedarf es einer veränderten Aufbereitung von Kostenrechnungsdaten, die zur Zeit nur vereinzelt zu erkennen ist. Der Grad der kurzfristigen Kostenbeeinflussbarkeit spielt hier eine wesentliche Rolle. Schließlich gilt es, die ermittelten Daten in einer Überleitung dem Budgetsystem zur Verfügung zu stellen. Hierzu müssen erst Überleitungsrechnungen vorgenommen werden.

4 Leistungsniveaumanagement

4.1 Neuer Blickwinkel der Kostengestaltung

Um die oben beschriebenen Leistungs-, Akzeptanz- und Systemdefizite von Kosten- und Leistungsrechnungssystemen in ihrem praktischen Einsatz neu zu justieren, wird derzeit an einer veränderten Kostenplanungssystematik gearbeitet, die als „Leistungsniveaumanagement“ bezeichnet wird. Dieser Ansatz der Kostenerfassung und -gestaltung modifiziert bewusst den Blickwinkel, um Problembereiche Öffentlicher Institutionen zu umgehen und zugleich die Tauglichkeit der Ergebniswerte zu erhöhen.

Hier wird die Kostenplanung von Institutionen nicht hinsichtlich ihres Beschäftigungsniveaus sondern hinsichtlich der vorzuhaltenden Kapazitäten abgebildet (vgl. Reichmann, 2018, S. 235). Je nach Spezifikation kann das zum Beispiel die Abbildung unterschiedlicher Servicelevel oder bspw. unterschiedliche Einsatz- bzw. Bereitschaftsniveaus von Einsatzkräften sein. Eine solche Vorgehensweise unterstützt den Budgetierungsprozess, weil unterschiedliche Leistungsniveaus mit ihren jeweils erforderlichen Ressourcen ausgewiesen werden können (vgl. Abb. 2).

Auslastungsgrad/Servicelevel

Bereitschaftsniveau

Einsatz- / Reaktionszeit

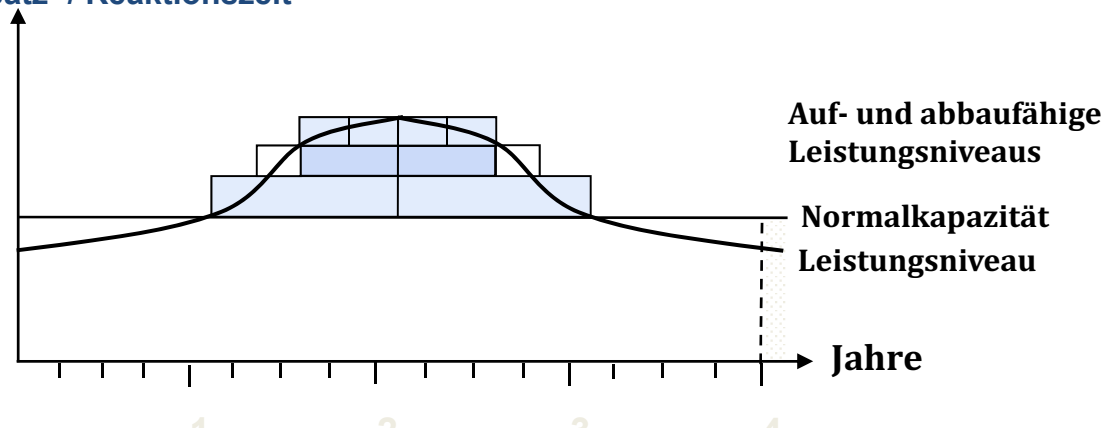


Abbildung 2: Abbildungsperspektive des Leistungsniveaumanagements

Weiterhin werden die Budgets nicht nur in Bezug auf die zu erreichenden Leistungs- und Kostenniveaus, sondern gleichzeitig in Bezug auf ihre Beeinflussbarkeit und Flexibilität ausgewiesen (vgl. Krüger, 1996, S. 77ff). Jedes Plankostencluster hält Informationen zu dem Umfang und der Fristigkeit einer anderen Verwendung vor. So ergibt sich ein Tableau, dass gleichzeitig das Leistungsniveau, den Kostenrahmen sowie die Flexibilitätspotenziale visualisiert (vgl. Abb. 3).

Leistungs-, Einsatz- bzw. Reaktionszeitniveau

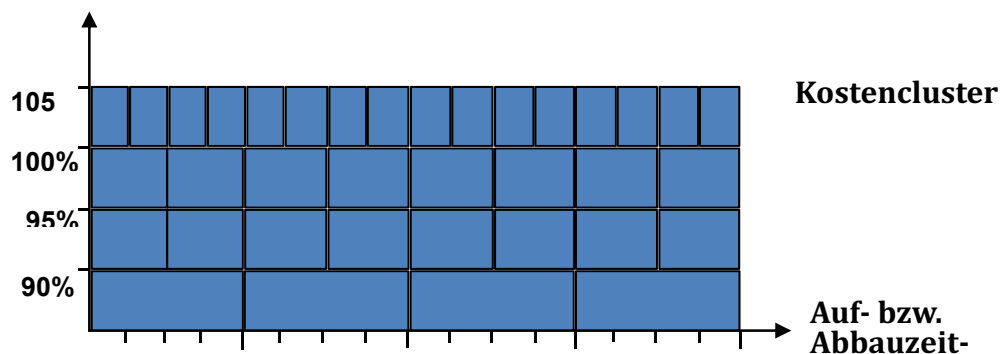


Abbildung 3: Perspektive der Leistungs- und Kostenplanung (Makroperspektive)

Trotz der Möglichkeit von Zusammenfassungen und der damit verbundenen zusätzlichen Einblicke bleibt die Basisinformation im Detail immer erhalten. Jeder Kosten-Cluster behält auch in der Gesamtdarstellung seine informative DNA (vgl. Abb. 4).

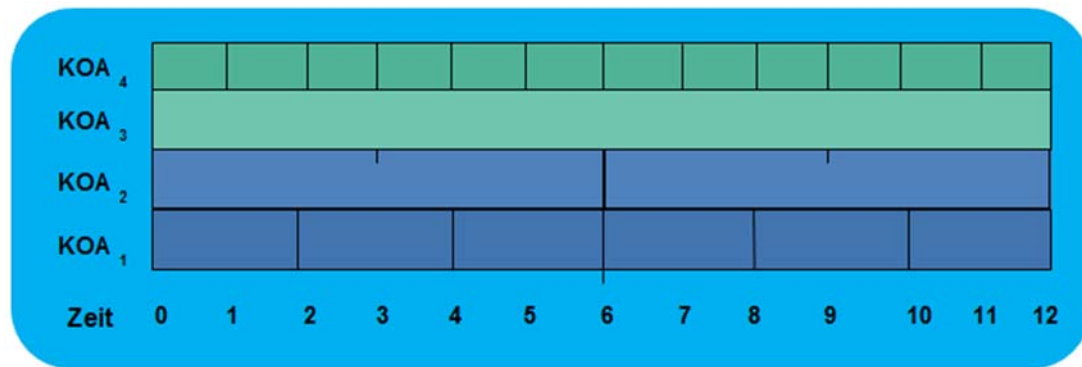


Abbildung 4: Perspektive der Leistungs- und Kostenplanung (Mikroperspektive)

Jeder Cluster besteht jeweils aus einer Gruppe von Kostenarten, die mit einer Ausweitung des Leistungsniveaus der Organisationseinheit auf das nächst höhere Niveau verbunden ist. Jede Kostenart weist weiterhin den möglichen Flexibilitätsrahmen für den Abbau oder einer alternativen Verwendung binnen definierter Zeiträume aus.

4.2 Geänderte Perspektiven der betriebswirtschaftlichen Analyse

Die oben aufgezeigte Methodik ermöglicht eine neue Herangehensweise für die wirtschaftliche Analyse insbesondere in öffentlichen Aufgabenfeldern mit einem dominierenden, sachzielorientierten Fokus. Im Beispiel ergeben sich die folgenden Ausgangsdaten (vgl. Abb. 5).

		Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Ok	Nov	Dez	Jahr	GK	Budget	Gesamtbudget	Flexibilität
80% Level	Investitionsmittel	0	20.000	0	0	0	0	0	0	30.000	0	0	0	88.000		50.000		
	Kalk. Kosten	75000	75000	77000	77000	77000	77000	77000	77000	64000	64000	64000	64000	868.000				
	Sachkosten	65000	60000	55000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	55000	55000	55000	700.000		1.275.000		
	Personalkosten	330.000	320.000	305.000	305.000	305.000	310.000	340.000	340.000	340.000	300.000	290.000	290.000	3.775.000	5.341.000	3.775.000	5.100.000	2346000
90% Level	Investitionsmittel	5.000	50.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	50.000	5.000	5.000	5.000	890.000		150.000		
	Kalk. Kosten	75000	75000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	65000	65000	65000	65000	890.000				
	Sachkosten	70000	70000	60000	60000	75000	90000	90000	90000	90000	75000	75000	75000	920.000		1.700.000		
	Personalkosten	350.000	350.000	325.000	325.000	325.000	340.000	380.000	380.000	380.000	340.000	335.000	335.000	4.165.000	5.875.000	4.165.000	6.015.000	433080
100% Level	Investitionsmittel	10.000	140.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	120.000	10.000	10.000	10.000	940.000		360.000		
	Kalk. Kosten	75000	75000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	70000	70000	70000	70000	940.000				
	Sachkosten	85000	85000	80000	80000	95000	110000	110000	110000	110000	90000	90000	90000	1.135.000		2.100.000		
	Personalkosten	370.000	360.000	340.000	340.000	350.000	390.000	430.000	430.000	430.000	370.000	340.000	350.000	4.430.000	6.555.000	4.430.000	6.940.000	680120
110% Level	Investitionsmittel	10.000	180.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	190.000	20.000	20.000	20.000	1.180.000		530.000		
	Kalk. Kosten	75000	75000	95000	95000	95000	95000	95000	95000	110000	110000	110000	110000	1.180.000				
	Sachkosten	95000	95000	95000	95000	105000	130000	130000	130000	130000	105000	105000	105000	1.320.000		2.430.000		
	Personalkosten	395.000	410.000	410.000	410.000	430.000	430.000	450.000	450.000	430.000	410.000	390.000	390.000	1.305.000	7.485.000	1.305.000	7.985.000	942180

410.000€

110% Leistungsniveau
 15% Flexibel binnen 3 Monate
 Kostenart und Kostenartengruppe

Abbildung 5: Budgetermittlung mit Hilfe von Business Intelligence-Systemen

Die Methodik ermöglicht als Ausgangspunkt den „einfachen“ Kostenausweis für die Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der gewünschten bzw. erforderlichen Leistungsniveaus (vgl. Abb. 6).

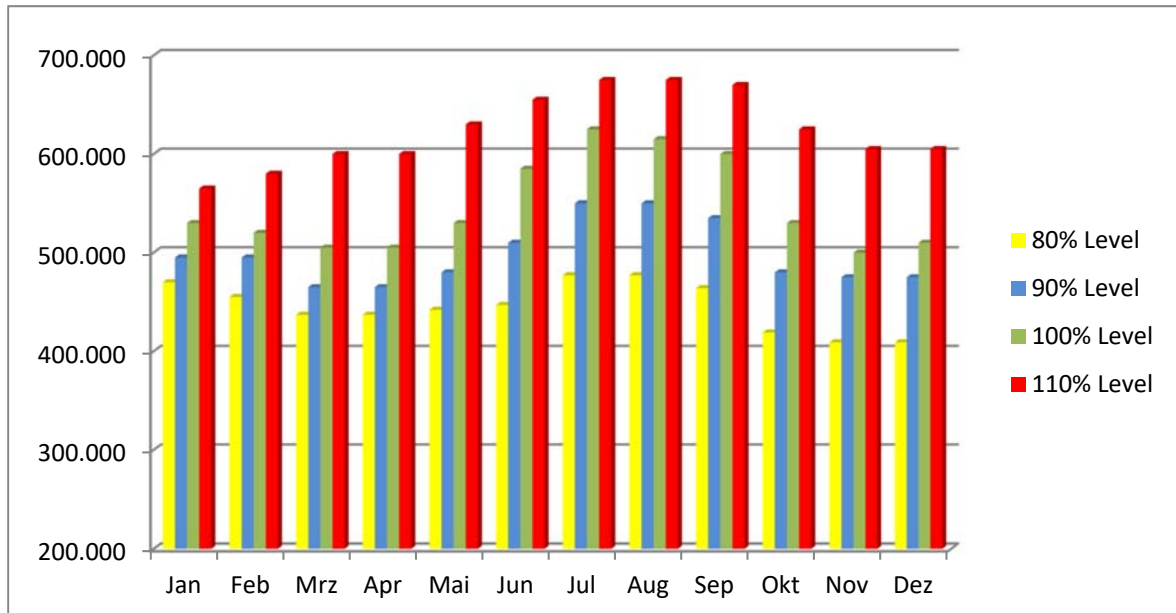


Abbildung 6: Kosten im Leistungsniveauvergleich

Darüber hinaus werden zudem Auswertungen möglich, die für eine betriebswirtschaftliche Steuerung bisher nur ansatzweise vorzuhalten waren.

- Überleitungsrechnungen zur Budgetwirtschaft (nur Ausgaben)
- Substanzerhaltungsrechnungen (Kalkulatorische Kosten zu Investition)
- Flexibilitätsausweise der Budgetinhalte

Als ein wesentlicher Anknüpfungspunkt für die finanzwirtschaftliche Planung ergibt sich die Möglichkeit, die notwendigen Finanzbudgets für die anstehenden Zeiträume zu ermitteln. Hier stehen neben dem Ausweis alternativer Leistungsniveaus auch die Analysen hinsichtlich der zeitlichen Verteilung des Bedarfsverlaufs im Fokus der Betrachtung. So beginnt die Analyse mit dem „einfachen“ Kostenausweis für die Alternativen. Damit wird unter anderem möglich, das Spannungsfeld zwischen dem gewünschten Leistungsniveau und den damit verbundenen notwendigen Ressourcen in einer parallelen Darstellung auszuweisen. Die Farben verdeutlichen die verschiedenen Leistungslevelalternativen mit den damit verbundenen Budgetvolumina.

Diese Informationen bilden den Ausgangspunkt des Analyseverfahrens. Erkennbar werden die Kostenunterschiede sowie der Ablauf des Budgetverbrauchs. Die Abbildung zeigt hier ein Leistungsfeld, das wenige Synergien aufweist, da die Zusatzkosten stark bei einer Leistungsanhebung ansteigen. Schon ein Vergleich mit benachbarten Leistungseinheiten kann hier einen sinnvollen Ansatzpunkt geben, wenn die-

se ein anderes Synergiepotenzial aufweisen und damit die Veränderung geplanter Leistungsniveaus zu einer größeren Zu- oder Abnahme der Leistungsniveaus führen.

Eine weitere Möglichkeit des Analyseprozesses ergibt die Überleitungsrechnung der Kostenplanung zu den finanzwirtschaftlich erforderlichen Budgets. Hierfür sind nicht auszahlungsrelevante Kosten, wie Abschreibungen und Rückstellungen durch die investiven Finanzmittel in der Berechnung zu ersetzen.

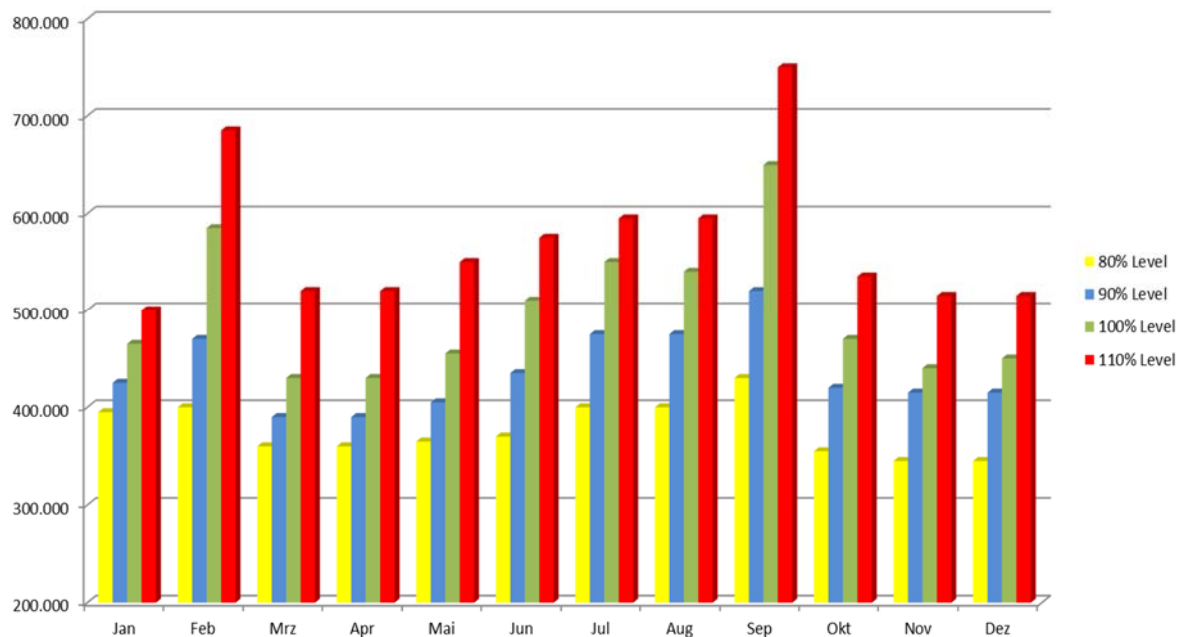


Abbildung 7: Kosten im Leistungslevelvergleich

Die berechneten Werte müssen zum Planungszeitpunkt in entsprechender Höhe zwingend als Budget zur Verfügung stehen. In diesem Fall ist zu erkennen, dass fast alle Budgetwerte unter den Vollkostenvolumina, die durch die Abb. 6 verdeutlicht wurden, liegen. Es wird damit deutlich, dass der Leistungsbereich, wenn keine Sondereffekte vorliegen, überwiegend die vorhandene Substanz verzerrt.

4.3 Analyse der Flexibilitätsgrade innerhalb der Aufgabenbereiche

Die häufig zu erkennenden Schwierigkeiten, öffentliche Leistungsbereiche über Budgetvolumen und Dezentralisierung sinnvoll zu steuern, obwohl ein weitaus überwiegender Anteil der anstehenden Kosten weitgehend fixiert und die Zähigkeit der Kostenstrukturen gleichzeitig nur schwer einzuschätzen ist, erscheint auf den ersten Blick nachvollziehbar. Sind nicht selten bis zu 70-80% der Gesamtkosten mit einem fixen Charakter auszumachen (vgl. Funke, 1995, S. 129 - 131).

Umso wichtiger erscheint es, erstens das verbleibende grundsätzlich beeinflussbare Kostenniveau einer genauen Betrachtung seiner Flexibilitätsgrade zu unterwerfen

und zweitens gerade in der Neudisposition fixer Kostenpotenziale unter dem Blickwinkel einer auch bereichsübergreifenden Betrachtung in die Kosten- und Leistungsplanung zu integrieren (Bertelsmann, 2017, S. 484ff). Dies ermöglicht eine frühzeitige und zugleich zielgerichtete Reaktion im Falle von kurzfristigen Anpassungslagen (Oecking, 1994, S. 133ff.). Wird – wie oben beschrieben – im Rahmen der Leistungsplanung in den Kostenclustern auch die Auf- bzw. Abbaufähigkeit in ihrer zeitlichen, finanziellen und kapazitativen Wirkung hinterlegt, bietet sich ihre getrennte Ausweisung hinsichtlich des Flexibilitätspotenzials der Budgets entsprechend der vorgehaltenen Planungstiefe an.

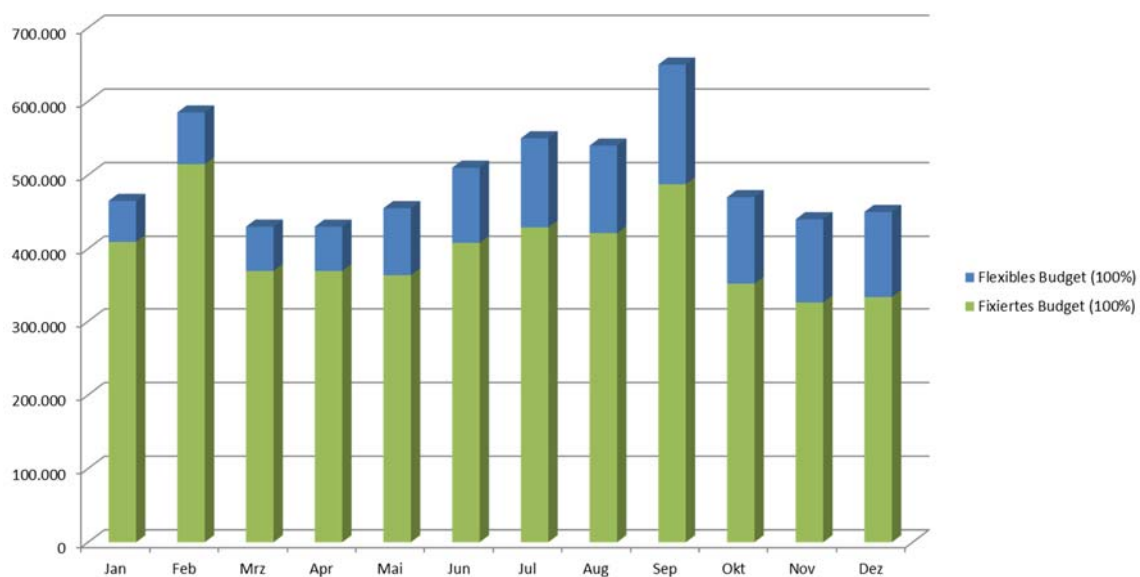


Abbildung 8: Integrierter Flexibilitätswert – 100%-Niveau

Somit bietet sich die Möglichkeit, die Chancen einer kurzfristigen Finanz- und Aufgabenverlagerungen inklusive zeitlicher Fristen auf das Gesamtbudgetniveau hochzurechnen. Die Ergebnisse sind als „Flexibles Budget“ in die Darstellung der Basisalternative integriert. Auf Grundlage dieser Informationen lassen sich Risiken und Engpässe besser einschätzen und zugleich die Reaktionszeit auf exogene Einflüsse deutlich verkürzen (vgl. Wobold, 1995, S. 84ff.).

Es wird erkennbar, wie das Instrumentarium des Leistungsniveaumanagements den Budgetierungsprozess durch verbesserte Informationen der Verantwortlichen unterstützen kann. Es führt Leistungs- sowie Kostenniveaus zusammen und integriert gleichzeitig budgetäre Flexibilitätspotenziale (vgl. Böckmann/Becker/Bednarz, S. 30ff.). Es gilt nun, in den kommenden Perioden, die entwickelten Prozessschritte auch in anderen Institutionen im Praxisalltag einzusetzen, um das Instrumentarium für einen generalistischen Ansatz zu konzipieren.

5 Literaturverzeichnis

- Bertelsmann, René*: Die Abweichungsanalyse als Instrument des Controllings in der Bundesverwaltung, in: Controlling: Konzeptionen - Instrumente - Anwendungen, hrsg. von *Andreas Hoffjan, Thorsten Knauer* und *Andreas Wömpener*, Stuttgart 2017, S. 477 - 488, hier S. 484ff.
- Böckmann, Dirk; Becker, Marco; Bednarz, Mathias*: Optimierung in der Planung, in: Controller Magazin, Heft 4 2017 (42. Jg.), S. 28 - 35, hier S. 30ff.
- Bundesleitung des deutschen Beamtenbunds*: Zahlen, Daten Fakten 2017, Berlin 2017; https://www.dbb.de/fileadmin/pdfs/2017/zdf_2017.pdf, abgerufen am 20.09.2018
- Busch, Volker*: Benchmarking als Innovationsmotor: Gestaltungsebenen von Benchmarkingprozessen im Rahmen der Öffentlichen Verwaltung, in: Erfolgreiches Controlling. Theorie, Praxis und Perspektiven - zum 80. Geburtstag von Prof. Dr. Thomas Reichmann, hrsg. von *Andreas Wieseahn* und *Martin Kißler*, Baden-Baden 2018, S. 217 - 234, hier S. 218 - 291.
- Haiber, Thomas*: Controlling für öffentliche Unternehmen - Konzeption und instrumentelle Umsetzung aus der Perspektive des New Public Management, München 1997, S. 303ff.
- Funke, Stephan*: Fixkosten und Beschäftigungsrisiko, München 1995, S. 127ff.
- Krüger, Lutz*: Fixkostenmanagement als Controllingaufgabe, Wiesbaden 1996, S. 77ff.
- Morar, Dominik; Kemper, Hans-Georg*: Digitale Transformation - Informationsmanagement vor neuen Herausforderungen, in Controlling - Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmensführung, 2018 (30. Jg.), Heft 4, S. 54 bis 61, hier S. 58-59
- Oecking, Georg*: Strategisches und operatives Fixkostenmanagement, München 1994, S. 133ff.
- Reichmann, Thomas*: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten, 9. Aufl. München 2018, S. 235.
- Schäffer, Utz; Weber, Jürgen*: Digitalisierung ante portas - Die Veränderung des Controllings im Spiegel der dritten WHU-Zukunftsstudie, in Controlling - Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmensführung, 2018 (30. Jg.), Heft 4, S. 5 bis 11

Statista: Bereinigte Anzahl der Erwerbstätigen mit Wohnsitz in Deutschland von 2017, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1376/umfrage/anzahl-der-erwerbstaetigen-mit-wohnort-in-deutschland>, abgerufen am 20.09.2018

Weber, Jürgen; Kuhnert, Marcus: Robotics wird so selbstverständlich sein wie Elektrizität, in: *Controlling & Management Review*, Heft 8 2018, 62. Jg., S. 24 - 29, hier S. 25

Wobold, Markus: Budgetierung bei kontinuierlichen Verbesserungsprozessen, München 1995, S. 84ff.

Mobility in Urban Economics

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Urban Economics

Jan Werner

Professor of Economics at the Cologne Business School, University of Applied Sciences, Hardefuststraße 1, 50677 Köln and Lead Economist at the Institute of Local Public Finance, Friedrich-Ebert Straße 79, 63225 Langen, Germany, j.werner@cbs.de

The term mobility has different meanings in various scientific disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. However, a definition restricted to socio-economic mobility or labour mobility is rather too short-sighted to describe all aspects of mobility in economics, because mobility can of course also be used in relation to capital mobility or factor mobility. For example, the free movement of goods, services, capital and persons within the European Union (the so-called “four freedoms”) is another important issue of mobility in economics. Capital mobility and tax competition are pressing matters for tax authorities as well as politicians in modern economies, especially under conditions where there are a huge number of supporters and adversaries of tax competition in economic literature.

Urban economics refers to the economic analysis of cities, and touches on a broad range of topics, such as housing, transportation, land use, the cost and benefit of cities and urbanization, or the provision of local public goods like education, health or safety.

The diversity of mobility aspects in the field of urban economics is highlighted by the first contribution, entitled “Sustainable Parcel Delivery in Urban Areas with Micro Depots“ by Klaus Stodick and Carsten Deckert. This article discusses the fact that the German CEP industry (courier, express and parcel) plays a major role in supplying cities with necessary goods. However, it also has negative impacts on the quality of living in urban areas such as exhaust and greenhouse gas emissions and blocked roads. To dampen these negative effects, the CEP service provider UPS (United Parcel Service) uses micro depots as a more sustainable alternative for parcel delivery. A micro depot is an interim storage in the city and divides the last mile of transport into a second-last mile (from the depot of the CEP service provider to the micro depot) and a very last mile (from the micro depot to the final recipients). It combines the bundling of transports (full truckload delivery to micro depot) with the use of environment-friendly means of transport (electric cargo bikes on the very last mile) to simultaneously relieve urban infrastructure and reduce emissions. The

con-cept has already been realized by UPS to deliver parcels amongst others in the inner cities of Hamburg and Munich.

The second contribution, by Jan Werner, entitled "Options to support urban infrastructure delivery in Pakistan - a survey for the province of Punjab", focuses on the fact that one of the richest part of Pakistan is the province of Punjab and in 2018 the minister of local bodies, Mr. Abdul Aleem Khan has announced that government of Punjab is going to introduce new local bodies system. Local body system of Punjab consists of 182 municipal committees, 10 metropolitans and 35 district councils and it is based on the Local Bodies' Act of 2001 and 2013. This paper provides an general overview of the different options of local public finance around the world as well review the draft Punjab local government act 2019 from February 2019.

These two contributions discuss important and very different aspects of mobility within urban economics.

References

- Oates, W. (1972): *Fiscal Federalism*, 1. Edition, New York, Harcourt Brace Jovanovic.
- Tiebout, C. (1956): A Pure Theory of Local Expenditures in *Journal of Political Economy*, Volume 64, Issue 5, pages 416-24.
- Wilson, J. (1999): Theories of Tax Competition in *National Tax Journal*, Volume 52, pages 269-304.

Sustainable Parcel Delivery in Urban Areas with Micro Depots

Klaus Stodick

Referent City Logistics / CSR / Communication, United Parcel Service Deutschland S.à.r.l. & Co. OHG (UPS), Goerlitzer Straße 1, 41460 Neuss, Germany, kstodick@ups.com

Carsten Deckert

Professor of Innovation and Production Management at the Hochschule Düsseldorf, University of Applied Sciences (HSD), Münsterstraße 156, 40476 Düsseldorf, Germany, carsten.deckert@hs-duesseldorf.de

1	Introduction	234
2	The German CEP Industry	234
3	City Logistics.....	235
4	The Concept of Micro Depots	237
5	Micro Depots at UPS.....	238
6	Conclusion	241
7	Reference List.....	242

Abstract:

Due to the growing trend in urbanization, city logistics becomes of paramount importance to provide the inhabitants of cities with vital goods. Targets of city logistics are the relief of the strain on the transport infrastructure and the reduction of mostly direct emissions such as nitric oxide. The German CEP industry (courier, express and parcel) plays a major role in supplying cities with necessary goods. However, it also has negative impacts on the quality of living in urban areas such as exhaust and greenhouse gas emissions and blocked roads. To dampen these negative effects, the CEP service provider UPS (United Parcel Service) uses micro depots as a more sustainable alternative for parcel delivery.

JEL Classification: O18, Q56, R41

Keywords: city logistics, micro depots, CEP services, sustainability

1 Introduction

Due to a growing trend in urbanization, more people live in cities today than ever before. According to the United Nations, the urban population amounted to 54 % in 2014 and is expected to grow to two thirds by 2050 (UN 2014). Furthermore, there is a trend towards mega-cities defined as cities with a large number of inhabitants, usually a population of more than 5, 8 or 10 million inhabitants (Gebhardt et al. 2014: p. 879–881).

For logistical companies, there are several challenges connected to the supply of densely populated urban areas. On the one hand, access to inner cities is constrained, as delivery vehicles compete with passenger cars for the same space leading to traffic jams, accidents and emissions. This is fueled by a growing delivery volume, smaller single deliveries, more just-in-time deliveries as well as inefficiencies along the delivery process. City officials often react by imposing stricter access regulations exacerbating the delivery situation. On the other hand, cities grow not only on population, but also in surface size leading to longer transportation times (BVL 2014: p. 36–29; Deutsche Post DHL 2010: p. 97). All this leads to lower service quality, lower delivery reliability and higher delivery cost, while simultaneously lowering the quality of living in the city (Deutsche Post DHL 2010: p. 97–98).

The CEP industry (courier, express and parcel) plays a major role in supplying cities with necessary goods. However, it also contributes to the negative impacts on the quality of living in urban areas. One way to counter these impacts is the use of micro depots for parcel delivery.

2 The German CEP Industry

CEP is an acronym for the three services the CEP industry usually provides: namely courier, express and parcel deliveries. Courier deliveries are usually same-day deliveries, express deliveries are usually shipped over-night, and parcel deliveries have no binding delivery date, but the arrival of parcels can be usually predicted to a day. Parcel shipments are also subject to weight and size restrictions (BIEK 2018: p. 9; Gleißner & Femerling 2012: p. 102).

The German CEP industry delivered 3.35 billion shipments in 2017 – an increase of 6.1 % in comparison to 2016. After the financial crisis of 2008/09, the industry has grown continuously, and since 2000 the volume of parcels has approximately doubled. One driver of this growth is the ongoing success of e-commerce companies relying on CEP service providers for the delivery of ordered goods. 83.7 % of the deliveries in 2017 were parcels, the rest were courier or express deliveries (BIEK 2018: p. 11–12).

Although the CEP industry also has a main leg of transport between hubs, the focus is often on the delivery of parcels from the local depot. This is a classical last-mile problem of logistics activities. The last-mile delivery to the final recipient is usually done by a small delivery truck. The daily route of a truck is called a loop. Within a loop, several smaller segments of the route – called units – can be distinguished. While roughly a loop determines the daily delivery area of a delivery vehicle, a unit determines the presorting of the parcels in the truck. Delivery trucks are still largely based on diesel technology. Electric vehicles can only be used sensibly, if the distance between local depot and the area of the loop is within a certain limited distance.

3 City Logistics

Although there is no uniform definition of the term “city logistics” in the scientific literature, a few areas of focus can be exposed. On the one hand, a wide definition of city logistics given by Taniguchi et al. (2001: p. 2–3) defines city logistics as “the process for totally optimizing the logistics and transport activities by private companies in urban areas while considering the traffic environment, traffic congestion and energy savings within the framework of a market economy”. This definition is not without problems due to the term “totally optimizing” and leaves us with no clear focus of activities. On the other hand, a narrow definition of city logistics only includes the use of urban consolidation centers (UCCs) at the edge of town to consolidate the flow of goods into the city (Jahns & Schüffler 2008: p. 222; Piontek 2009: p. 86–87; Schulte 2009: p. 205). To this narrow definition, the use of telematics and informatics (Zsifkovits 2013: p. 201) and the use of environment-friendly vehicles (Crainic et al. 2009: p. 2) can be added. From this definition, it becomes obvious that the focus of city logistics is on transport management in urban areas.

We define city logistics as the improvement of the supply of urban areas with goods (incl. return logistics), especially by using existing public infrastructure. The term “supply” limits the topic to delivery processes with transport management and the associated storage of goods. The use of existing public infrastructure separates the topic of city logistics from the topic of city planning. The measures of city logistics mainly make use of the following mechanisms (Deckert 2015: p. 34–35; Deckert 2017: p. 63–64; see fig. 1):

- **Consolidation of transports and matching of the flows of goods:** Typical measures are the freight consolidation in urban consolidation centers (UCCs) at the edge of town and the use of intelligent transport systems (ITS) to optimize transport routes, and to track and trace deliveries.
- **Separation in Space and Time:** Measures for separation in space include separate transport lanes as well as air or underground transport. Deliveries

outside of the rush hour (e.g. nighttime deliveries) and PUDO (pickup and drop-off) solutions are examples of measures for separation in time.

- **Use of Environment-friendly Means of Transport:** Typical measures include the application of environment-friendly delivery vehicles such as electric vehicles or the use of existing passenger infrastructure for freight transport, e.g. subway or tram.

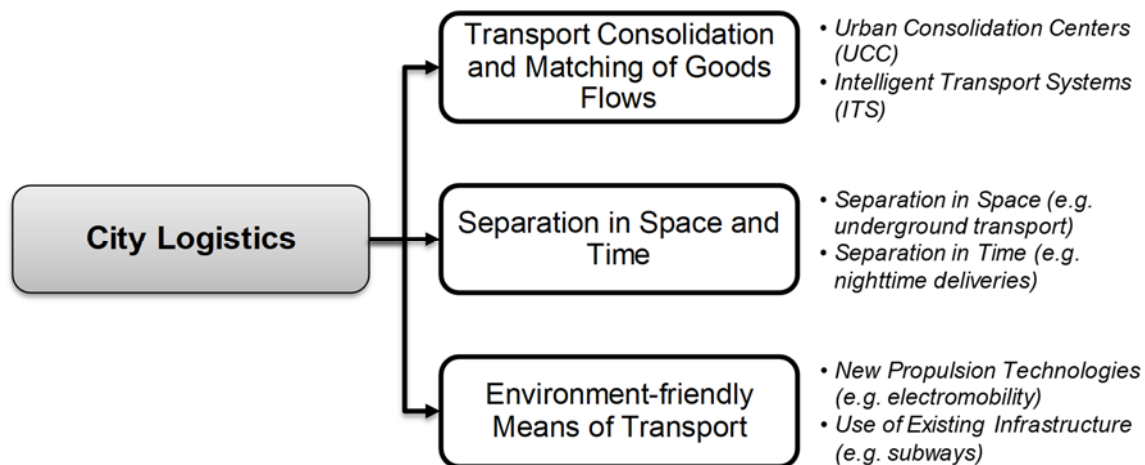


Figure 1: Mechanisms of city logistics (Deckert 2017: p. 64)

According to Crainic et al. (2009: p.1) the main target of city logistics is the reduction of the “nuisances associated to freight transportation in urban areas while supporting their economic and social development”. In more detail, the targets of city logistics can be divided into the relief of the strain on the transport infrastructure to reduce traffic congestion and accidents and the reduction of noise and emissions such as greenhouse gases and exhaust fumes.

The measures of city logistics have different impacts on the targets (see fig. 2). The consolidation of freight leads to fewer transports and, thus, fewer delivery vehicles in the city. This reduces emissions and traffic congestion, but noise level per vehicle remains unchanged. By contrast, environment-friendly means of transport reduce the emissions per vehicle. Propulsion technologies such as electric engines also reduce the noise level. If smaller vehicles are used, e.g. cargo bikes, there is also a positive effect on traffic congestion. Separation in space and time mainly address traffic congestion and accidents, as transports do not compete with passenger traffic anymore. Since the separation in space often requires new means of transport such as drones or electric underground caps, it may also positively affect the other targets of city logistics.

Targets Measures	Greenhouse Gas Emissions	Local Exhaust Emissions	Noise	Traffic Jams and Accidents
Consolidation	X	X		X
Separation (Space)	(X)	(X)	(X)	X
Separation (Time)				X
Means of Transport	X	X	X	(X)

Figure 2: Measures and targets of city logistics

4 The Concept of Micro Depots

A micro depot is an interim storage in the city, which can be either stationary or mobile. Usually it is realized as a container temporarily positioned near the center of gravity of the respective delivery area. Technically, the micro depot divides the last mile of transport into two steps: a second-last mile and a very last mile (see fig. 3). On the second-last mile, the container filled with parcels is transported by truck from the depot of the CEP service provider to the location of the micro depot and – in case of a stationary depot – parked there for the duration of the delivery process. On the very last mile, the individual parcels are taken from the micro depot and delivered to the final recipients e.g. by cargo bike. In case of a mobile micro depot, the container is moved after every loop to meet the cargo bike and refill it.

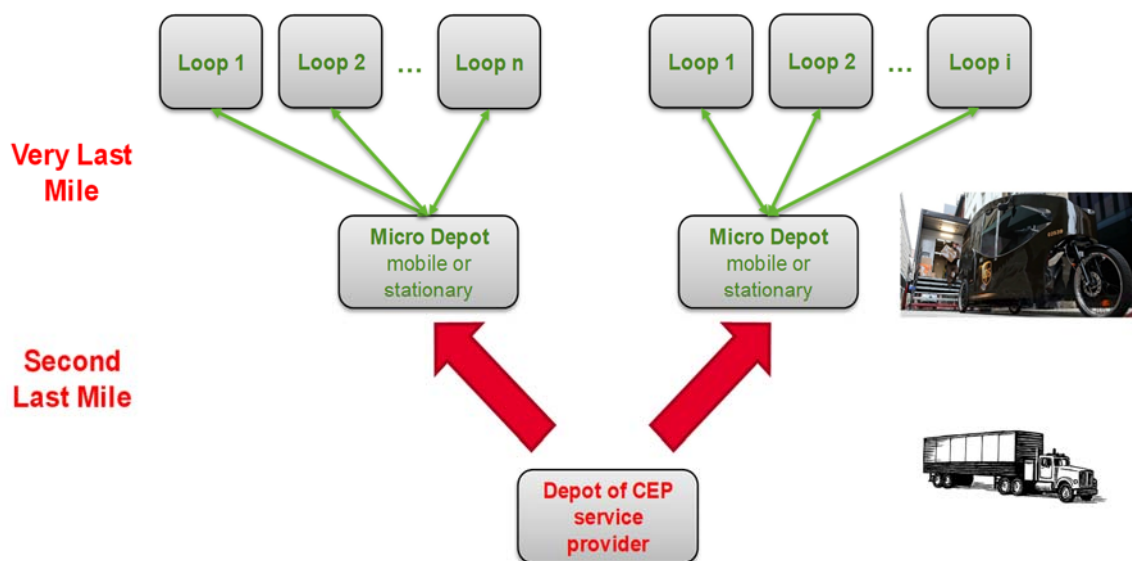


Figure 3: Concept of micro depots

From a logistical perspective, the micro depot is a combination of two mechanisms of city logistics: consolidation of transport volumes and use of environment-friendly means of transport. On the second-last mile, the volumes are bundled for a full truckload delivery to the micro depot. The delivery on the very last mile can then be performed with the use of environment-friendly means of transport (cargo bikes, electric cargo bikes or walkers).

The suitability of different propulsion technologies for transport depends on the length of the transport route and the transport volume. Currently electric vehicles are suitable only for local transport. For longer routes, other propulsion technologies are better suited, e.g. electric engine with range extender or classical combustion engine (Kampker et al. 2015: p. 298–299). E-cargo bikes have a lower range and a significantly lower transport volume than delivery trucks. For this reason, micro depots are particularly suited for the use of e-bikes, as a survey of the German association for CEP service providers has found out (BIEK 2017: p. 63–64).

By combining the two mechanisms of consolidation and means of transport the concept of micro depots is expected to simultaneously relieve urban infrastructure and reduce emission (see fig. 2). Electric bikes have no local emissions, neither greenhouse nor – more importantly for the air quality in cities – exhaust emissions such as nitric oxides or particulate matter. The only local emissions come from the truck to position the container. Furthermore, electric bikes generate less noise than trucks and do not block streets as much as delivery trucks do.

5 Micro Depots at UPS

The concept of micro depots in addition with bike deliveries has been practiced by UPS since 2012. At first, the concept was introduced in a project in Hamburg. As of now, it has become an elementary means of transport in several cities in Germany (see fig.4).

UPS, founded 1907 in Seattle, Washington as *The Messenger Company*, has more than 110 years of experience in logistics and transportation, and operates worldwide in more than 220 countries or territories today. Its history is one of embracing change. Especially whenever new technologies arose or external and internal challenges came up, the company adjusted so that today it is a technology-driven company. The use of technology is a core element to operate its global logistics network, to handle more than 20 million packages an average day, with a fleet of 119,000 UPS vehicles, including approximately 9,300 alternative fuel and advanced technology vehicles – the so-called rolling laboratory. UPS invests \$1 billion annually in technology to enhance efficiency and improve customer service. One example is the proprietary UPS tool ORION (On-road Integrated Optimization and Navi-

gation). The advanced algorithms create optimal routes for delivery drivers from the data supplied by customers. Drivers and the vehicles can alter the routes immediately e.g. in case a road is blocked or a customer requires a different service. The Network Planning Tool (NPT) mentioned above, based on real-time data, optimizes the flow of packages in the UPS network from loading docks to sorting to the final destination.

City	Start	Micro depots	E-bike	Conventional bike	Walker	EV
Hamburg	2012 (Extension 2016)	5	●	●	●	●
Offenbach	2016	1	●			
Herne	2016	1		●		●
Oldenburg	2016			●		
Munich	2017	4	●	●	●	
Frankfurt	2017	1	●	●		●
Stuttgart	2017	1			●	●
Düsseldorf	Since 2012					●




Figure 4: Micro depots at UPS (excerpt)

The company started its deliveries with bikes a century ago and today in some cities this mode of transport is revived. Nowadays, the use of state-of-the-art technology combined with the concept of micro depots and bike deliveries leads to completely new opportunities for sustainable parcel delivery.

The concept of micro depots and the search for alternative means of transport in general has to be seen under the umbrella of Corporate Social Responsibility (CSR). In general, CSR is divided into three areas: economy, ecology, and social (Elkington 1999). CSR has been practiced by UPS at least since 1951 and had its strength in the social component, when James E. Casey founded the UPS Foundation. Meanwhile, the ecological component has become equally important within the sustainability strategy.

The ecological strategy of UPS is based on three pillars: avoid, reduce, and compensate (Stodick 2015). If possible, the company tries to avoid negative ecological impacts on the environment. The most ecological mile is the one which was not driven by a conventional UPS truck. Since this is not always feasible, the driven miles should be kept as low as possible. Therefore, the mentioned tools (ORION, NPT) to plan the most efficient routes come into action. Another way to reduce emissions is to use alternative means of transport such as electric or hybrid vehicles

or in certain areas conventional or e-supported bikes including micro depots. So far in many cases and because of a lack of availability of alternative means of transport, companies have to rely on conventional diesel trucks. One way to compensate CO₂ emissions is to take part in reforestation or other similar programs to compensate emissions (UPS 2017).

As a result, the concept of micro depots including bikes or walkers has a strong impact on the sustainability strategy (= avoidance). UPS operates this concept in several cities in Germany and has established a network of micro depots which vary in size and form (stationary/mobile). However, the largest bike operations with the most positive and measurable impact are based in Munich (20 bikes, four micro depots) and Hamburg (13 bikes, four walkers, five micro depots).

5.1 Micro Depots in Hamburg

Based on an initiative of the city of Hamburg, UPS started with a mobile micro depot pilot in 2012. This was after several discussions with the administration, and other stakeholders, especially the commercial initiative Hamburg Business Improvement District (BID), which represents the businesses in the inner city. The aim was to reduce traffic and emissions, respectively. UPS developed this micro depot solution with bikes, presented it to the city and was asked to implement it. It started with one depot, and four UPSers who used two e-bikes, a conventional bike and a handcart. With this, UPS was able to replace up to two conventional package cars of their class (7.49t trucks/28m³). Soon it became obvious, that the setting was scalable and the project became a concept. Already in 2015, the company extended the idea in agreement with the city and has now five micro depots in place replacing up to nine conventional package cars. Now 15 helpers using seven e-bikes, four conventional bikes and four handcarts deliver parcels in Hamburg. In addition to this, UPS operates an electric truck fleet (7.49t) – 21 trucks in total – and delivers to the rest of the inner city, which is not served by the micro depot system, with 13 converted e-trucks. The only diesel truck still in use is the one which brings the mobile depots into the city.

In terms of emission, UPS was able to reduce the driven kilometers and therefore the usage of diesel fuel. In 2016, the micro depot solution saved about 78,000 km over the year which means 14,000 l/diesel fuel and avoided 37t CO₂ emissions. The e-vehicles drove 111,192 km in the same period and saved 20,015 l/diesel fuel which reduced the emissions by another 52.84 t CO₂ (UPS calculations). The engagement of UPS was awarded in 2016 with the Hanse Globe for its concept and its scalability.

5.2 Micro Depots in Munich

UPS is partner of the City2Share project in Munich which is funded by the German ministry of environment. Based on the experience UPS gathered in Hamburg, the company was asked to take part in this project which started in 2016. After some calculations and finding appropriate spaces for mobile depots, UPS launched its part of the project with three e-bikes, three conventional bikes and two mobile depots. Within 14 months this kind of operation was extended to 20 bikes and four micro depots.

In comparison to Hamburg, the delivery structure in these areas varies a little bit. In Munich, we have a mixture of residential area and business area with small to medium sized enterprises. In Hamburg, the largest amount of deliveries is so called Business to Business (B2B) volume. The Munich approach of City2Share includes different stakeholders. The residential situation affects the policy-making structure, and the affected residents are involved in the processes. Another difference between these two city concepts is the use of e-vehicles (7.49t). Because of the narrow streets and due to the high contamination of the air, it makes much more sense to reduce car traffic and implement bikes instead of an exchange of diesel to e-vehicles. It is the goal to reduce traffic in general and micro-congestion situations specifically. Because of the fact that UPS in this case operates in a residential area, the company decided to design its containers together with a design school to adapt it better to the residential environment. Through the switch to micro depots and bikes, UPS saved approximately 30,000 l diesel fuel within 12 months and reduced emissions by approximately 120t CO₂. The approval rate for the UPS approach from this stakeholder group is close to 100 %.

6 Conclusion

Micro depots are a viable sustainable solution for the parcel delivery of urban areas leading to a reduction of local exhaust emissions and greenhouse gas emissions as well as a relief of the local traffic situation. The measured results show that a significant amount of greenhouse gas emissions can be saved in comparison to delivery trucks based on diesel engines. In a pilot project of micro depots in Nuremberg, Bogdanski and colleagues calculated a relative annual reduction of greenhouse gas emissions of 23 % and an annual reduction of particulate matter and nitric oxide by 25 % (Bogdanski, Bayer & Seidenkranz 2018: p. 101–123). Reductions, however, may vary due to the specific circumstances of the delivery situation (e.g. size of area, density of deliveries), the delivery vehicles used (e.g. e-bikes or conventional bikes) and the location of the micro depot (e.g. more or less close to the center of gravity of the area).

As the examples show, the concept is particularly suitable for densely populated areas. It is a concept for downtown rather than for suburbia. This finding is in line with the findings of the sustainability survey of BIEK, the German association of CEP service providers (BIEK 2017: p. 65–66). The insight leads to the conclusion that for some urban areas a combination of different solutions is required, e.g. micro depots and e-cargo bikes for the inner city and electric vehicles for the outer city, as shown in the example of Hamburg.

The main disadvantage of the concept is the temporary storage of containers in the city. Containers take up valuable space that could be used for other activities, e.g. parking of passenger cars. Furthermore, a container can disturb the visual appearance of the cityscape. This means that city officials and citizens of the city need to be involved in the decision process. It also means that the container needs to be either located at a spot where it is hidden from view or integrated into the cityscape to ensure the acceptance of the solution, as the example of Munich shows.

A challenge is the accurate measurement of achieved effects. The reduction of greenhouse gas emissions can be calculated by using the DIN EN 16258, and the reduction of exhaust emissions can be estimated by using default figures. It is harder, however, to determine the reduction of noise or strain on infrastructure. Furthermore, a better comparison of different delivery situations – e.g. in areas of high/low density of population – is needed to establish more accurately where micro depots are a viable solution and where other solutions might achieve better results.

Further optimization of the process can be achieved by switching from stationary to mobile micro depots. To establish the size of the effect, the use of mobile micro depots should be carefully analyzed and compared to the use of stationary micro depots. The interface between micro depot and delivery provides further opportunities for optimization. The presorting of parcels can reduce the time to refill the delivery vehicle at the micro depot. For this, it is necessary to develop suitable e-bikes, boxes for the presorting process and devices to load the boxes. With these further research and optimization activities, the concept of micro depots should find its way into the standard toolbox of the logistics expert.

7 Reference List

- BIEK = Bundesverband Paket & Express Logistik (2018): „KEP Studie 2018 – Analyse des Marktes in Deutschland“. Retrieved 22/09/2018 from http://biek.de/index.php/studien.html?file=tl_files/biek/downloads/papiere/BI EK_KEP-Studie_2018.pdf.
- BIEK = Bundesverband Paket & Express Logistik (2017): „BIEK-Nachhaltigkeitsstudie 2017 – Bewertung der Chancen für die nachhaltige

- Stadtlogistik“. Retrieved 24/08/2017 from http://www.biek.de/index.php/pressemitteilung_detailansicht/items/nachhaltigkeitsstudie-2017.html?file=tl_files/biek/pressemitteilungen/2017/PM_BIEK-Nachhaltigkeitsstudie_2017.pdf.
- Bodganski, R., Bayer, M., & Seidenkranz, M. (2018): „Pilotprojekt zur Nachhaltigen Stadtlogistik durch KEP-Dienste mit dem Mikro-Depot-Konzept auf dem Gebiet der Stadt Nürnberg“. Retrieved 12/11/2018 from http://www.c-na.de/media/Logistikinitiative%20Bayern/News/Abschlussbericht_Mikrodepotkonzept_N%C3%BCrnberg_Freigabe_final.pdf.
- BVL = Bundesvereinigung Logistik (2014): „Grünbuch Nachhaltige Logistik in urbanen Räumen“. Wien: BVL.
- Crainic, T. G., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2009): “Models for evaluating and planning city logistics systems”. *Transportation Science*, 43(4), 432–454.
- Daniels, P., Bradshaw, M., Shaw, D., & Sidaway, J. (2012): “An introduction to human geography” (4th ed.). Harlow: Pearson.
- Deckert, C. (2017): “Sustainable Logistics: A Framework for Green Logistics and City Logistics”. In: H: Lu, R. Schmidpeter, N. Capaldi, L. Zu (eds.). *Building New Bridges between Business and Society*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 53–70.
- Deckert, C. (2015): „Nachhaltige Logistik – Verbesserte Ressourcennutzung und Umweltverträglichkeit durch Green Logistics und City Logistik“. In: C. Deckert (Hrsg.) *CSR und Logistik: Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 3–41.
- Deutsche Post DHL (2010): „Delivering Tomorrow – Zukunftstrend Nachhaltige Logistik“. Bonn: Deutsche Post AG.
- Elkington, J. (1999): “Cannibals with forks. Triple bottom line of 21st century business”. North Mankato: Capstone.
- Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U., & Reuber, P. (2011): „Geographie. Physische Geographie und Humangeographie“ (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum.
- Gleißner, H., Femerling, J.C. (2012): „Logistik. Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele“ (2. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- Kampker, A., Deutskens, C., Maue, A., & Hollah, A. (2016): „Elektromobile Logistik am Beispiel StreetScooter“. In: C. Deckert (Hrsg.) *CSR und Logistik: Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 293–308.

- Jahns, C., & Schöffler, C. (2008): „Logistik – Von der Seidenstraße bis heute“. Wiesbaden: Wissensreihe des Siegfried-Vögele-Instituts.
- Piontek, J. (2009): „Bausteine des Logistikmanagements“ (3. Aufl.). Herne: NWB.
- Schulte, C. (2009): „Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain“ (5. Aufl.). München: Vahlen.
- Stodick, K. (2015): „Reduzieren, Vermeiden und Ausgleichen – Nachhaltigkeitsmanagement bei UPS“. In: C. Deckert (Hrsg.) CSR und Logistik: Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 129–148.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T., & van Duin, R. (2001): “City logistics. Network modelling and intelligent transport systems”. Bingley: Emerald.
- UN = United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014): “World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights (ST/ESA/SER.A/352)”. New York: UN.
- UPS = United Parcel Service (2017): “On the leading edge. UPS 2017 Corporate Sustainability Progress Report”. Retrieved 12/11/2018 from https://sustainability.ups.com/media/2017_UPS_CSR.pdf.
- Zsifkovits, H. E. (2013): „Logistik“. Konstanz: UTB.

Options to support urban infrastructure delivery in Pakistan - a survey for the province of Punjab

Jan Werner

Professor of Economics at the Cologne Business School, University of Applied Sciences, Hardefuststraße 1, 50677 Köln and Lead Economist at the Institute of Local Public Finance, Friedrich-Ebert-Straße 79, 63225 Langen, Germany, jan.werner@ilpf.de

1	Introduction	246
2	Local public finance around the World	250
3	Review of Draft Punjab Local Government Act 2019, Version February 2019	253
4	Conclusion	256
5	References	256

Abstract

Pakistan has more than 210 million inhabitants with a population that is increasing by 2 percent per annum. More than 60% of Pakistan's population currently lives in rural areas. However, the rural population is moving towards cities due to diminishing work opportunities in the agricultural sector. For this reason, a further investment in local infrastructure is essential. Moreover, in the last fifteen years, the economy of Pakistan has faced various domestic and external shocks such as the earthquake of 2005, the flood of 2010, the worldwide financial crisis of 2008 and the unsolved energy crisis. One of the richest part of Pakistan is the province of Punjab and in 2018 the minister of local bodies, Mr. Abdul Aleem Khan has announced that government of Punjab is going to introduce new local bodies system. Local body system of Punjab consists of 182 municipal committees, 10 metropolitans and 35 district councils and it is based on the Local Bodies' Act of 2001 and 2013. This paper provides an general overview of the different options of local public finance around the world as well review the draft Punjab local government act 2019 from February 2019.

JEL Classification: H7; G20; R10

Keyword: Infrastructure financing, General regional economics, Taxes and grants, Pakistan

1 Introduction

Pakistan has more than 210 million inhabitants with a population that is increasing by 2 percent per annum. More than 60% of Pakistan's population currently lives in rural areas. However, the rural population is moving towards cities due to diminishing work opportunities in the agricultural sector. For this reason, a further investment in local infrastructure is essential.

Over the last fifteen years, the economy of Pakistan has faced various domestic and external shocks such as the earthquake of 2005, the flood of 2010, the worldwide financial crisis of 2008 and the unsolved energy crisis. The deterioration in the power sector, in particular, is one of the main constraints on growth since power cuts have shaved 2% off the annual GDP growth. The Pakistan economy has grown by 4.5 % in the last five years, while inflation has been overcome and is currently not a danger for the economic performance of Pakistan. Figure 1 below highlights the GDP per capita in US-Dollar in Pakistan and some neighbouring countries, while figure 2 presents the annual inflation rate in Pakistan from 2008 until 2018:

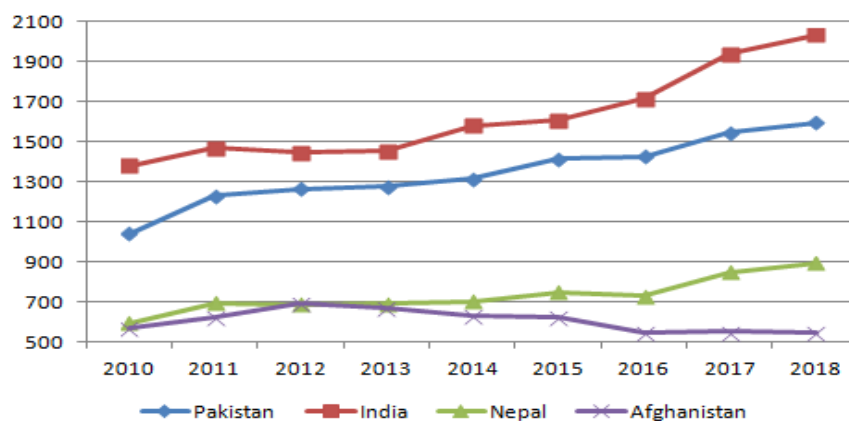


Figure 1: Development of GDP per capita in US-Dollar from 2010 until 2018

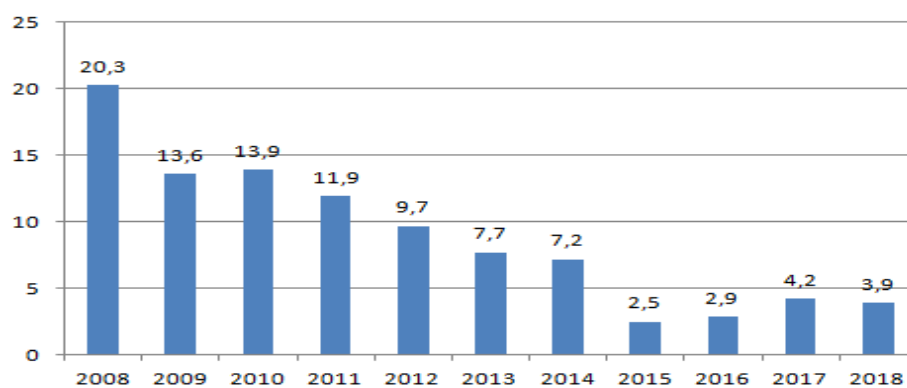


Figure 2: Development of inflation rate in % in Pakistan from 2008 until 2018

Pakistan is a federal country. Besides the central government in the capital Islamabad, the regional level of Pakistan consists of four provinces (Balochistan, Khyber Pakhtunkhwa, Punjab and Sindh) and the Islamabad Capital Territory. Moreover,

Pakistan controls the areas of Azad Jammu and Kashmir (AJK) and Gilgit-Baltistan. These two areas are located on the Pakistan side of the demarcation line ("Line of control") of the divided Kashmir, which is claimed both by Pakistan and India. Both areas are not named explicitly in the constitution of Pakistan, but in 2009 the Pakistan central government signed the "Gilgit-Baltistan Empowerment and Self-Governance Order", which upgraded Gilgit-Baltistan to a semi-provincial status with partial autonomy, while Azad Jammu and Kashmir is still politically and financially dependent on the central government. The local governance system of Pakistan is divided into three tiers: districts, tehsils (sub-districts), and village / union councils. In total, there are approximately 154 districts, 588 tehsils, and several thousand union councils. The taxing powers in Pakistan were centralized in 1956 at the central level in order to achieve the goal of tax harmonization and to lower tax collection costs. The four provinces therefore voluntarily gave up the powers to collect sales taxes in favour of central government and were compensated by a tax sharing system.¹ However, the provincial spending and taxing power were constantly reduced from 1955 until 2010 and the 18th Constitutional Amendment in 2010 was the first sign of a reversal of this trend.² Table 1 below provides an overview of development of the revenue and expenditure share of the central, provincial and local governments of Pakistan from 1955 to 2015.

	1955	1965	1985	1995	2005	2010	2011	2015
Revenue share in %								
Central	70	85	90	90	93	94	93	92
Provincial	25	10	5	5	6	5	6	7
Local	5	5	5	5	1	1	1	1
Expenditure share in %								
Central	60	60	65	67	70	66	67	66
Provincial	35	30	30	29	20	25	28	28
Local	5	10	5	4	10	9	5	6

Table 1: Revenue and expenditure share in % in Pakistan from 1955 until 2015

Source: Werner, 2017

¹ The idea of tax sharing between the central government and the subnational entities is also used in Austria, Bolivia, Germany, Luxemburg and Poland.

² The provincial portion of the shared taxes increased from 45 % in 2009 to 57.5 % in 2015 and the provinces received the taxation right for VAT on services.

The institutional arrangements for intergovernmental transfers from the central government towards the four provinces are mainly organized by the National Finance Commission (NFC). The NFC is constituted under Article 160 of the Constitution of Pakistan and sets out the formula for distribution of revenues amongst the central and four provincial governments of Pakistan.³ The fixed formula (Award) has a duration of five years and if the NFC is unable to agree on a new formula after the five year interval, the existing formula is used transitionally. Currently, the 7th NFC Award of 2009 is operative, because the 8th NFC was constituted on 21st July, 2010, but did not give any Award. The 9th NFC was constituted on April 24, 2015 and its first meeting was held on 28th April, 2015, but again the representatives of the central government and the provinces in the NFC did not agree on a new formula until April 2019.

In the fiscal year of 2014-2015, the 7th NFC Award means that the central tax administration collects the revenues from taxes on income⁴, capital value tax, sales tax on goods⁵, federal excise and customs duties in a common pool.⁶ In order to cover tax collection costs, the central government receives a prior 1% of the divisible pool of taxes. Another one percent of the net proceeds of the divisible pool of taxes is assigned to the provincial Government of Khyber Pakhtunkhwa to meet the expenses of war on terror. The remaining amount is distributed, with 57.5 % going to the four provinces and the remaining 42.5% to the central government.

The allocation criteria for horizontal distribution between the four provinces and the fiscal effect are presented in table 2 below. If the fiscal portion column is compared with the respective portion of the provincial government with regard to the national GDP, it is quite clear that the two provinces Balochistan and Khyber Pakhtunkhwa benefit from the tax sharing systems, while Punjab and Sindh receive relatively less than their individual economic strength.

³ The concept of the National Finance Commission in Pakistan is similar to the regulation in Australia, India, South Africa and Uganda.

⁴ Excluding income from agriculture, which is levied individually by the four provinces.

⁵ Excluding the general sales tax / VAT on services, which is levied individually by the four provinces.

⁶ In addition to the divisible pool of taxes, the four provinces also receive a minor share in the revenues from the royalties on crude oil, natural gas and excise duty on natural gas from the central government as a result of the tax sharing system. The tax sharing ratio is 98% for the central government and only 2 % for the four provinces. The four provincial government possess 100 % of the fiscal revenues from the natural gas development surcharge. These revenues are relatively small, because they only total 5.5% of the provincial share in federal taxes.

Factor	Weight		Province	Fiscal portion	GDP portion	Population portion
Population	82 %		Balochistan	9.7 %	6 %	5%
Poverty or backwardness	10.3 %		KP	16.1 %	12 %	13 %
Revenue collection or generation	5 %		Punjab	47.7 %	54 %	54 %
Inverse population density	2.7 %		Sindh	26.5 %	28 %	25 %
Total	100 %		Total	100 %	100 %	97 % ⁷

Table 2: Horizontal distribution between the four provinces in the fiscal year 2014-2015

Source: Werner, 2017

The taxation autonomy of the four provinces is very limited and provincial revenues consist mainly of:

- (1) VAT on service
- (2) Zakat and Usher
- (3) Agriculture income tax
- (4) Motor vehicle tax
- (5) Stump duty
- (6) Property transfer tax / conveyance duty
- (7) Property tax / urban immovable property tax
- (8) Taxes on entertainment and hotels

The provinces are therefore extremely dependent on vertical grants and tax sharing with central government. However, the provinces and their local governments are responsible for education and health and this explains the huge % gap in the revenue and expenditure share in table 1.

In combination with the low fiscal autonomy of the provinces already presented, provincial expenditure is dependent on federal revenue transfers that leave little room for any fiscal policy freedom. Unfortunately, a low quality of education and health leads to low living standards and their improvement is the key to raising the economic prospects of the provinces in Pakistan. Only well educated people with a sound public service delivery are able and willing to pay the taxes, because both

⁷ The FATA with 2 % and the Islamabad Capital Territory with 1 % is not included in the population portion.

tax morale and the tax ratio in relation to the GDP - only 12.4 % in 2017⁸ - are extremely low in Pakistan.

2 Local public finance around the World

The decentralisation of expenditure and public functions is only “one side of the coin” of fiscal federalism. Just as well it has to be settled how this delegation is financed and how independent the subnational and local authorities are in their provision of public goods and services. A reasonable intergovernmental finance system has to consider the following principles:⁹

- Revenue autonomy, subsidiarity and connectivity (*local accountability*)
- Transparency of the tax system and direct impact of the tax burden (*benefit tax link*)
- Reference to local circumstances and neutrality of the taxes with regards to the private sector
- Tax bases, which are not affected by economic fluctuation and are also viable
- Simplicity of tax system

At first glance, these five principles seem to be trying to “square the circle” and even at second glance, it has to be admitted that no federal or unitary country in the world has implemented a public finance system that fulfils these five principles completely. Various countries have chosen different ways to reach these goals and thus the conception of how to finance subnational and local services differs significantly. The respective advantage and disadvantages of each method can best be assessed in a general comparison.

The Anglo-Saxon countries like Canada, the USA and the United Kingdom provide their local authorities with a very extensive system of property taxation. A local property tax has the advantage that a direct link between benefit and cost of the public goods can be established. This direct link between the preference of the citizens in local public goods and the policy makers, who have to provide the local public goods, cannot be created by grants or transfers.

Besides a local property tax, a group of European countries – namely Switzerland, Belgium, Croatia and the Scandinavian countries – give significant tax autonomy to their local authorities and therefore a local surcharge on the personal income tax is common.

⁸ However, the tax ratio increased from 9.1 % in 2009 to 12.4 % in 2017, see MoF, 2018, page 51.

⁹ For detailed description see for example Spahn, 1995 as well as Werner, 2006.

Furthermore, a third possibility to finance local authorities has been chosen by Austria, Bolivia, Germany and Poland, which developed a local tax system with its own revenues as well as tax-sharing.

The following four figures summaries the different local taxation concept as well as the pros and cons of tax sharing and the local tax structure around the world

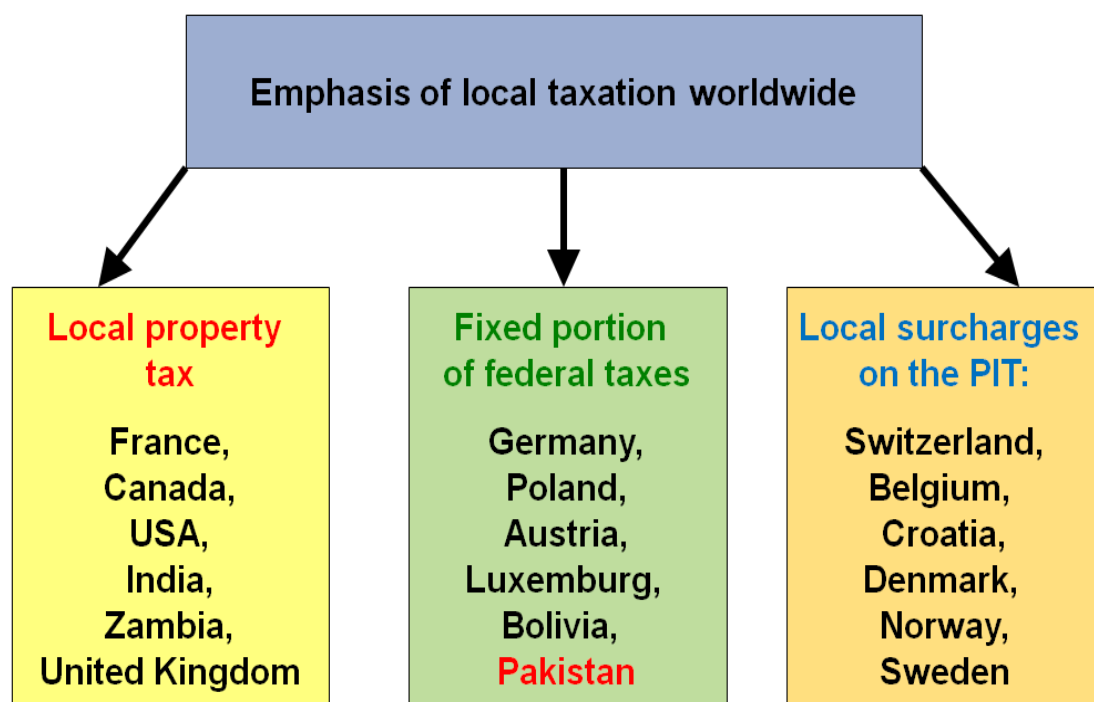


Figure 3: Options for local taxation

	Tax sharing	Own revenues
Pro	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Stable revenues, because the taxes are not strongly affected by economic fluctuation ❖ Common tax for all tiers of government 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ High revenue autonomy and direct link to the local accountability ❖ No political pork barrelling possible
Con	<ul style="list-style-type: none"> ❖ No revenue autonomy and for this reason a low local accountability ❖ lower transparency 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ No stable revenues flow ❖ Administration issue

Figure 4: Pros and cons of tax sharing and own revenues

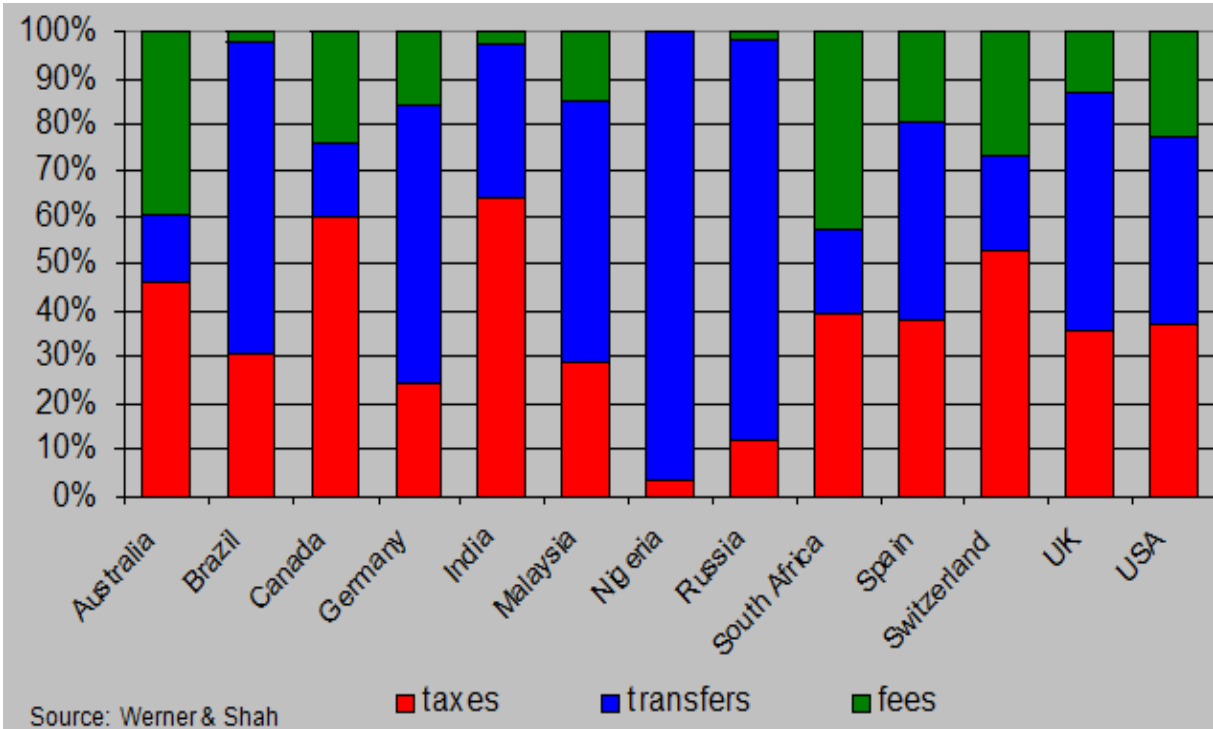


Figure 5: Local public finance structure around the world

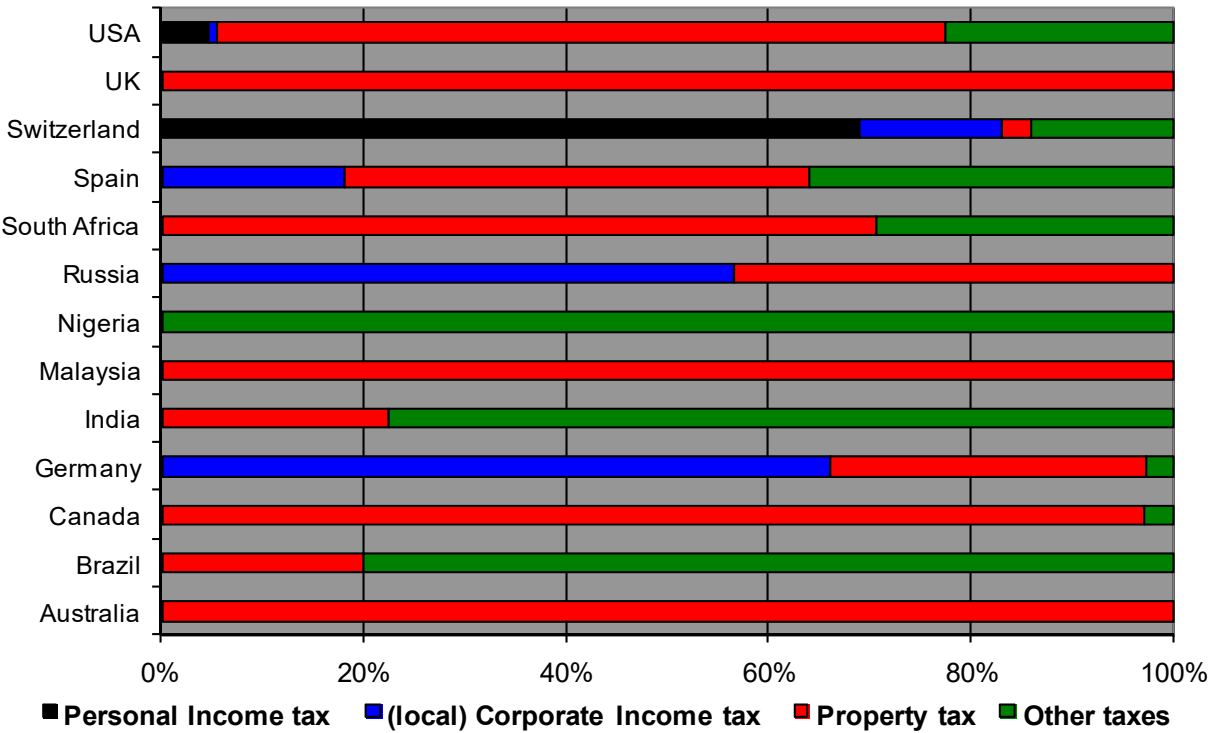


Figure 6: Local tax structure around the world

Nevertheless, vertical grants are also needed in the Anglo-Saxon model and the Scandinavian model and the German model. Grants and transfers avoid external effects and spillovers; for example a local jurisdiction benefits from services of oth-

er local authorities without participating in the cost. This situation often exists in the relationship between a metropolitan city and its suburbs. A reasonable solution of this problem is the FOCJ (*functional, overlapping, and competing jurisdiction*) concept (see Frey / Eichenberger, 1995), but for developing countries the FOCJ concept is not realisable. Moreover, the school communities of the Swiss canton of Zurich and the North American special districts are the only successful examples of the FOCJ concept.

Sometimes a country restricts the local accountability, because it substitutes local taxation for vertical grants. These negative scenarios can be found in the Netherlands, Wales, Ireland and Scotland. In the case that local authorities cannot generate sufficient finances from taxes and grants, municipalities will use charges and fees to fill the financial gap. These developments do not only occur in China (see World Bank, 2002) but also in such a rich country as Norway, where “since 1980 user charges have been the fastest growing revenue component of Norwegian local and county governments” (Borge, 2000, page 703).

3 Review of Draft Punjab Local Government Act 2019, Version February 2019

The **first recommendation** is to delete section # 129, clause 1c and section # 164 completely, because sometimes the respective draft version of the Punjab local government act undermines local accountability.

- ❖ Section # 129, Application of the local fund, clause 1c indicates

“Thirdly, in meeting expenditure declared by the government to be an appropriate charge on local governments”

- ❖ Section # 164, Power of the Finance Commission in case of unfair local taxes etc., indicates

“... The Finance commission requires ... measures to remove this objection.”

The **second recommendation** is that the selection criteria of the members of the local government finance commission could be more well-defined.

- ❖ Section # 178, Establishment of the Local Government Finance commission indicates
 - That the commission consists of 13 members
 - 5 representatives from the provincial level
 - 4 representatives from the local level and
 - 4 local experts
- ❖ Section # 181, Eligibility for appointment of experts and certain other members indicates in clause 1d the requirement that

➤ *“he is not a member of a political party”*

The suggestion is

- (1) to include in Section # 178, Clause 2 an additional sub-clause that says that at least three of the thirteen members have to be female.
- (2) to include in Section # 178, Clause 2 that the respective 4 representatives from the local level will be independently selected by one of the Punjab local government associations, e.g. the Local Councils Association of the Punjab (LCAP).
- (3) to delete Section # 181, Clause 1d completely.

The **third recommendation** to increase transparency for normal people by using the internet as an instrument.

❖ Section # 196, General function of the finance commission, clause 1 f mentions a report on the fiscal performance of local government.

And for this reason define in Section # 196 that this report **and** all relevant data have to be published on the internet.

The **fourth recommendation** for revenue enhancement is pooled financing in the province of Punjab. Besides taxes, fees and vertical transfers, the concept of local borrowing also has a huge effect on delivery of infrastructure. Possible options for the local government borrowing system are:

- (1) Severe restriction and generally no independent local borrowing
 - Ethiopia, China (until 2015) and the current system in Punjab (article 109)
- (2) Pooled municipal government debt in a provincial government agency
 - Canada and India
- (3) A municipal bond system
 - USA, Mexico, Poland, Czech Republic, Slovakia, Hungary and South Africa
- (4) Commercial and private bank
 - France, Belgium (Dexia)
- (5) Public “saving banks”
 - Austria, Germany

Because of the limited capital market in Pakistan, options three and four are not possible and the example of South Africa proves that the municipal bond system is not always a silver bullet.¹⁰

However, instead of unregulated access to the capital market, the province of Punjab should combine the concept of pool financing and its own public bank. Including rural entities in a common pooled financing system is almost certainly cheaper for the urban areas in the province of Punjab in the long run, because if the infrastructure delivery gap between rural and urban entities increases, then rural depopulation will also increase, putting pressure on the infrastructure for the urban authorities. The following box 1 explains the concept of pooled financing in India.

Box 1: Pooled financing like the Tamil Nadu Urban Development Fund in India

The Tamil Nadu Urban Development Fund (TNUDF) was established in 1996 and is mainly financed by the regional government of Tamil Nadu as well as the World Bank.

The fund manager of the TNUDF is Tamil Nadu Urban Infrastructure Financial Services Limited (TNUIFSL). The regional government holds 49 % shares of the TNUIFSL and remaining 51 % shares belongs to three national banks. The daily management responsibility of this fund belongs to the ICICI Bank, which holds with 21 % the biggest share of all three Indian banks.

Eligible Borrowers for the Tamil Nadu Urban Development Fund in India are on the one hand urban local bodies in India and on the other hand any private institutions that creates urban infrastructures in India.

Moreover, the TNUDF uses - besides capacity development also the concept of pooled financing for the infrastructure financing. The idea of pooled financing means that several projects are pooled and lumped together in a bond issuance and this can provide a significantly reducing transaction costs and improving pricing. Especially for smaller and less creditworthy local authorities is this concept reasonable.

Currently, a sum of ₹ 3510.19 crores is available with TNUDF for providing financial assistance for the implementation of urban infrastructure projects.¹¹

¹⁰ The city of Johannesburg is the only one of the eight urban areas in South Africa, which has been able to attract various municipal bonds quite easily since 2004. As a matter of course, the US-American rating agencies always profit from a municipal bond system, because every local government needs an adequate rating for entry into the capital market and such rating is always expected from foreign rating agencies. Moreover, it has to be considered that the "success story" of the US municipal bond market is based on a savings and loan crisis and that municipal bonds are tax exempted.

¹¹ Tamil Nadu Urban Development Fund, 2019, page 2

The lesson to be learned from the Tamil Nadu Urban Development Fund in India for the stakeholders in the province of Khyber Pakhtunkhwa is that the local units should use the idea of polled financing as much as possible to reduce their financing costs. Moreover, the urban areas should not be blinkered as to the financial situation of their surrounding rural entities. To include those rural entities in a common polled financing is in the long run surely cheaper for the urban areas in the province of Khyber Pakhtunkhwa, because if the infrastructure delivery gap between rural and urban entities is increasing, then the rural depopulation will also increase and the urban authorities have pressure on their own infrastructure.

Furthermore, the aspect of capacity development should be not underestimated, as financial institutions like commercial banks or pension funds from abroad expect very qualified dialogue partners.

4 Conclusion

Local public finance and fiscal transfers are a highly technical as well as political issue.

Institutional arrangements can reduce or increase fiscal conflicts and, for this reason, please do not underestimate the selection criteria of the members of the local government finance commission in Punjab

It is important to keep in mind the administration capacity of the provincial MoF as well as the amount of available data in Punjab, if a new equalisation system is to be implemented. For this reason keep it simple and transparent and use the data of the new census from 2017 as an indicator

The suggested concept of pool financing issued by a publicly-owned Bank offers the subnational entities another option for long term investments and fulfils the "Golden rule of fiscal policy". This rule means that the local government - under the supervision of their own public bank - will borrow only to invest for the benefit of future generations and not to fund current spending.

Moreover, even for the best taxation system together with an integer tax administration it is impossible to improve a tax collection rate without any political willpower.

5 References

- Borge, Lars E. (2000): Charging for public services: the case of utilities in Norwegian local governments in *Regional Science and Urban Economics*, Volume 30, Issue 6, page 703–718.
- Frey, Bruno S./ Eichenberger, Reiner (1995): Competition among Jurisdictions: The Idea of FOCJ in Lüder Gerken (ed.), *Competition among Institutions*, London / United Kingdom: Macmillan Press: 209-229.

- Ministry of Finance = MOF (2018): *Pakistan Economic Survey 2017-18.*, Islamabad / Pakistan.
- Spahn, Paul B. (1995): Local Taxation: Principles and Scope in Roy Jayanta (ed.), *Macroeconomic Management and Fiscal Decentralization*, Washington, DC / USA: World Bank: 221-231.
- Tamil Nadu Urban Development Fund (2019): *Report on the activities of Tamil Nadu Urban Development Fund for the Financial Year 2017 – 2018*, Chennai / India.
- Werner, Jan (2006): *Das deutsche Gemeindefinanzsystem: Reformvorschläge im Kontext der unterschiedlichen Einnahmenautonomie der lokalen Gebietskörperschaften in Europa*, Frankfurt am Main, Germany: Peter Lang
- Werner, Jan (2017): Options to support Urban Infrastructure Delivery in Pakistan - a survey for the province Khyber Paktunkhwa in Sucky et al (2017) *Mobility in Globalised World 2016*, Logistik & Supply Chain Management Issue 16, Bamberg, Germany, University of Bamberg Press, page 175-201.

Mobility in IT & Artificial Intelligence

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in IT & Artificial Intelligence

Günter Koch, Humboldt CosmosMultiversity, Tenerife, Canary Islands, Spain

The two panels on IT (chair: Günter Koch) and on Artificial Intelligence (chair: Michael Vogelsang) were run in parallel. Both sessions concentrated on technological and informatics-methodological aspects. The Panel on IT was characterized by a variety of topics, whereas in the complementary Panel on Artificial Intelligence (AI) a first time attempt within the MIGW series was made to localize and specify which of the diverse aspects today defining AI are of special interest to mobility in a globalised world.

The IT track started with a highly informatics-technical discussion if and how Open Source technology is to be used in order to “configure” the control of the automobile of the future. In an impressive survey Robert Höttger concentrates on the central architectural element of a car as controlled by electronics, which is the Electronic Control Unit (ECU) made up by sophisticated software assembly interconnected via a heterogeneous network that consists of a huge amount of sensors, actuators, processing units, interfaces, gateways and more. However, the author does not just only concentrate on this technological core piece of a future autonomous and – at the same time – interconnected vehicle, he also embeds this unit in a wider ecosystem, which follows the standards as set on software level by “Eclipse Kuxa Platforms” being his choice for implementation. (Eclipse offering a mature software development and integration environment is well known and applied since long i.e. stable and trustworthy). The paper gives an impression of the complexity of the overall software system configured through different platforms used for offering to be “populated” with software from different origins, i.e. for configurations with open source software. Such complexity naturally leads into a sophisticated discussion how heterogeneous systems need to be designed when choosing “standards from the shelf” as offered for the integration of open software (and, in combination, also with hardware interface) components.

A special subject neighbored to the article on open software is addressed by the team of Henrik Detjen, Maurizio Salini and Martin Wozniak. Their focus is to study head-up display designs as an integral part of a manoeuvre-based vehicle control systems assisting the driver of an automobile of the pre-autonomous generation. The thrill in their research work is that they aim to find out what the best user interface (UI) is for a driver, i.e. human perception of the driving scenario plays an important role. Different visualization sketches for regulating the typical driving parameters as are speed, distance to next car and lane position are studied. Their conclusion is that two user interface design approaches, namely static versus adaptive need to be foreseen. Given that there is enough space for a head-up display (HUD), they recommend to offer two types of user interfaces, depending on two separate phases of driver experience: In the

learner-phase, the “Static UI” version is the likely better choice, whereas in the following expert phase the driver may change to a “Dynamic UI with fixed layout” assuming that the driver has enough own intuitive knowledge to make judgements on the traffic situation around him/her.

A topic addressing orientation in three dimensional navigation, namely in sea / water based ship transport is the subject of the article of Gert Büttgenbach. As a former captain of commercial ships, in his second life phase as a computer expert and entrepreneur becoming a designer of sea navigation software based on electronic maps, his concern is how maps having been so far authorized through public institutes and/or regulations from public authorities can be made more precise and updated in time as is needed today. Facing ever growing dimensions of ships, especially “container giants” and thereby the value of these and in consequence the need for both precise steering and preciseness of information on the environment, i.e. the “water routes” as given by sea maps, he identifies the conflict between regulative information provision and the interest of the shipping company to have much better and up-to-date navigation data at hand. The article ends in offering a business model how to overcome this conflict by de-regulating and opening the generation of up-to-date sea maps by combining several concepts:

- To open electronic map design for private providers,
- Establish a rating mechanism for finding the current best map and associated data,
- For such purpose offer a blockchain infrastructure,
- Establish cooperation with insurance companies,
- Implement a so called bathymetric database permanently updated with data on shallow waters. Input providers feeding the database using the blockchain channel will be awarded with cryptocurrency compensation.

The beauty of this paper is that it not only describes the technical challenges of sea navigation it also provides ideas on business-conceptional solutions for hard economic problem in sea transport.

The last paper of the IT Panel was devoted to the question, if robots can replace or at least support nursing services in care. The authors, Ivonne and Wilfried Hoenekamp, concentrate on the question, if such “artificial bodies” would be accepted by persons targetted at.

The paper starts in giving an introduction on the state of the art, first hand giving a report on experience already made in different places and with different types of robots, first hand in Japan, known as a pioneer country in applying robots in care.

The objective of the research work of the authors, however, was to investigate the acceptance of care robots in their cultural environment which is in Germany and more specific in a hospital in Hamburg. In order to perform their empirical research, they worked out two hypotheses:

1. (H1) There is little or no acceptance of the use of care robots in the hospital by the residents of a residential community aged 60 or above.
2. (H2) The acceptance of care robots in the hospital by the residents of a residential community aged 60 years and above is different for different uses or activities that the care robot performs.

To investigate on these two hypotheses a questionnaire was developed and applied to a community of 120 appropriate persons living in a condominium, from whom 99 responses were eligible for evaluation.

The questionnaire used was compiled by the authors based on a so called Technology Usage Inventory (TUI) which itself is founded on an Technology Acceptance Model (TAM). The quality criteria for the TUI were calculated after a previous study and rated as good, gender- and age-specific reference values available. Reliability was assessed by internal consistency and validity by factor analysis.

The responses given in verifying hypothesis H2 reflect a negative attitude towards care robots at 53 %, accordingly 47 % of the respondents accept care robots in hospitals. The hypothesis H1 thereby has also been verified, as the value is less than 50 %. These results, however, are much less clear than was expected when the project started. The conclusion of the authors is, that much more work has to be invested, e.g. in explaining the function and scope of easing nursing through robots and on different types and tasks of robot in care. I.e. the research on acceptance looks to be in its early phase and needs further investigations.

The main objective of the Panel on “Artificial Intelligence” (AI) was to gain an insight about applications of AI technologies in mobility. In his introduction the chairman of the session, Michael Vogelsang, emphasized the multi-purpose use of the term Artificial Intelligence.

Having this in mind, the team of Richard Meyes, Hasan Tercan and Tobias Meisen presented three impressive use cases to show the efficiency of machine learning algorithms in the automotive production processes.

In the first case a combination of classifier and regression LSTM models were used to forecast the sensory signals to predict the occurrence of process failures.

In the second case different prediction models such as Artificial Neural Networks (ANN), a Bayesian polynomial regression, a random forest and gradient boosted regression tree were compared to find the best AI based control of the forming process

of windshields. The best performing model, a neural network that consists of one hidden layer with 50 neurons, obtains a R^2 -Score of 0.932. Thus, the authors conclude that the prediction of (future) geometry deviations of windshields based on the process data is possible and a machine learning algorithm is able to complement the manual quality control at the end of the production line.

The third case explored the idea to replace hardware sensors in prototype vehicles by soft sensors in series production vehicles. The extreme gradient boosting algorithm was used to reconstruct an external signal from 79 internal control units. The authors showed that the overall trend and most of the different frequency components of the original signal can be reconstructed reliably, although some minor features are not properly fit by the learning model.

The authors summarize that trust in the benefits of the new technologies rather than fear should prevail.

Changing the perspective from production to logistics the authors Can Sentürk and Hans-Günter Lindner studied how parcel logistics can be planned by applying neural networks, so that tour plans are calculated after criteria of fairness for the drivers. In essence they evaluate a system called eBrahim which is an Artificial neural network with deep learning characteristics for building clusters of logic and geographic segments forming the basis for tour plans (in the concrete case for Luxembourg). The system supports the planning of parcel delivery by calculating the necessary effort per parcel as well as the number of delivery stops.

The objective is to find an optimal dispatch per day, under the conditions of fairness. Three issues fairness are identified by a Fuzzy Cognitive Map:

- "The more distance you drive, the fewer stops you can achieve."
- "The more stops you have, the shorter the distance you can drive."
- "The more time you have on the road, the more distance and/or more stops you can perform."

In practice, the authors used an artificial neural network (ANN) with the three layers. The dataset for training this ANN required the geo position of the stop (delivery point), the time between that single stops, and the information if the delivery was successful or not.

The question to be solved in this approach was, if the eBrahim system should be made by one ANN for all regions or by a cluster of several ANNs. In the latter case, the cluster times need to be aggregated. After some test runs, the authors found out that a cluster of ANNs needs less records for calculating valid and accurate results. In the end it was decided that eBrahim for a given region (which is Luxembourg) works well with 405 ANNs that each represent one cluster.

In summary, both panels explored the most recent developments of IT and AI in the context of mobility. Finding AI based solutions means experimenting with available tools finding the best fit between input and output data. In a way the classical IT problem solving as presented in the case of Open Source configuration and AI problem solutions are similar: In both cases the method is to find the best or at least the optimal fit between a specified challenge and the pieces or methods to create a solution.

Artificial Intelligence: a multi-purpose term

Michael Vogelsang

Professor for Economics at the University of Applied Sciences Ruhr-West, Duisburger
Str. 100, 45479 Mülheim a. d. R., Germany, michael.vogelsang@hs-ruhrwest.de

1	Interdisciplinary perspective of AI	268
2	Survey results: Economic Consequences of AI.....	269
3	Summary	272
4	References.....	273

Abstract:

Artificial Intelligence (AI) is used as a multi-purpose term. Survey data shows that expectations on the economic consequences of AI are less consistent than they might be. Therefore economic policy should focus on specific categories of AI rather than AI in general.

JEL Classification: L86, M21

Keywords: Artificial Intelligence, survey

1 Interdisciplinary perspective of AI

The use of the term Artificial Intelligence (AI) follows an evolving concept, which adapts to the technological frontier: Leonardo da Vinci designed a humanoid "robot" around 1495 that looks like a medieval knight (Nilsson, 2010, p.1). The mathematical and computational work for AI started in the 1950s. A chess computer defeated world champion Garry Kasparov in 1996. But this outstanding artificial intelligence is outdated twenty years later. Nilsson presents a detailed overview on the historical development (Nilsson, 2010).

Most recently, Artificial Intelligence is used as a multi-purpose term, e.g. describing

- Problem solving, for example search and planning processes
- Data analytics and pattern recognition, also of unstructured data
- Machine learning
- Predictions

in the fields of

- Production technology
- Mobility (e.g. autonomous driving)
- Security (e.g. video tracking) and military applications
- Private services (e.g. health, translations)
- Business administration (e.g. controlling, trade)

and many more. The scope of research ranges from specific and local applications, e.g. in a cleaning robot at home, up to broader and fully connected systems to attain AGI (artificial general intelligence) or HLMI (human level machine intelligence). Also the mathematical methods behind are changing, depending on calculating power and software development. Neural networks are only one of the many methods that can be applied in an AI context (for an overview see a standard textbook such as Russell and Norvig, 2016). In this volume Meisen, Meyes and Tercan compare four different machine learning models to predict the geometry deviation of windshields in automobile production (Meisen et al, 2019).

At the same time, physicists and philosophers point out the long-term consequences as decisions are delegated from humans to artificial intelligence systems that begin to tackle human domains of emotional intelligence and creativity.

Taking into account the most recent developments Artificial Intelligence is now being intensively discussed in the field of politics regarding:

- Ethical standards
- Data security and protection
- Industrial policy (e.g. AI initiatives)

- Distribution of income
- Education

The approaches are manifold, as a comparison of national AI strategies shows (see Groth et al., 2018) and to gain an idea of the long-term economic consequences of AI for industrial production a survey was carried out.

2 Survey results: Economic Consequences of AI

2.1 Database

During Automatica 2018, which took place in Munich in June 2018 and announces itself as "the leading exhibition for smart automation and robotics" (see <https://automatica-munich.com>), students from the University of Applied Sciences Ruhr West, Mülheim a. d. R., Germany, interviewed 49 visitors and exhibitors about their assessment of Artificial Intelligence. The questionnaire had 14 questions, most of them with ordinal options given. Four student teams asked for expert interviews in different halls of Automatica. The interviewees were selected randomly, i.e. by chance. After sorting out incomplete questionnaires, answers from 36 participants were used for the analysis.

2.2 Mean assessments

The analysis reveals unanimous and not unanimous assessments. Defining that an assessment is unanimous when the answer with the second largest frequency is next to the answer with the maximum frequency on the ordinal scale. Otherwise the assessment is said to be not unanimous.

The following barplot shows the distribution of observations related to the question whether AI leads to an increase of unemployment globally in the next five years. The distribution is symmetric and bimodal. Roughly 40% of the participants are optimistic and 40% are pessimistic about the total labor market effects of artificial intelligence. Therefore the assessment is not unanimous according to the definition mentioned above.

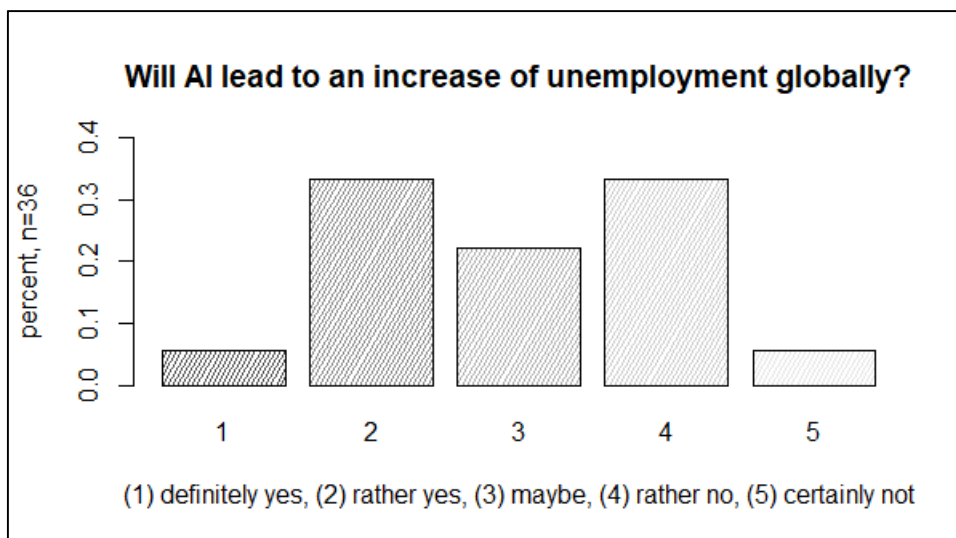


Figure 1: Survey result: AI and unemployment

Using this simple definition, the following assessments show an unanimous pattern:

- The majority of participants (58%) believes that self-learning and automatically optimizing machines will be an industry standard in 2023.
- 67% of the participants believe that AI will lead to a strong or medium individualization of products in the next five years.
- 72% expect that there will be higher average wages in industry.

Not unanimous assessments result here:

- A majority (62%) expects decreasing unit costs in production, but a minority (23%) predicts a slight or medium-sized increase of unit costs.
- Roughly half of the participants (53%) expects an increase in concentration in industrial production (fewer manufactures), but a minority (34%) believes that competition will become stronger in the next five years.
- Also half of the participants (53%) guess that only a few countries will benefit. A minority predicts that all countries will benefit.
- 40% of the participants believe that unemployment will increase, and another 40% expect a decrease (see barplot above).

A comparison of the unanimous and not unanimous assessments leads to the presumption that effects on a macroeconomic level are much more difficult to predict than changes in production technology.

2.3 Correlations

A consistent answering behavior should result in high correlation coefficients regarding the items which are economically interdependent. Overall, the coefficients of cor-

relation are small. The absolute numbers are in a range between 0 and 0.33, using both, the methods of Kendall and Spearman.

An example: 39% of the participants believe that AI will lead to a strongly or modestly higher concentration of good producers. But, only half of the 39% expect that there will be also a strong or modest effect on country level, i.e. a few countries benefiting more than others do. The coefficient of correlation between the two items amounts to -0.19. The participants on average have no consistent view on the consequences of AI regarding competition and country specific advantages.

The following picture provide a visual interpretation of a combination of two items which indicates that there might be a weak consistence with at least two items: The left bar represents the participants which expect a strong or modest individualization of products in the next five years. The right bar reflects the number of participants which believe in a strong or modest standardization of products. The upper bar shows how many participants expect higher unemployment (definitely or rather yes) and the lower bar represents the expectation that unemployment will not increase due to AI (rather or certainly not). The cell in the lower left corner represents the optimistic participants who expect more individualization and no increase in unemployment. This cell (only) accounts for 25% of the total plot, e.g. of the participants. The effect would even vanish if the answering options were not merged and the mosaic plot

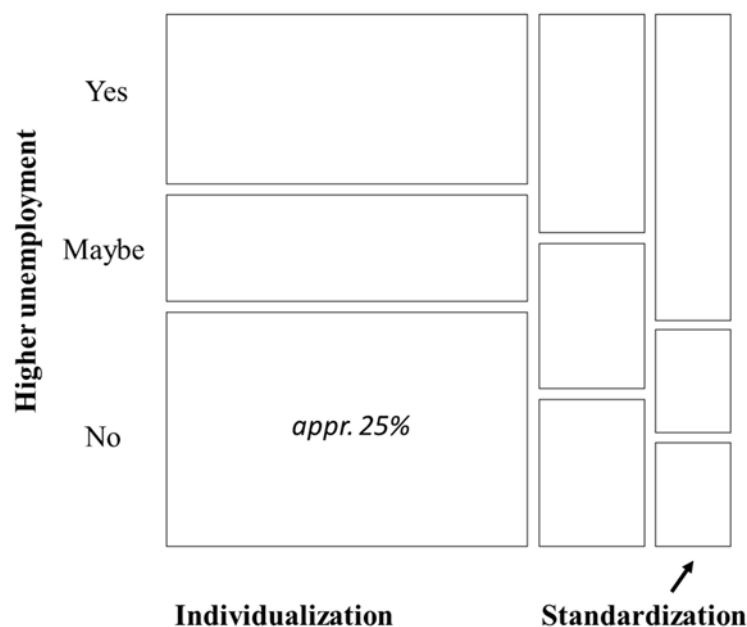


Figure 2: Mosaicplot: Individualization of products vs unemployment

built up on the original scale with 7 options. Kendall's coefficient of correlation amounts to -0.18 then. This also shows the shortcomings of the analysis because the level of aggregation influences the results.

2.4 Time line predictions

The participants were also asked, whether AI at some point will be able to manage and to lead companies by their own more successful than human managers. The majority (77%) believes that this never will be the case. The others participants were asked to predict when this point will be reached. The estimations vary between 5 and 100 years. Due to the low total number of participants this result should not be interpreted further, but it confirms the results of time line studies that there is a large variability in the predictions (see Armstrong and Sotala (2015); Müller and Bostrom (2016); Grace et al. (2018); an overview is also presented by the webpage <https://aiimpacts.org>¹).

2.5 Interpretation

AI creates predictions, but is not predictable itself. On average, assessments about the economic consequences of AI are not unanimous and not consistent. This may be caused by the multi-purpose use of the term AI, a not specific enough questionnaire, or the general problem of too many different drivers influencing the real economic development.

Also political recommendations may depend on one's individual definition of AI, perspective and experience. If this is true, economic policy has to focus on specific categories of AI rather than on AI in general.

3 Summary

This short paper provides an overview on the multi-purpose use of the term Artificial Intelligence and presents empirical results of a survey conducted during the Automatica 2018. It concludes that the multi-purpose use of the term is one reason for the not unanimous assessment of the economic consequences of AI on average. If this is true, economic policy has to focus on specific categories of AI rather than on AI in general.

¹ <https://aiimpacts.org/category/ai-timelines/predictions-of-human-level-ai-timelines/ai-timeline-surveys>, last access: February 2019

4 References

- Armstrong, St.; Sotala, K. (2015): How We're Predicting AI – or Failing to. In: Romportl, J.; Zackova, E.; Kelemen, J.: *Beyond Artificial Intelligence - The Disappearing Human-Machine Divide*. Springer, Berlin. pp. 11-29.
- Grace, K.; Salvatier, J.; Dafoe, A.; Zhang, B.; Evans, O. (2018): When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts. Working Paper. Last access Febr. 2019, <https://arxiv.org/pdf/1705.08807.pdf>; arXiv:1705.08807v3.
- Groth, O.; Nitzberg, M.; Zehr, D.; Straube, T.; Kaatz-Dubberke, T. (2018): Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von Künstlicher Intelligenz, Teil 1. Konrad-Adenauer-Stiftung. Last access Febr. 2019, <https://www.kas.de/einzeltitel/-/content/vergleich-nationaler-strategien-zur-forderung-von-kunstlicher-intelligenz>
- Nilsson, N. J. (2010): *The Quest for Artificial Intelligence*, Cambridge University Press, New York, USA.
- Meisen, T; Meyes, R.; Tercan, H. (2019), Artificial Intelligence in Automotive Production, in: *Mobility in a Globalized World*, Conference Volume, forthcoming.
- Müller, V. C.; Bostrom, N. (2016): Future progress in artificial intelligence: A Survey of Expert Opinion. In: Vincent C. Müller (ed.), *Fundamental Issues of Artificial Intelligence*, p. 553-571. Springer, Berlin. Last access to online resource Febr. 2019, <https://nickbostrom.com/papers/survey.pdf>
- Russell, St; Norvig, P. (2016): *Artificial Intelligence – a modern approach*. 3rd edition. Pearson, Harlow.

Why Open Source is Driving the Future Connected Vehicle

Robert Höttger, robert.hoettger@fh-dortmund.de

IDiAL Institut, Fachhochschule Dortmund, Otto-Hahn-Str. 23, 44227 Dortmund

1	Introduction.....	275
2	Related Work	276
3	In-Vehicle Platform	277
4	IDE Platform.....	278
5	Cloud Platform.....	278
6	Why Open-Source.....	279
7	Conclusion	281
8	Bibliography	281

Abstract:

With the year 2018, modern cars are driven by sophisticated software interconnected via a heterogeneous Electronic Control Unit (ECU) network that consists of a huge amount of sensors, actuators, processing units, interfaces, gateways etc. Having the evolution towards autonomous driving, electrification, and vast cloud incorporation in mind, questions arise regarding safety, security, intellectual property, open source, standardization, data governance and more.

This paper outlines some of those upcoming questions, derives challenges and proposes possible solutions. Such solutions are driven by the ITEA3 project APPSTACLE¹ and its Eclipse project namely Kuksa.

JEL Classification: L62, L86

Keywords: Automotive, Kuksa, Internet of Things, IoT, Cloud, Cloud Computing, Eclipse Kuksa

¹ Funded by the federal ministry of education and research Germany (BMBF) under funding number 01|S16047D.

1 Introduction

In the automotive industry, innovation is predominantly defined by the software that increasingly targets autonomous driving in a dynamic environment. In contrast to the smartphone market however, the automotive domain yet missed to fully exploit its market potentials due to the lack of open standards, connectivity protocols, ecosystems, frameworks, and commonly accessible technologies. While nearly every car manufacturer advanced its infotainment systems as well as connectivity technologies to communicate with the outside world (i.e., the worldwide web, but also local infrastructure, cf. edge computing, or direct communication with the OEM), technologies are proprietary and consequently not used in a cross-vendor manner. On the contrary, the smartphone industry has gained a vast global market with countless applications, vendors, services, and businesses. Just like vehicles, smartphones have a variety of sensors, actuators, and interfaces but only the provisioning of standards, APIs, and services in an open source manner made this industry to what it is today.

With Eclipse Kuksa, initial implementations for an open source ecosystem amongst the connected vehicle domain are given in order to tackle a breakthrough from closed source proprietary development activities towards an open and standardized environment. Such an environment opens the automotive market and lets OEMs, tool vendors, and various tier suppliers cooperate and focus on unique selling points of more advanced applications and infrastructures. Therefore, three major platforms are required to support (a) the vehicle, (b) the cloud, and (c) the IDE as seen in Figure 1: Overview of the Eclipse Kuksa Platforms.

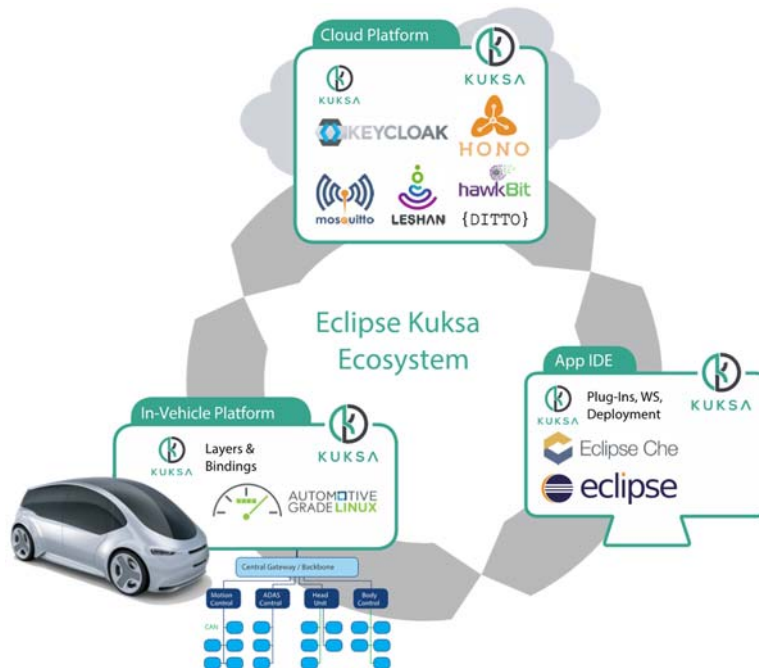


Figure 1: Overview of the Eclipse Kuksa Platforms

To cope with technological challenges, an extensive state-of-the-art analysis has been performed to investigate and identify appropriate technologies, protocols and methodologies that can be utilized, adapted, and extended for vehicle domain purposes. Despite adding necessary features to existing technologies regarding, e.g. security or real-time capabilities, revealed technological gaps are in focus to be filled in order to form a secure and easy-to-use environment for vehicle applications in a cross-vendor manner.

2 Related Work

AGL (Automotive Grade Linux) [1] was identified as the most appropriate in-vehicle platform over Apertis, Ubuntu Core, SuSe Embedded, Legato, QNX, and Android Automotive during investigating potential platforms in late 2017.

The seven major weighted features were

- Platform features
- Platform runtime
- Application runtime
- Application development and SDK
- App Store
- Licensing
- Developer community

More information about detailed results can be found at the ITEA portal [2].

In general, Eclipse Kuksa [3] results are published at the Eclipse Kuksa GitHub repositories², that hold the EPL2.0 license and is industry friendly correspondingly.

With its current status, Eclipse Kuksa provides a customized AGL distribution with layers and bindings that support connectivity protocols such as MQTT, a Cloud API, an In-Vehicle API for OBD data, an Eclipse hawkBit client for over-the-air (OTA) updates, and data format standardization implementations for the W3C standard. In addition, a dedicated cloud instance has been developed based on Eclipse Hono [4] to form the backend for cloud services, e.g., smart traffic services, OTA update managers, and others. Grafana [5] is the counterpart to Eclipse Hono and forms the frontend in order to visualize data in various forms and diagrams. Keycloak [6] is one of the major security technologies used to cover authentication aspects. Eclipse hawkBit [7] is used to cover device management activities as well OTA concepts. A separate APP

² <https://github.com/?q=kuksa>, accessed 23.01.2019.

store³ has recently been added to Eclipse Kuksa, that communicates with the cloud and allows users to access and install different in-car applications for their vehicles.

3 In-Vehicle Platform

The Eclipse Kuksa In-Vehicle Platform is based on AGL and features various additional layers containing different technologies as services in order to meet connected vehicle demands. First of all, an *agl-kuksa* layer contains scripts to combine layers for an automated build system. On top of that, several applications and services exist such as

- *elm327-visdatafeeder* – A hardware specific OBDII data reader that reads data from an OBDII in vehicle interface and sends this data to the *w3c-visserver*.
- *w3c-visserver-api* – This W3C Vehicle Information Specification API is used to have a uniform data exchange across vehicle data.
- *kuksa-hawkBit* – This API supports hawkBit connections in order to communicate with the OTA update mechanisms.
- *direct-access-api* – This API provides CAN message exchange between the cloud and vehicles via Websocket communication.
- *datalogger-http* – This application sends data from the vehicle to an Eclipse Hono instance via http. It is an example application in order to provide an easy to use starting point for developers getting in touch with Vehicle-Cloud data interchange.
- *datalogger-mqtt* – This application sends data from the vehicle to an Eclipse Hono instance via MQTT similar to datalogger-http but using MQTT instead of HTTP.
- *remoteAccess* – This application subscribes to a control topic of Eclipse Hono and receives sent commands.
- *kuksa-appmanager* – This hawkBit-based appmanager deploys in-vehicle applications based on docker containers and other formats.
- *email-notifier* – This example application exchanges data with an email-server in order to send emails to a configurable email address. This can be used in order to notify user about in vehicle error signals for example.

³ <https://github.com/eclipse/kuksa.cloud/tree/master/kuksa-appstore>, accessed 23.01.2019.

Given the above applications, APIs, and services, developers get necessary basic functionalities and easy starting points in order to start developing in-vehicle software for future connected vehicles.

4 IDE Platform

The Eclipse Kuksa IDE Platform is based on Eclipse Che and adds additional features, i.e., Yocto SDK and target IP definitions. Additionally, build commands are included in order to build custom AGL-Kuksa images based on Yocto, Bitbake, and the OpenEmbedded project. While the final product contains GPL code, build images are not (planned to be) distributed as binary release files. However, application binaries are planned to be accessible for future releases.

The browser-based Kuksa-Che-IDE requires a server deployment and can be accessed from any clients, even mobile phones, in order to program in-vehicle and cloud applications or services. Consequently, development activities are platform independent, do not rely on any local software, improve build stability and performance compared with local IDEs, support multi user development, and many more. Not requiring any form of configuration and having the correct repositories and commands automatically checked out significantly eases software development of Eclipse Kuska software.

Being able to deploy applications to vehicles and at the same time deploying services to the cloud allows implementing new innovative concepts on a less complex environment. Community based parking, smart traffic, navigation, reliable remote maintenance, or platooning are just some of the use cases this environment can support being implemented with.

5 Cloud Platform

The Eclipse Kuksa Cloud Platform backend is based on Eclipse Hono and Eclipse hawkBit in combination with an InfluxDB database. A springboot application is added in order to store any receiving data in the InfluxDB database in order to visualize arbitrary data using the Grafana [5] frontend.

The Eclipse Kuksa Appstore is able to communicate with Eclipse Hono and Eclipse hawkBit to transmit and manage application transmissions, installation processes, and user authentications. Different account types (admin, user, group user, OEMs, ...) are supported with different roles in order to manage applications, devices (vehicles), and access rights. Since this technology is currently just a demonstration, any billing system is currently not implemented.

6 Why Open-Source

Governance, IP management, collaborative infrastructure, and recommended development processes are just some of the benefits developers can make use of when conducting a project under the Eclipse Foundation umbrella. With the latest GitHub report⁴, over 31 million users share experience and knowhow in order to learn, share, and work together to build software across more than 100 million repositories as of November 2018. Consequently, having open source code on GitHub has proven to help in reaching project goals, get consumer attention, and build a community to further enhance, sustain, and maintain the code (for free!).



Figure 2: A business friendly ecosystem with a common platform and advanced products

Additionally, an open source software community can ensure sustainability, mutualization, standardization, and necessary project metrics. Sustainability, for example, can ensure the continuous code maintenance even if committers leave the project. Mutualization can concern efforts and resources in order to invest manpower into the unique selling points and advanced added value products (cf. Figure 2) that may even significantly advance in terms of functionality since interfaces can be used across broader application fields and technologies. Standardization also plays an important role. An example is the MQTT protocol and technology that was published open source by IBM after 15 years of internal development. After just five years of being used open source, it became an ISO/IEC standard. Finally, metrics ensure an easy way of deriv-

⁴ <https://github.com/about>, accessed 23.01.2019.

ing community activity. Regular releases, number of commits, pull requests, closed and open issues etc. are great indicators of code liveliness.

Furthermore, having vendor-neutral governance structures can ensure a free collaborative environment based on intellectual property management, licensing, project processes, ecosystem development environments, and a safe infrastructure as shown in Figure 3. Consequently, open source governance can achieve independent control of how decisions are made, policies are established and disputes are resolved as a matter of successful collaboration. Also, collaboration amongst companies requires due diligences on the commonly built intellectual property that is provided by Eclipse such that software is available to being used by anyone even within commercial products. The infrastructure that has been evolved over a long period of time is suitable for any kind of projects and processes behind this infrastructure, makes development easy, comprehensible, and efficient.

In addition, open source software (OSS) has proven to be a successful model e.g. Linux, Apache HTTP, Mozilla Firefox, Eclipse Java IDE and others. Since OSS is free, people can easily try out the software without any efforts and developers can gain experience with various technologies early without requiring significant training. Technologies can be customized and time to market periods can be much shorter. By joining an OSS community, companies can mutualize maintaining costs with the community behind the OSS. Source code can be more effectively aligned to what the user really need whereas code quality and stability can be higher since the community can report and fix bugs.

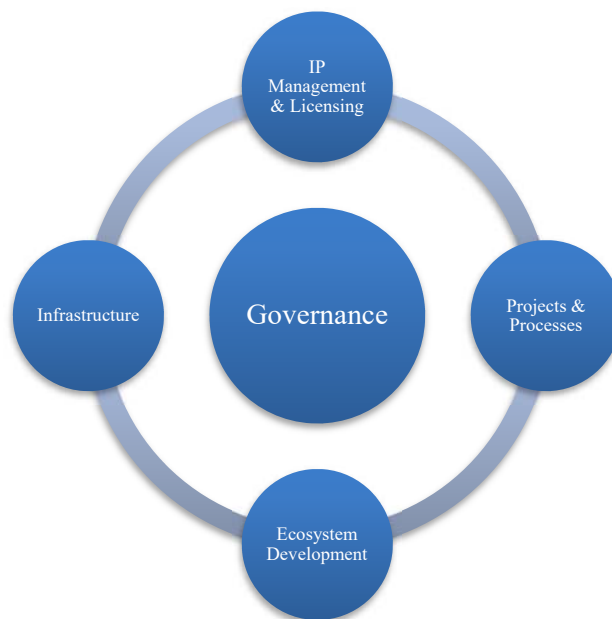


Figure 3: Basics of open collaboration

7 Conclusion

With the provisioning of the App store and all related frameworks, APIs, and platforms, Eclipse Kuksa will form a standardized open source basis to leverage open source technologies for the connected vehicle domain.

Development parties will be given the opportunity to concentrate on unique selling points such as autonomous driving components without having to invest efforts towards infrastructure, basic services (e.g. security, OTA update services, ...), or mandatory basic platforms for the vehicle, the cloud, or the IDE.

With the Eclipse Public License (Eclipse Kuksa is licensed EPL2.0), involved parties can still keep extensions, additions, or modifications proprietary and hence possess their development IPs in order to comply to company or European commission regulations.

As another consequence, OEMs, suppliers, and tool vendors will significantly benefit from modular software components, free community technologies, and new businesses arising from an ecosystem that unifies data, protocols, APIs, and connectivity solutions across the automotive domain.

In order to retain the technological innovation and compete with FAANG (Facebook, Apple, Amazon, Netflix, Google) that will eventually try to conquer this tremendously growing market, i.e., the vehicle sector, OEMs, suppliers, and tool vendors need to stand up against their spurious bias to inherently construct silos of intellectual properties and relinquish the benefits of open source communities across the globe and its technologies.

8 Bibliography

- The Linux Foundation, "The Linux Foundation Projects - Automotive Grade Linux, " 2019. [Online]. Available: <https://www.automotivelinux.org>. [Accessed 23 January 2019].
- APPSTACLE Consotium, "D1.1. APPSTACLE . Specification of In-Car Software Architecture for Car2X Applications," 2019. [Online]. Available: <https://bit.ly/2Mrxcyq>. [Accessed 23 January 2019].
- The Eclipse Kuksa Project, "Eclipse Kuksa: Open Platforms for Connected Vehicles," 2019. [Online]. Available: <https://www.eclipse.org/kuksa/>. [Accessed 23 January 2019].
- The Eclipse Hono Project, "Eclipse Hono - Connect. Command. Control.," 2019. [Online]. Available: <https://www.eclipse.org/hono/>. [Accessed 23 January 2019].

Grafana Labs, “Grafana: Tope open platform for beautiful analytics and monitoring, ” 2019. [Online]. Available: <https://grafana.com>. [Accessed 23 January 2019].

Red Hat, Inc., “Eclipse Keycloak: Open Source Identity and Access Management For Modern Applications and Services,” 2019. [Online]. Available: <https://www.keycloak.org>. [Accessed 23 January 2019].

The Eclipse hawkBit Project, “Eclipse hawkBit: IoT. Update. Device.,” 2019. [Online]. Available: <https://www.eclipse.org/hawkBit/>. [Accessed 23 January 2019].

Can care robots solve the shortage in nursing personal – an acceptance analysis

Dr. Ivonne Honekamp, Larissa Sauer

Health & Management for Health Profession (B.Sc.) at Hamburg site of Carl Remigius Medical School of the University of Applied Sciences Hochschule Fresenius, ivonne.honkamp@carl-remigius.de; larissa.sauer@gmx.de

Prof. Dr. Wilfried Honekamp

Applied Computer Sciences at the University of Applied Police Sciences in the Academy of Hamburg Police, wilfried.honekamp@polizei-studium.org

1	Introduction	284
2	Robots in Hospitals.....	284
3	Method.....	287
4	Results	289
5	Discussion.....	292
6	Conclusion.....	293
7	References	294

Abstract:

The shortage of skilled labour leads to noticeable losses in the quality of care in Germany. The Federal Government wants to promote the mobility of international skilled workers with a current program. A different approach could be the introduction of care robots, which can relieve the professionals of onerous tasks, so that they can concentrate on their core tasks.

JEL Classification: O32, O33, I19

Keywords: Care Robots, Service Robots, Technology Acceptance

1 Introduction

German health care and the health care system have changed and evolved over the past few decades as a result of numerous health care reforms. Hospitals have become more important for medical care, which manifests itself in rapidly increasing numbers of cases (Federal Agency for Civic Education 2012). In 2016, 19.5 million cases were recorded, around 35 % more than in 1991 (Federal Office of Statistics 2016). One reason for this is the demographic development in Germany. Life expectancy continues to rise, and the birth rate stagnates, leading to an increase in the old-age dependency ratio from 23.6 % in 2000 to 34.7 % in 2015. The forecast for the proportion of over-60s for the year 2030 is 52.3 % (Federal Office of Statistics 2018). In contrast to the increase in the number of cases, the number of hospitals has decreased. The number of beds set up in 2016 has decreased by about 25 % compared to 1991. The average length of stay has almost halved during this period (Federal Office of Statistics 2016). These facts mean that Germany already suffers from a shortage of nurses. Forecasts for the year 2030 point to a shortage of approximately 360,000 full-time nurses, assuming a stable full-time and part-time employment rate, retirement age and annual working time (PricewaterhouseCoopers 2012). Due to the same developments, care robots are already being used in hospitals in Japan to support the nursing staff and to compensate for the shortage of skilled workers. There are also few pilot studies in Germany that test and evaluate the use of these new technologies. Previous studies on the acceptance of robots by potential users are only available in the home environment and in nursing homes. For this reason, in this study the acceptance in the hospital context is investigated via a survey. From the research question “To what extent is the acceptance regarding the use of hospital robots in the hospital by residents of a residential community aged 60 years and above?” the first hypothesis emerges: “Acceptance regarding the use of care robots in the hospital by the residents of a residential community under 60 years is low or absent”. The second question “What is the difference in the level of acceptance between the various activities performed by a caring robot?” is also answered. Before the results are presented, a closer look is taken at the state of research.

2 Robots in Hospitals

Used in the industry for many years, they are now also spreading in the healthcare sector. In large hospitals today, precise medical robots are already being used as surgical assistants and transport robots transporting laundry, disposal material or food. However, most nursing robots that have been used in practice are only prototypes so far. In the next few years, however, these will be available for use, according to the Fraunhofer Institute for Production Technology and Automation (Fraun-

hofer IPA 2018). For this purpose, a joint project of the Fraunhofer IPA, the Institute of Sociology of the University of Duisburg-Essen and three other actors for the investigation of needs-based development of service robotics in the care sector was funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) (University of Duisburg-Essen 2014).

2.1 Pioneer Japan

In Japan, the demographic change compared to Germany is already well advanced, because Japan is the fastest-aging industrial nation worldwide. As of 2015, the birth rate is one of the lowest in the world at 1.4 children per woman, life expectancy at birth is 80.8 for men and 87.0 years for women (Federal Office of Statistics 2017).

As a result of these developments, Japan is expected to lose around 400,000 nurses by 2020, with the government responding, among other things, to robotic reinforcement (Nicolaysen 2014). In Asia, \$ 587 million were spent on the robotics market in 2015, nearly twice as much as in 2014. About 61 % of Asian robot entities are owned by Japan and China (PricewaterhouseCoopers 2016). The reason for this is that Japan has a different understanding of technology compared to Germany. The technology helped Japan to change, to prosper and to modernise the country. Since the 1970s, Japan has had the worlds most industrial robots and is a leader in robotics (Schodt 1988). In the field of care robots, some models are already being used and accepted by people in Japan, e.g. the robotic seal Paro, the humanoid robots Pepper, and Paro for entertainment or as a means, which allows better access to the people. The nursing robot RIBA has also been used since 2015 to mobilise people. The robots, however, are an aid and relief, not a substitute, but can make the nursing profession more attractive in the future (Nikolaysen 2014).

2.2 Care robots

Nursing robots are machines that support or replace humans. They are learning and intelligent systems, some even have natural-language abilities. Their tasks are e.g. the bringing and serving of food and medicines, helping to lay down or straighten up or alert the emergency service (Bendel 2018). Nursing robots are to be classified in medical and service robots, since they can take on both medical tasks of care as well as customer service. They can be distinguished in assistance and companion robots. The former support the caregivers, the latter are also called social interactive robots and serve the patient as a companion (Triner et al. 2015). In the following, four models are presented, which are relevant for this work and about which the study participants were interviewed.

2.3 Nursing robot RIBA

The Robot for Interactive Body Assistance, abbreviated to RIBA, was developed by the RIKEN-TRI Collaboration Center for Human-Interactive Robot Research (RTC), launched in 2007, and has since been steadily improved. RIBA is 140 cm tall, weighs 180 kg and resembles a friendly teddy bear in appearance to increase patient acceptance. RIBA can lift people from bed to wheelchair and from wheelchair to bed. In addition, it can move independently on premises, shake hands, greet and say goodbye. Two cameras, two microphones, a large battery and almost 500 pressure sensors enable these precise movements. Its outer material is soft, and the position of the arms and hands can be manually changed by the caregiver, even during the movements, using special sensors to ensure the safety of the patients. It is designed for use in care facilities and hospitals and can be purchased for about 40,000 euros (RTC 2007).

2.4 Nursing robot Pepper

Pepper is 120 cm tall and weighs 29 kg. It is intended as a daily companion. Its most important ability is to recognise emotions. It was invented by the Japanese company Soft Bank Robotics and costs about 20,000 euros. Pepper can remember the faces of individual people, listen to them, talk to them, react with movements and facial expressions and move independently in premises. It remembers the preferences and habits of individual people. It has three cameras, four microphones, three 360° wheels, numerous sensors and a tablet usually connected to the Internet. It is already being used in Japan by more than 1,000 Nescafé branches and a large banking group to inform customers about the various products (Soft Bank Robotics 2017). In health care it has so far been tested only as a prototype, e.g. at the University of Halle in the “Future-care-lab” as an experiment in artificially created rooms such as ward rooms, family practice and an apartment (Walter 2017). At the University of Siegen, a research team with Pepper regularly visits the Marienheim in Siegen-Weidenau, a nursing home (University of Siegen 2017).

2.5 Nursing robot Care-O-bot

Care-O-bot, developed by the Fraunhofer IPA, is 145 cm tall, weighs 180 kg, and can be equipped with one, two or no arms alternately. It also has a rechargeable battery, three cameras, two microphones, a tablet with touch screen, a large database as a memory and many tactile sensors to fulfill its tasks. This includes e.g. the retrieval and delivery of items. It also serves entertainment and communication by using its tablet to play games, video calls or music and movies. For use in nursing homes or in the home of elderly people, it is equipped to recognise people who have fallen as an emergency and to automatically set up a video connection to the ward or emer-

gency center, which can communicate with people via Care-O-bot. It has already been used successfully in large office areas for floor cleaning and waste disposal (Fraunhofer IPA 2011). Care-O-bot can be purchased from 250,000 euros and is constantly being developed into new models (Gottwalt 2014).

2.6 Nursing robot Paro

Paro is a robot with the look of a harp seal baby, weighing 2.7 kg and is 57 cm long (Schulz 2006). The robotic seal has been in use since 1993 by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) under the direction of Takanori Shibata developed in Japan. In 2001 Paro was presented to the public and has been available for sale since 2004. Today Paro is already in its ninth generation. The appearance has hardly changed, the functions have been steadily improved and adapted to the areas of application (AIST 2016). With its five types of sensors, Paro can detect and respond to touch, lighting, sounds, temperatures and position. The robot makes purring noises and imitates those of a real harp seal baby, moving the head, the eyes and all three fins. Paro remembers what reactions are returned to his movements. It repeats actions, followed by pats or avoided actions, followed by coarse reactions, such as fixed hitting. In the health sector, the seal is mainly used for therapeutic purposes in patients with dementia and residents or hospitalised children. It simplifies access and interaction with patients, reduces stress on both sides, and improves the relationship between patients and residents. A psychological effect on patients leading to more relaxation and motivation has been empirically proven (PARO Robots U.S. 2014). With approximately 4,000 copies of Paro, work is now carried out in over 30 countries worldwide (AIST 2016). In order to reinforce the impact of Paro and make professional use of it, the Danish Technological Institute has developed a training concept that trains and certifies users such as nurses and caregivers. In Germany the certification and the mediation of Paro is carried out by the company Beziehungen pflegen (2010). Paro is available for 5,700 euros (Gottwalt 2014).

3 Method

Due to the aspects of population development in Germany and the changes in the health care system, as well as the current state of technology acceptance research in the field of caring robots, the following main questions arise:

Question 1: To what extent is the acceptance regarding the use of care robots in hospitals by residents of a residential community aged 60 and above?

Hypothesis 1 (H1): There is little or no acceptance of the use of care robots in the hospital by the residents of a residential community aged 60 or above.

This question refers to the evaluation of the attitude acceptance of all obtained results. A positive attitude speaks for acceptance, a negative attitude for no acceptance or rejection. As a decision rule, the limit of 50 % is set. H1 is therefore verified when less than fifty percent of all results speak for the acceptance of care robots.

The second question examines the individual results in more detail and questions the acceptance of the individual activities that a care robot could perform in the future:

Question 2: What is the difference in the level of acceptance between the different fields of application or the activities performed by the caring robot?

Hypothesis 2 (H2): The acceptance of care robots in the hospital by the residents of a residential community aged 60 years and above is different for different uses or activities that the care robot performs.

H2 is verified if the results show percentage differences in the level of acceptance for the different areas of application or activities.

To answer the two questions, a paper and pencil survey has been conducted. The questionnaire is standardised and has an exclusively closed question structure with a total of 30 items. This should allow a systematic and concrete evaluation of the results of the questioned constructs (Ritschl, Weigl, and Stamm 2016). The 30 items are subdivided into six sections with their own headlines for overview and orientation. The first four sections refer to a specific model of the four selected care robots. This is described and presented first by name, description of its functions and two pictures each. On the next side are the five questions about the model. The last two sections are not related to concrete models but capture the “general curiosity, interest and usefulness” or “general anxiety and scepticism”. To answer the individual questions an ordinal scaling method was used. In the ordinal “Likert scale”, the answer options should be constructed in such a way that the distance between them is perceived to be as equal as possible. In order to obtain a concrete tendency of the answer, a four-level scale was used, thus dispensing with a middle category.

The four response categories of the questionnaire are “fully true”, “more appropriate”, “less likely to apply” and “not true”. Before the questionnaire was distributed among the study participants, a pre-test was conducted with six persons representing the future population and its characteristics. During the pretesting phase, three questions regarding their comprehensibility were adopted. The font size and the images of the care robots have been enlarged.

Residents of a serviced residential complex in the north of Hamburg were selected as the study population, who, according to the responsible management, fulfilled both the two following criteria:

- age equal to or higher than 60 years,
- at least one experienced hospital stay.

There is a total of about 160 people living in the condominium, of which about 120 are cognitively and physically able to participate in the survey. The questionnaire was distributed to these 120 residents along with the mailbox management. In order to increase the response rate, the questionnaire was previously announced at the bi-annual resident meeting as a voluntary questionnaire by the managing director. In the three-week survey period from 03/19 to 04/09/2018, 102 of the 120 distributed questionnaires were handed over to a box set up in the entrance hall of the living area. Three of these questionnaires were not filled out completely so that 99 out of 120 questionnaires could be used for the evaluation. This corresponds to a return rate of 82.5 %. The questionnaires were evaluated by Excel.

Underlying Theory and Quality Criteria

The questionnaire used for this study was compiled by the authors based on the Technology Usage Inventory (TUI) by Kothgassner and Felnhofer (2013), which founds on the Technology Acceptance Model (TAM) 3 by Venkatesh and Bala (2008). The quality criteria for the TUI were calculated in the study by Kothgassner and Felnhofer and rated as good, gender- and age-specific reference values are available. Reliability was assessed by internal consistency and validity by factor analysis.

In order to focus the questionnaire used in this work on the two research questions, the TUI was adjusted accordingly. The user-friendliness, immersion and accessibility scales were not considered since no real interaction with the care robots could take place. For each robot model, the attitude to two specific activities was additionally investigated.

4 Results

First, the individual models of the care robots and their different activities are presented. Second, the general acceptance or scepticism is described. For most items, the results are dichotomised. The answer options “fully applies” and “more likely to apply” are considered as a positive attitude towards care robots. The answer options “does rather not apply” and “does not apply” are considered as a negative attitude. Depending on the question, some of the answer options had to be evaluated the other way round. For the acceptance of a caring robot model or a single activity only a

result counts, in which more than 50 % of all responses of the residents show a positive attitude.

4.1 Nursing robot RIBA

A comparison of the first two questions shows that although 73 of the residents (73.7 %) could imagine being mobilised out of the bed in the presence of a nurse of RIBA, only 26 (26.3 %) would like to be without the presence of a caregiver. Here, the residents clearly differentiated, which application of RIBA is conceivable for them. In the third question, 37 residents (37.4 %) say that they have difficulty trusting RIBA. Slightly more than half of the residents believe that the use of RIBA brings dangers for them, just the other half does not think so. The idea that the presence of RIBA could make their stay in hospital more comfortable was rejected by 54.5 %. If the absolute frequencies of all five questions are added up in order to arrive at an overall result, there are 234 responses that reflect a positive and 261 responses that reflect a negative attitude towards RIBA. Overall, 47.3 % have a positive and 52.7 % a negative attitude.

4.2 Nursing Robot Pepper

The use of the robot as part of a conversation or socialising was rejected by 66 residents (66.7 %) and rated negative. In contrast, 53 residents (53.5 %) would like to be enlightened and informed by Pepper. Here is a clear distinction in the perceived benefit of the individual activities. About half of the residents would have difficulties to trust Pepper, the other half does not. However, most people (69.7 %) do not see any danger in using Pepper, but they do not (58.6 %) think that they would benefit from this care robot during their hospital stay. In summary, 246 answers have been given that indicate a positive attitude towards Pepper and 249 responses that show a negative rating. By this result, neither a clear rejection (50.3 %), nor clear acceptance (49.7 %) of the nursing robot Pepper can be determined. The opinions and attitudes of the inhabitants differ widely here.

4.3 Nursing robot Care-O-bot

Nearly three-quarters of residents (74.7 %) would have had their food or groceries delivered by Care-O-bot. However, only 28.3 % would accept and take medication from the grooming robot. Again, the acceptance obviously depends on the activity performed or the field of application of the robot. Although only 35 residents (35.4 %) have problems trusting Care-O-bot, 56.6 % think the robot could pose a threat to them. When asked whether Care-O-bot could make hospitalisation more enjoyable, opinions differ widely, with 48.5 % answering yes and 51.5 % disagreeing. Since 254 of 495 responses given (51.3 %) to the questions about Care-O-bot

reflect a negative attitude, it can not be assumed that the robot will be accepted widely.

4.4 Nursing robot Paro

The residents can not imagine Paro either to calm down before surgery (66.7 %) or for entertaining purposes (62.6 %). However, 70 of the residents (70.7 %) think that the application on people with dementia poses no dangers. This shows that the usefulness of Paro is more likely to be therapeutic for the treatment of people with dementia. The residents who took part in the survey and did not suffer from dementia would have difficulties getting into Paro (53.5 %). Accordingly, only 33 % think a robotic seal would make hospitalisation more comfortable.

The sum of all responses that reflect a positive attitude is 219, that of the negative is 276. Since the negative attitude outweighs 55.8 %, a rejection of the care robot Paro is to be assumed. However, in further studies, the acceptance of people suffering from dementia would have to be tested in practical situations.

4.5 General acceptance or scepticism

The results so far already at first glance verify the hypothesis (H2). The level of acceptance of care robots in the hospital differs depending on the activity of the care robot. There are both, differences in the level of positive attitude towards the individual models per se, as well as between the two activities of a caregiver robot. The acceptance of Care-O-bot and RIBA is the highest. This is followed by Pepper and Paro. Care-O-bot and RIBA, however, also have the largest differences between the two surveyed activities. The residents show that they would only accept the following activities in the hospital through a caring robot:

- mobilisation by RIBA with caregiver,
- drinks and food brought by Care-O-bot, and
- Pepper informing and explaining.

In order to answer the main question “What is the acceptance regarding the use of care robots in hospital by residents of a residential community aged 60 and above?”, in addition to the specific care robots, the general curiosity, interest and usefulness and the general timidity and scepticism are evaluated.

The answers show that 80.8 % of the residents have not yet dealt with the topic of care robots, so this survey is their first contact on the subject. It is exciting that nevertheless 56 of the 99 inhabitants (56,5 %) are anxious to learn more about care robots, now. Of the participants, 60.6 % would even be curious about an interaction with a nursing robot in the hospital. However, as an integral part of a hospital, only 43.4 % would like to have access to robots. Regarding the shortage of nurses, al-

most 80 % think that they would be useful for relieving caregivers physically and in terms of time. Overall, 257 out of 495 responses reflect a positive attitude towards caregivers, which is around 52 %.

The fact that the inhabitants previously had little contact with the topic is reflected in question 27, because 79 of the 99 residents would be sceptical at first, if they should use a care robot in the hospital. One reason could be that 53.5 % are afraid of doing something wrong. Of the participants, 37.4 % think that they would be overcharged by an interaction, and 39.4 % think that using a care robot would bring them more benefits. This presence of curiosity and scepticism means that just over half (53.5 %) of the residents would accept the help of a robot and the other half (46.5 %) would refuse the help. In the overall result of general scepticism and anxiety, 257 responses (51.9 %) are negative and 238 (48.1 %) positive.

To answer the main research question, all answers to the individual models and the general questions, are evaluated together. In total, 1,574 of the 2,970 responses given reflect a negative attitude towards care robots, or 53 %. Accordingly, 47 % of the respondents accept care robots in hospitals. The first hypothesis is also verified, as the value is less than 50 %. The result is, however, less clear than expected.

5 Discussion

The two questions could be answered by evaluating the returned questionnaires. If the result of the first question is examined, it is noticeable, however, that positive and negative attitudes towards caring robots or the acceptance and rejection with 47 % and 53 % are not very different in their proportions. This makes it difficult to make a statement as to whether nursing robots in the hospital would be accepted and used by the study participants or not. The attitude seems to be very different between individuals, as well as depending on the robot model and field of application. This confirms the clear result of the second research question. One reason is certainly that 80 % have never dealt with the topic of care robots before. It also fits that 80 % would be sceptical if they were to use a nursing robot in the hospital. The questions about timidity were not so obvious, so that the aspect of scepticism seems to be playing a bigger role than the fear of technology. After the participants had first contact with the topic through the questionnaire, 70 % are curious about the use of a care robot and would like to know more about it. This could mean that with a growing importance of the topic, e.g. in the media, and the first contacts to robots, e.g. in stores, acceptance in the hospital area could also increase. This requires further studies.

In the evaluation of the questionnaires, three statements that were supplemented by hand could not be evaluated. But these are interesting to include in the discussion.

One participant wrote: “The most important thing about caring for me is humanity and interpersonal care, which must not be lost”. The other two comments were “The robots must not replace people, but only support them.” and “An interesting topic that I’ve never thought about before. I think that robots in addition to nurses would be a great thing”. These statements underline the results, because on the one hand they express scepticism, but on the other hand also interest. The results of the research work only apply to the residents of the residential complex in Hamburg and can not be generalised. For more extensive studies on the acceptance of care robots, the questionnaire should be revised and standardised, and the quality criteria should be scrutinised and tested in more detail. It certainly makes sense in more extensive studies to show the results according to several characteristics, e.g. age or generation or male and female to differentiate and to check the correlations of the individual scales to each other.

6 Conclusion

The questionnaire was suitable for answering the research questions in the scope of this work. It is therefore particularly suitable for the survey of older people from 60 years, since the response rate was very high. The reference to the TUI and the TAM increased the degree of standardisation and made a quantitative survey possible. However, asking only closed questions did not allow the participants to better explain their positive or negative attitude. Thus, the added open answers to three questionnaires of the participants could not be included in the overall evaluation, but only in the discussion. The research question, how high the acceptance of care robots in the hospital by older people above the age of 60 is, could be achieved. However, the result was not as clear as expected. Of all responses, 47 % show a positive attitude towards nursing robots in the hospital context, i.e. for the acceptance of robots.

However, according to the decision rule of the first hypothesis, this result assumed that there is no acceptance of care robots in the hospital by the residents, as the result is below 50 %. This leads to the assumption that the decision rule for confirming or rejecting the hypothesis should have been chosen differently. Because the proportion of answers that stand for acceptance and the proportion of answers that stand for rejection are almost equally distributed. For the authors of the work, this result was unexpected, as greater rejection was expected. The research results to answer the second question, whether there are differences in the level of acceptance in different activities of care robots, are clear. RIBAs mobilisation, caregiving and groceries by Care-O-bot, and Peppers information and education are accepted. A mobilisation without a caregiver, the bringing of drugs and the company and entertainment of a robot are rejected. The seal Paro is completely rejected by the inhabit-

ants but is seen as a good way to treat people suffering from dementia. The research shows that the issue of care robots for older people is not yet present and that scepticism and anxiety, as well as curiosity and interest, exist. In actual use of care robots in hospitals in the future, patient acceptance will depend on the nature of the care robot and its areas of use.

7 References

- Adam, AIST (ed.) (2016) "PARO", the Neurological Therapeutic Medical Robot. <https://unit.aist.go.jp/hiri/en/topics/03.html> (09.05.2018).
- Bendel, O (2018) Stichwort: Pflegeroboter. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/pflegeroboter-54138/version-277192> (09.05.2018).
- Beziehung pflegen (ed.) (2010) Erste Teilnehmer in der Anwendung der Betreuungsrobbe PARO zertifiziert. <https://www.openpr.de/news/473890/Erste-Teilnehmer-in-der-Anwendung-der-Betreuungsrobbe-PARO-zertifiziert.html> (12.05.2018).
- Federal Agency for Civic Education (ed.) (2012) Krankenhauspolitik und Krankenhausversorgung. <http://www.bpb.de/politik/innenpolitik/gesundheitspolitik/72008/krankenhauspolitik-und-krankenhausversorgung> (04.06.2018).
- Federal Office of Statistics (ed.) (2016) Grunddaten der Krankenhäuser – Fachserie 12 Reihe 6.1.1. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/GrunddatenKrankenhaeuser2120611167004.pdf?__blob=publicationFile (29.05.2018).
- Federal Office of Statistics (ed.) (2017) Japan - Statistische Länderprofile der G20 Industrie- und Schwellenländer. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Internationales/Laenderprofile/Japan2017.pdf;jsessionid=FADD06A43A679E51F563696140EC8A7E.InternetLive2?__blob=publicationFile (09.05.2018).
- Federal Office of Statistics (ed.) (2018) Gesundheitsausgaben pro Tag überschreiten Milliarden-grenze. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2018/02/PD18_050_23611.html (28.05.2018).
- Fraunhofer IPA (ed.) (2011) Care-o-bot 3. <https://www.care-o-bot.de/de/care-o-bot-3.html> (12.05.2018).
- Fraunhofer IPA (ed.) (2018) Serviceroboter in stationären Pflegeeinrichtungen. https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Roboter--und-Assistenzsysteme/Artikel_Serviceroboter_stationaere_Einrichtungen.pdf (09.05.2018).

- Gottwalt, C (2014) Wollen die mich auf den Arm nehmen? 1890 – Magazin der Allianz Deutschland AG, Issue 03/2014.
- Kothgassner, O and Felnhofer, A (2013) Technology Usage Inventory. Wien: Information- and Communication technology Applications: Research on User-oriented Solutions. https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/programmdokumente/tui_manual.pdf (22.05.2018).
- Nicolaysen, L (2014) Vergreistes Japan setzt in der Pflege auf Roboter. <https://www.welt.de/gesundheit/article129502877/Vergreistes-Japan-setzt-in-der-Pflege-auf-Roboter.html> (10.05.2018).
- PARO Robots U.S. (Hrsg.) (2014): PARO Therapeutic Robot. <http://www.parorobots.com/> (12.05.2018).
- PricewaterhouseCoopers (Ed.) (2012) 112- und niemand hilft. <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/assets/pwc-studie-112-und-niemand-hilft-sep-2012.pdf> (31.05.2018).
- PricewaterhouseCoopers (Ed.) (2016) Roboter im deutschen Maschinenbau. <https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/assets/pwc-studie-roboter-im-deutschen-maschinenbau.pdf> (09.05.2018).
- Ritschl, V, Weigl, R, and Stamm, T (2016) Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben. Berlin: Springer-Verlag, p. 160–177.
- RTC (Ed.) (2007) World's first robot that can lift up a human in its arms – Riba. <http://rtc.nagoya.riken.jp/RIBA/index-e.html> (10.05.2018).
- Schodt, FL (1988) Inside the robot kingdom. Japan, mechatronics, and the coming robotopia. Tokyo: Kodansha International.
- Schulz, S (2006) Paro, der Glückmach-Roboter. <http://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/pluesch-tech-fuer-senioren-paro-der-gluecklichmach-roboter-a-443593.html> (12.05.2018).
- Soft Bank Robotics (2017) Pepper. <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper> (12.05.2018).
- Triner, M, Andresen, S, and Imhof, S (2015) Pflegerobotik Die Verwendung von Maschinen zur Pflege von Menschen - Eine Analyse der ethischen Aspekte. https://files.ifi.uzh.ch/hilty/t/examples/IEG/Pflegerobotik_Triner_Andresen_Imhof.pdf (09.05.2018).

University of Duisburg-Essen (ed.) (2014) Förderung des Wissenstransfers für eine aktive Mitgestaltung des Pflegesektors durch Mikrosystemtechnik (WiMi-Care). <https://www.uni-due.de/wimi-care/> (09.05.2018).

University of Siegen (ed.) (2017) Pepper, der neue Kollege im Altenheim. <https://www.uni-siegen.de/start/news/forschungsnews/779341.html> (11.05.2018).

Venkatesh, V and Bala, H (2008) Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. In: Decision Sciences – a Journal of the Decision Sciences Institute, 39 (2), S.273–315.

Walter, A (2017) Pflegeroboter: Pepper sorgt für gute Laune. http://autonomie-im-alter.ovgu.de/aia_mm/_users/jpiel/2017_11_14_FORMAT_Pepper+Volksstimme.pdf (11.05.2018).

Visual Feedback for Maneuver-Based Driving: First Results from a Design Workshop

Henrik Detjen, Maurizio Salini, Martin Wozniak

Hochschule Ruhr West, Lützowstraße 5, 46236 Bottrop

henrik.detjen@hs-ruhrwest.de, martin.wozniak@stud.hs-ruhrwest.de,
maurizio.salini@stud.hs-ruhrwest.de

1	Introduction	298
2	Method.....	299
3	Results	300
4	Discussion.....	305
5	Conclusion.....	306
6	Literature	307

Abstract:

Starting with the automatic gear change, the operation of a vehicle becomes more and more abstract. In the future, we could control vehicles with single, simple commands. For such a maneuver-based vehicle control system, we investigate a head-up display design in a workshop. The aims are to identify common and distinct features of various display designs through mock-ups. First results show that different sizes of GUI elements are preferred by different states. The preferred position of GUI elements in the head-up display (HUD) is the central bottom area. We found two major interface design styles: static interfaces (all elements visible) with fixed layout and dynamic interfaces (only relevant elements visible) with fixed or adaptive layout.

JEL Classification: Y80 (Related Disciplines)

Keywords: Automotive HMI, Design Research, User-Centered Design, Maneuver-based Driving, Head-Up Displays, Visualization

1 Introduction

Automation is a key-factor in future mobility. The number of driver assistance systems and information in the vehicle increases. Therefore, new challenges arise. Drivers have to operate simultaneously with assistance systems. They must understand how individual systems work to recognize system boundaries. A possible approach to overcome these challenge, is the introduction of a global operating concept, which combines individual assistance systems. The driver takes a supervising role and controls the vehicle through various driving maneuvers (e.g., lane change, parking), while the vehicle performs all stabilization tasks (Franz 2014). The maneuver-based vehicle guidance is a complement to manual and automated driving. It ranges from simple complementation (e.g., parking assistant) to substitution (e.g., Conduct-By-Wire, see Winner & Hakuli 2006) of manual or automatic driving. In this article, we will investigate how the visual feedback for such a concept can look like.

The requirements for a maneuver-based driving concept depend on the degree of automation. Under SAE level 2 and 3 (SAE 2018) it was shown that it makes sense to display current maneuvers constantly in a HUD. The reduced gaze to the instrument cluster and increased gaze on the road leads to a higher situational awareness (Franz 2014). In contrast to existing work, this article's aim is to examine the problem assuming SAE level 4 (complete automation of driving in critical situations). Since future display concepts in vehicles might have so-called "virtual windshields" (Haeuslschmid, Pfleging & Alt 2016), we use a HUD as foundation for our designs. In SAE level 4, there is no need to increase situational awareness as in SAE level 2 and 3, but we assume a fundamental usefulness through positive effects on acceptance and trust in the system (Hoff & Bashir 2015, Walch et al. 2017). Within fully automated rides, the drivers can intervene and override the system behavior, which leads to higher acceptance. Even if the driver does not want to control the car at moment, the increased system transparency through the display of maneuvers in a HUD leads to more trust in the automation.

The driver's interaction with a global maneuver-based operating system happens in one of two basic categories: input or output. The input-interaction is the way the driver communicates with the system ("operating" from a driver's perspective) and the output-interaction is the way the system communicates with the driver ("feedback" from a driver's perspective). Interaction requires an interface between the two parties involved. Interfaces for input-interaction can use touch (Franz 2014: touchpad, Kauer et al. 2010: tablet) or touch-less (Detjen et al. 2019: speech or mid-air gesture) techniques. Commonly, the output-interaction is through the visual channel and visual techniques (Franz 2014: HUD, Kauer et al. 2010: tablet), because here, information can be communicated persistently. In this article, we focus on the out-

put-interaction and generate first ideas for an interface from a user-centered perspective and we present insights from a participatory design workshop.

2 Method

In the following chapter, we explain the sample, setup and procedure of our design workshop. The basic idea there was to generate mock-ups of a HUD in different maneuver situations. Therefore, we showed experts videos of maneuvers and they designed a mock-up for each video scene.

The workshop took place in a laboratory of the Ruhr West University of Applied Sciences. Eight people attended. They were all male and scientific staff or students at the Ruhr West University of Applied Sciences. They had at least some expertise within design and automotive user interfaces, either through work or through completed lectures in the area. Nevertheless, we introduced them into the topic of maneuver-based driving or refreshed their knowledge in the workshop.

The setup consisted of a TV and a workspace with the workshop material (mock-up elements). On the TV screen, we played a video of a drive. The video had a playing time of about six minutes and included all driving maneuvers used in Franz (2014): turn left/right, change lane left/right, start, straight, follow lane, park, hold at stop-line, hold at side-strip and parking.

At the points in the video where a maneuver began (14 times), we stopped the playback and handed out a screenshot of the situation (DIN-A4-paper). Thus, participants got a realistic impression of the maneuvers and we, therefore, a potentially improved design. The screenshot was representing a windshield or HUD. With their given maneuver elements, they designed their own mock-up of the HUD.

For their mock-up, participants had a complete set of maneuver symbols in three sizes and three states for each size.

Possible sizes were:

- Small: 1.5cm x 1.5cm (~0.36% occlusion)
- Medium: 2cm x 2cm (~0.63% occlusion)
- Large: 2.25cm x 2.25cm (~0.80% occlusion)

Occlusion means the relation of size to HUD, in this case a DIN-A4 paper.

Possible states were:

- Available (blue color): Indicates that a maneuver is selectable/executable, also “normal” state
- Unavailable (blue color, brighter): Indicates that a maneuver is not selectable/executable, also “inactive” or “disabled” state

- Active (blue color, yellow border): Indicates that a maneuver is executed at the moment, “active” state

The combination of state and size leads to nine sets of maneuver elements and 81 elements in total, c.f. Figure 1, Figure 2.



Figure 1: Workspace with Workshop Materials – Maneuver Symbols (Left) and Explanation (Top Right), Maneuver Situation on Paper (Bottom Right)

After the video, participants completed a questionnaire regarding further visualization: how they would improve the maneuver state visualization, how they would integrate driving parameters (speed, distance to next car, position on lane) and if they would add some kind of animation. The answers were free text and/or sketches.

3 Results

We group our observations in size of GUI elements, HUD layout, interface style and behavior, and visualization. Overall, 352 maneuver elements in the 14 mock-ups of driving situations were used. To simplify the results, we report our following findings for all situations and participants combined.

3.1 GUI Element Size

We measured how often participants used a maneuver element. They were free to use one of three sizes (small, medium, large) for maneuver symbols within their GUI mock-ups. They were also free to choose the displayed state of their symbols (available, unavailable, active) for each size.

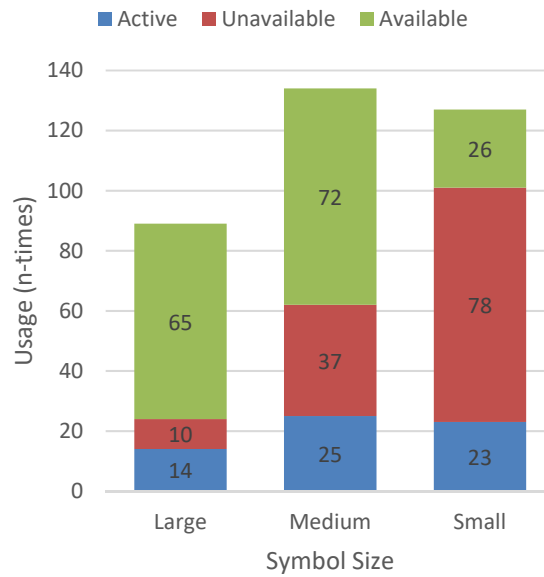


Figure 2: The Usage Frequency of Different Symbol Sizes and Their Relation to States

As shown in Figure 2, participants used the medium sized symbols most frequently ($n = 134$), followed by the small sized symbols ($n = 127$), while the large size was least frequent overall ($n = 89$). We observed that the display state has an influence on the chosen symbol size. To indicate the state “available”, participants preferred large or medium sized symbols and for the state “unavailable”, they preferred small sized symbols.

3.2 HUD Layout

To analyse the spatial distribution of GUI elements, we divide the HUD in 9 equally sized regions: vertical (left, middle, right) x horizontal (top, middle, bottom). Figure 3 shows the distribution of elements for each region. Blue means low usage, red high usage.



Figure 3: Heat-Map for Used HUD Regions

The main observation is that the three most frequently used regions are in the sections at the bottom. Forty percent of all used symbols are in the middle-bottom region.

3.3 Interface Style and Behavior

In terms of interface style and behavior, we found two major categories, in which all GUI-Designs fit in. We call these categories “Static UI” and “Dynamic UI”. They are closely related to the layout. We describe both categories in the following.

Static UI

The Static UI has mainly one fixed layout, which contains all interface elements. Each maneuver symbol is constantly visible, regardless if available or not. Their position on the HUD is permanent. So, the highlighted maneuver’s position jumps within the HUD, when a new maneuver is executed.



Figure 4: Examples for the Static UI Category

In Figure 4, we see mock-ups from two participants, which are prototypical for a “Static UI”.

Dynamic UI

The Dynamic UI has basically does not contain all interface elements at the same time. It hides unavailable elements, considering they are “unnecessary” (see Discussion). While the position of the active maneuver is fixed in most cases, the position of available maneuver symbols is changed in some versions and in others they are fixed. So, the highlighted maneuver’s position stays at the same position within the HUD, when a new maneuver is executed. Further, we distinguish between a Dynamic UI with fixed layout and a Dynamic UI with a variable layout.

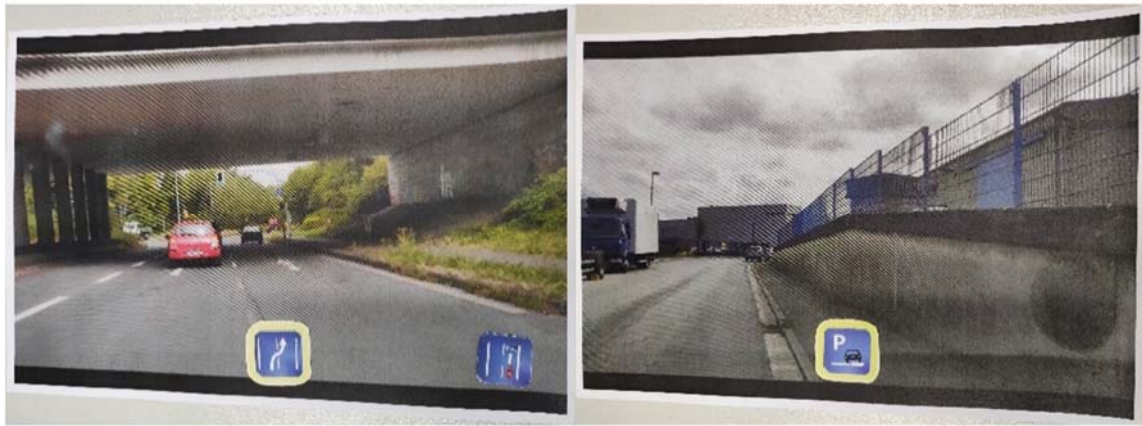


Figure 5: Examples for the Dynamic UI Category

In Figure 5, we see mock-ups from two participants, which are prototypical for a “Dynamic UI”.

3.4 Visualization

To gain further insight into maneuver HUD design, we collected information about how participants would visualize maneuver states, driving parameters, GUI animations.

Maneuver States

We provided a finished design of maneuver GUI elements. Participants uttered some improvements for visualization of the three maneuver states:

- Unavailable/Inactive: “just use outlines”, “increase transparency”, “color gray”, “hide”
- Available: “keep colors, known from road traffic”
- Active: “not sure if necessary”, “highlight with color or border”

Driving Parameters: Speed, Distance, Lane position

Participants sketched a possible visualization for the driving parameters speed, distance to next car and lane position. We selected different sketches in Figure 6.

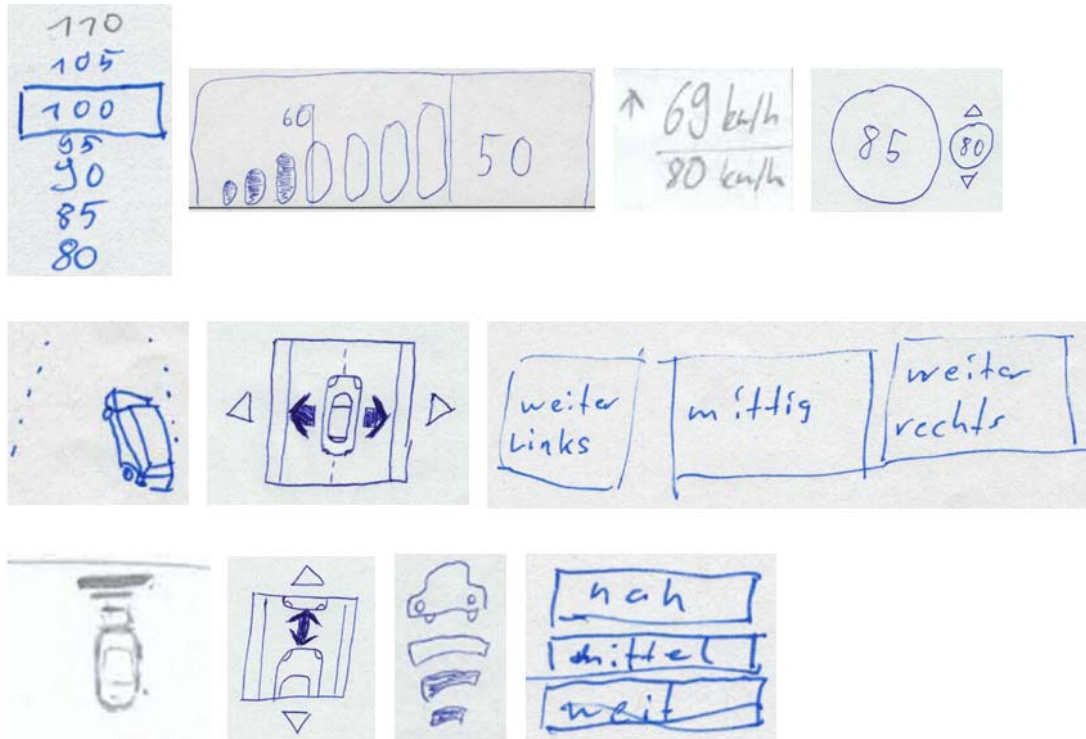


Figure 6: Sketches of the Driving Parameters – Speed (Top Row), Lane Position (Middle Row), Distance to Next Car (Bottom Row)

These sketches show that for distance and lane position a discrete visualization (and consequently input) is preferred, i.e. three categories of distance to the next car (“near”, “middle”, “far”). For speed, a more continuous visualization (and input), is preferred, i.e. in 1 or 5 km/h-intervals. The speed regulation contains a comparison between actual and desired speed in most cases. An arrow indicates acceleration (upwards) or slow down (downwards).

Animation

Regarding additional animations, participants had contrary opinions. While some said “the less the better” or “no movements”, others gave instructions on where to add animations and what to be careful with. We sorted design recommendations and issues of this group by animation target:

- Active Maneuvers: “Active with a pulsing animation”
- Colors/Transparency: “Change of colors for change of states”, “Color change only to gray”, “Transparency should change from inactive to available”, “Transparency problematic for visibility”, “Colors problematic for visibility, i.e. color blindness”, “fade in/out”
- Size: “Scale maneuver size to maneuver possibility”
- Layout: “active maneuvers slide to the HUD edge”

Further suggestions: Maneuver Stack

Figure 7 shows another mentionable sketch: A visualization of a situation in where multiple maneuvers have been uttered by the driver; a graphical stack, which shows all waiting maneuvers and highlights the next to be executed (arrow).



Figure 7: Sketch of a Maneuver Stack

4 Discussion

In our workshop, we presented predefined maneuver symbols, which proved to be understandable in previous work (Detjen et al. 2018). Another option could have been to ask the participants to draw free hand designs and therefore get more information about how to visualize symbols. We were aware of this, but focused on the layout first, and asked for improvements visualization afterwards. We planned another design study, where the procedure is the other way around.

Another point we want to discuss are the two interface styles and their implications for user interaction. There is a trade-off between minimalistic design and learnability. The less information we present the driver the harder he remembers maneuver elements (the higher the cognitive load and frustration). When the layout is not fixed, he cannot connect a certain position of a GUI element to a certain maneuver (e.g., turn left on left side). On the other hand, this mapping of positions to elements is not necessary for an experienced user, who knows all elements and actions. This is comparable to the gear switch. A novice driver has to look at the symbol on the knob in order to find the right gear, while an experienced driver could shift gears blind.

5 Conclusion

Maneuver-based driving is a concept with high potential for future driver-vehicle interaction. In this article, we focused on the vehicle-to-driver interaction. Vehicle-to-driver interaction is important, because it improves user's **acceptance** and **trust** in the system.

We designed **head-up displays** / virtual windshields for maneuver-based driving in a design workshop for 14 maneuvering situations. To increase the imagination of participants, we first showed them a video of the maneuver situation which they designed. They were free to use any number of GUI elements for their mock-up. GUI elements had three **sizes** (small, medium, large) and three **states** (available, unavailable, active). For the “unavailable” state, small elements were preferred and to indicate the state “available”, participants preferred large or medium sized symbols.

In a 9-grid **layout** (left/middle/right x top/middle/bottom), users placed the GUI elements frequently in the bottom row of the screen and most frequently on the middle-bottom area.

We presented different visualization sketches for regulating the **driving parameters** speed, distance to next car and lane position. The sketches showed that there is a dependence on the input style. Some preferred a discrete input, some a continuous. Users thought critical about a possible **animation** of a HUD. We recommend to use animations carefully and to turn them off by default.

We observed **two opposite interface design approaches** (static vs adaptive). For a recommendation on which UI-Style or behavior a system should implement, the space of the HUD is the limiting factor. If there is enough space, we would recommend two user interfaces, split by two phases: In a first learner-phase, the “Static UI” makes most sense. Through permanent display, the user learns the position of the maneuver elements. When he is familiar with the positions, in the following expert-phase a system should use the “Dynamic UI with fixed layout” and hide the unavailable maneuver elements, because the user does not need this information any longer and the interface is cleaner. This transition between interfaces should be reversible. If there is not enough space to guarantee fixed positions for each maneuver element and maneuvers have to share position in the HUD, the “Dynamic UI with variable layout” should be the style to implement.

6 Literature

- Detjen, H.; Faltous, S.; Geisler, S.; Schneegass, S. (2019): “Voice and Free-Hand Gestures for Maneuver-Based Car Control”, in preparation.
- Detjen, H.; Geisler, S.; Salini, M.; Wozniak, M.; Borgmann, C. (2018): “Teilautomatisiertes Fahren via Sprachsteuerung: Erwartungen und Anforderungen”. In: *Mensch und Computer 2018-Workshopband*.
- Franz, B. (2014): “Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen”. Dissertation. TU Darmstadt.
- Haeuslschmid, R.; Pfleging, B.; Alt, F. (2016, May): “A design space to support the development of windshield applications for the car”. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 5076–5091). ACM.
- Hoff, K. A.; Bashir, M. (2015): “Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust”. In: *Human Factors* 57.3 (pp. 407–434).
- Kauer, M.; Schreiber, M.; Bruder, R. (2010, June): “How to conduct a car? A design example for maneuver based driver-vehicle interaction”. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2010 IEEE* (pp. 1214–1221). IEEE.
- SAE (2018): “Levels of driving automation”, retrieved at 31.01.2019 from <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>.
- Walch, M.; Mühl, K.; Kraus, J.; Stoll, T.; Baumann, M.; Weber, M. (2017): “From Car-Driver-Handovers to Cooperative Interfaces: Visions for Driver-Vehicle Interaction in Automated Driving”. In *Automotive User Interfaces* (pp. 273–294). Springer, Cham.
- Winner, H.; Hakuli, S. (2006, October): “Conduct-by-wire—following a new paradigm for driving into the future”. In: *Proceedings of FISITA world automotive congress* (Vol. 22, p. 27).

Artificial Intelligence in Automotive Production

Richard Meyes, Hasan Tercan

University of Wuppertal, 42119 Wuppertal, meyes@uni-wuppertal.de, tercan@uni-wuppertal.de

Prof. Dr.-Ing. Tobias Meisen

Chair of Technologies & Management of Digital Transformation, University of Wuppertal, Rainer-Gruenter-Str. 21, 42119 Wuppertal, meisen@uni-wuppertal.de

1	Introduction.....	309
2	Use Case: Deep Drawing of Car Body Parts	310
3	Use Case: Windshield Production for Automobiles	314
4	Use Case: Soft Sensors for Series Production Vehicles	318
5	Summary and Conclusion	321
6	References.....	323

Abstract:

Deep Learning (DL), Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML): Three terms, often used synonymously, that stand for a new kind of intelligent systems. Companies worldwide invest financial and human resources to tap the potential and promises of these technologies for themselves: be it in the establishment of data science departments or of powerful computer clusters. The automotive industry is no exception – thereby, with a prominent media focus on “autonomous driving”. However, this is not the only application area for Artificial Intelligence in the automotive domain. The use of machine learning is also researched and applied in automotive production plants: From the use in the body shop all the way to predictive estimations of what proportion of a component is damaged. In this contribution, we discuss the use of Artificial Intelligence in practical examples of automotive production and point out which challenges exist and which approaches are promising. At the same time, we discuss and evaluate the potentials and challenges.

JEL Classification: C88

Keywords: Industrial Machine Learning, Automotive, Predictive Quality, Failure Forecasting, Time Series Data, Sensor Analysis, Soft Sensors

1 Introduction

The digital transformation in the early 21st century has a significant impact on modern society and is accompanied by phenomena like the Internet of Things (IoT) and the fourth industrial revolution (I4.0) (Federal Ministry of Education and Research, 2013). The development and introduction of modern digital technologies – above all artificial intelligence – lead to high expectations among companies in all branches of industry. As one of the most advanced industries in digitizing its production environments, the automotive industry has great potential for value-added approaches based on artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) (Exone, 2018). AI and ML have seen great success in domains like computer vision (CV) (Krizhevsky et al., 2012; He et al., 2016) and natural language processing (NLP) (Graves et al., 2013; Cho et al., 2014) and are increasingly exploited for applications in the classical production technology sector, not only, but especially of the automotive industry. Here, manufacturing processes from prototype and series production scenarios, which are generally subject to a number of restrictions imposed by the requirements placed on production machines and manufactured products, demand careful adaptations of today's AI and ML methods for the successful transfer to these complex scenarios. Some relevant challenges of such scenarios regarding data is the assurance of its quality, its security and its accessibility, i.e. the possibility to collect relevant data. Specifically, the limited possibility to interfere with specific process steps and to take the necessary precautions when dealing with the requirements of stable and clocked series production processes is a major concern for the successful transfer of data driven AI and ML methods. Another frequently encountered challenge is the beneficial utilization of domain expert knowledge for AI and ML methods. In many cases, domain experts make decisions based on years of experience and human intuition. Formalizing this experience and intuition often significantly improves the performance of an AI/ML model or even enables its beneficial use.

In this paper, we demonstrate the transferability of AI and ML methods to industrial scale challenges. Therefore, we present and discuss three different scenarios from the automotive industry and the application of AI and ML approaches to contribute to these scenarios. The first use case addresses the task of forecasting sensory time series signals acquired from a deep drawing tool to predict process failures, i.e. cracks in the manufactured metal sheets, in order to react to possible process failures before they actually occur. The second use case addresses the task of predicting the curvature of windshields manufactured along a multi-step production line based on process parameters in order to complement the posterior manual quality control process at the end of the line by a data driven a-priori estimation of the windshield's quality. Last, the third scenario addresses the reconstruction of real-world sensory time series signals from internal control units in a prototype vehicle in order to replace these sensors by soft sensors that provide the same information in series pro-

duction vehicles without the need of the actual physical hardware. We further discuss the potential to generalize our transferred approaches to other scenarios with similar problem settings and identify some key considerations to be made for a successful use of AI and ML methods in industrial setups.

2 Use Case: Deep Drawing of Car Body Parts

Deep drawing is a sheet metal forming process in which a sheet metal blank is radially drawn into a forming die by the mechanical action of a punch (cf. Figure 1) (DIN 8584-3, 2003-09).

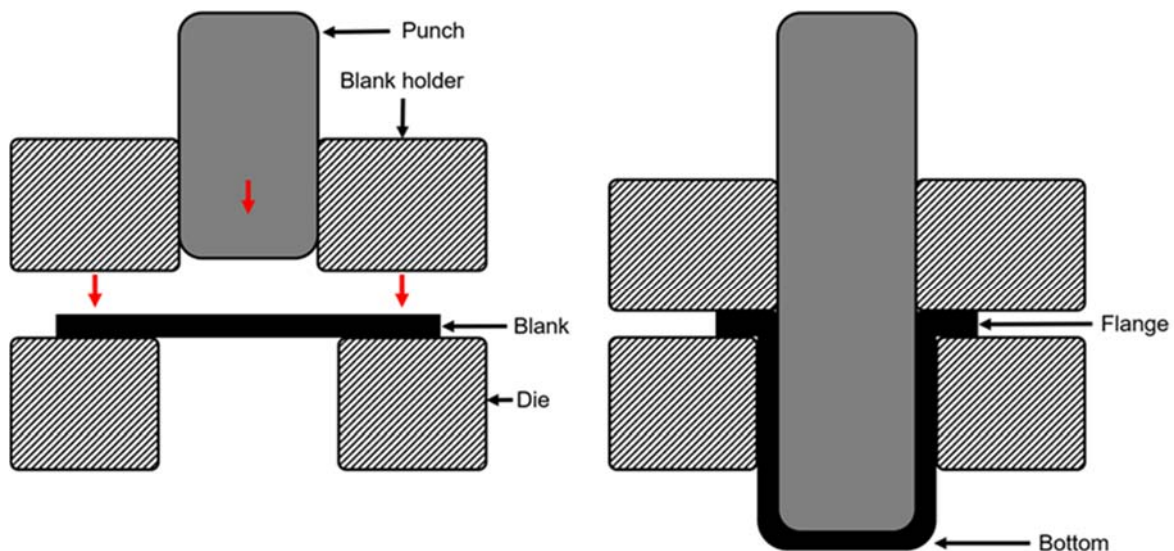


Figure 1: Schematic illustration of the deep drawing manufacturing process.

Left: before the deforming process. Right: after the deforming process

The most frequently occurring process failure in deep drawing is the accidental formation of cracks in the metal sheet. Besides economic aspects of producing waste products, such process failures pose the much more critical problem that the deep drawing tool may be damaged in the process. Currently, the quality of the manufactured metal sheets is assessed manually by human workers at the end of the line. If a cracked sheet is identified, it is sorted out and recycled, however, no data about the quality control process is saved and the cause of the crack is not determined. Therefore, the occurrence of cracks in the metal sheets and potentially devastating consequences for the deep drawing tool can only be identified after the actual manufacturing process, however, an a-priori prediction about the likelihood of process failures is required to react to these failures before they happen in order to protect the deep drawing tool from critical damage.

In order to address this issue, first the deep drawing tool was enhanced with strain gauge sensors and flange retraction laser sensors that acquire data during the deep drawing process (cf. Figure 2).

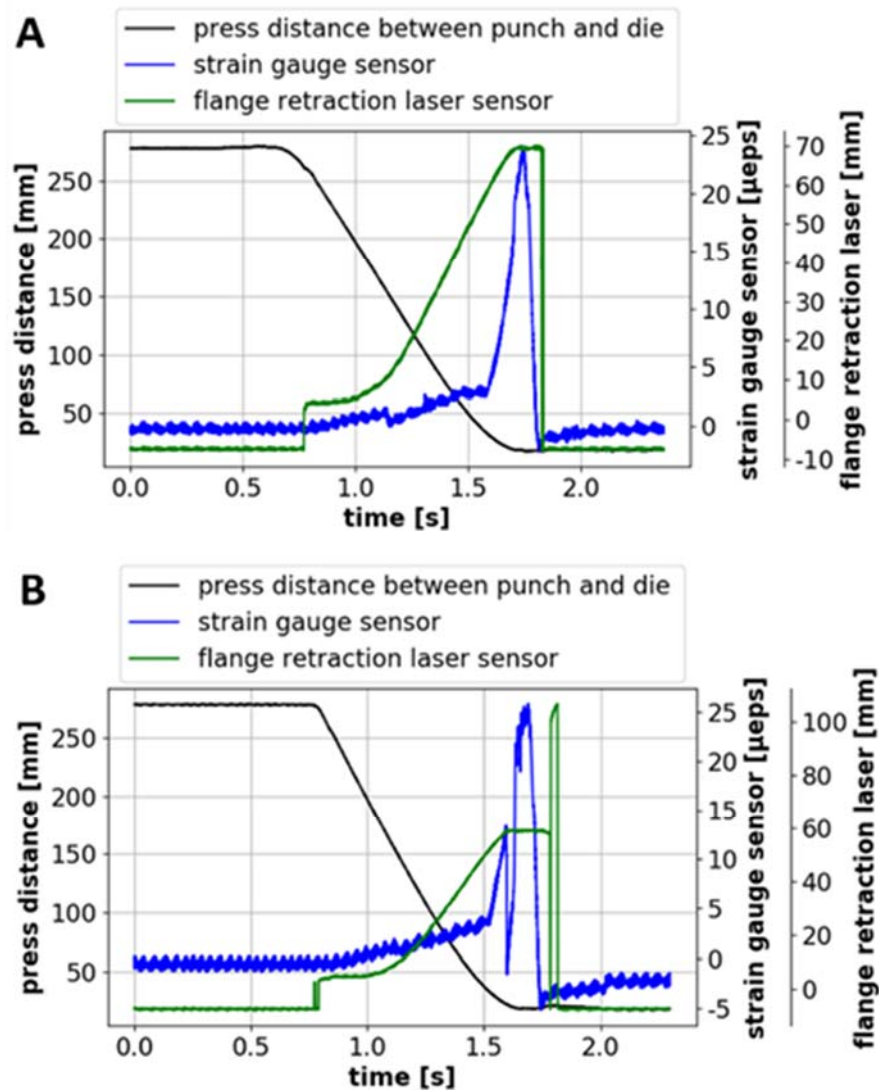


Figure 2: First: exemplary time series data of a good stroke acquired from the deep drawing tool.

Second: exemplary time series data of a bad stroke acquired from the deep drawing tool. Note that the sudden decrease of the strain gauge sensor data likely indicates a crack in the metal sheet. Additionally, the distance measured by the flange retraction laser plateaus before the end of the stroke and is much smaller as compared to the good stroke.

The acquired data contains information about whether a crack occurred in the metal sheet and can be used for predictive analysis in order to forecast process failures. Second, we utilized a combination of two Long-Short-Term-Memory (LSTM) neural networks that were trained on the acquired sensory data to estimate whether a deep drawing process will result in a good product or a waste product and to forecast the sensory signals to predict the occurrence of process failures, i.e. cracks in the metal sheet.

2.1 State of the Art

Prominent research fields in the deep learning domain that largely utilize LSTM based neural network architectures to analyze time series data are natural language processing (NLP), computer vision (CV) and anomaly detection. In addition to the successful use of LSTMs for CV and NLP tasks, there is a number of applications using standard LSTMs for industrial use cases. For example, in the field of process control engineering LSTMs are used to predict package signatures of field-devices, detect anomalies in the communication and finally identify problematic processes (Feng et al., 2017). Furthermore, in the field of chemical process control, LSTMs are utilized as a dynamic soft sensor modelling method to deal with complex nonlinearities and to predict sensory time series data of coal gasification online (Tsinghua et al., 2017). An example much closer to the field of mechanical engineering and production engineering utilized LSTM based analysis of industrial internet of things equipment for the regression of 33 sensors of a main pump in a power station (Zhang et al., 2018). Despite the numerous applications that utilize LSTMs in different fields, to the best of our knowledge, there are no realizations to transfer bidirectional LSTM networks optimized for frequency-based anomaly detection to manufacturing processes. We adopt the combination of a wavelet transformation-based approach for feature extraction and a bidirectional LSTM based neural network to sensor time series data for anomaly prediction and regression analysis in manufacturing.

2.2 Methods and Results

In a first step, we supported the manual quality control process at the end of the line by an automated and data driven solution to identify cracks right after the deep drawing process preparing the data for further training. We utilized the labeled data to train a supervised learning model to identify cracks and predict their severity and occurrence in time before they actually happen.

label		true		Σ
		good	bad	
predicted	good	604,25	2,4	606.65
	bad	36,75	21,6	58.35
Σ		641	24	665

Table 1: Contingency table containing the averaged results across the threefold cross-validated performance evaluations

Figure 3 shows the analysis workflow starting with preprocessing the raw sensory data from the strain gauges and the flange retraction lasers. The preprocessed data

was cut before all the cracks occurred so that the model's input has no information about when a crack occurred or how severe it was. The cut data is fed into a classifier, which estimates the likelihood of a particular stroke to cause a crack in the deformed metal sheet. That estimation is fed together with the preprocessed strain gauge sensory data into a regression model that forecasts the strain gauge time series, thus estimating the point in time and the severity of the predicted crack.

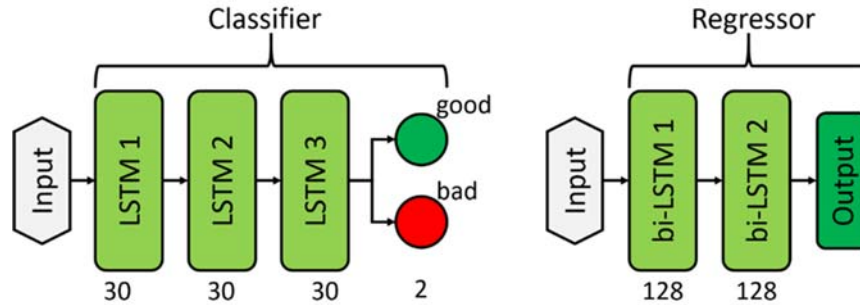


Figure 3: Schematic illustration of the architectures of the classifier model and the regression model

Figure 4 shows the architectures of the LSTM classifier and the LSTM regressor. The classifier contains three LSTM layers with hyperbolic tangent activation and 30 units in each layer and a binary classification output layer with SoftMax activation. The regressor contains two bi-directional LSTM layers with hyperbolic tangent activation with 128 units each and a single output node, which returns 412.5 milliseconds forecast of the strain gauge sensory data. Figure 3 shows the confusion matrix corresponding to the evaluation of the classifier's performance in the test data set which contained 665 strokes in total. The classifier reached an F1 score of 0.9686, indicating a good classification performance despite the strong unbalance of both classes.

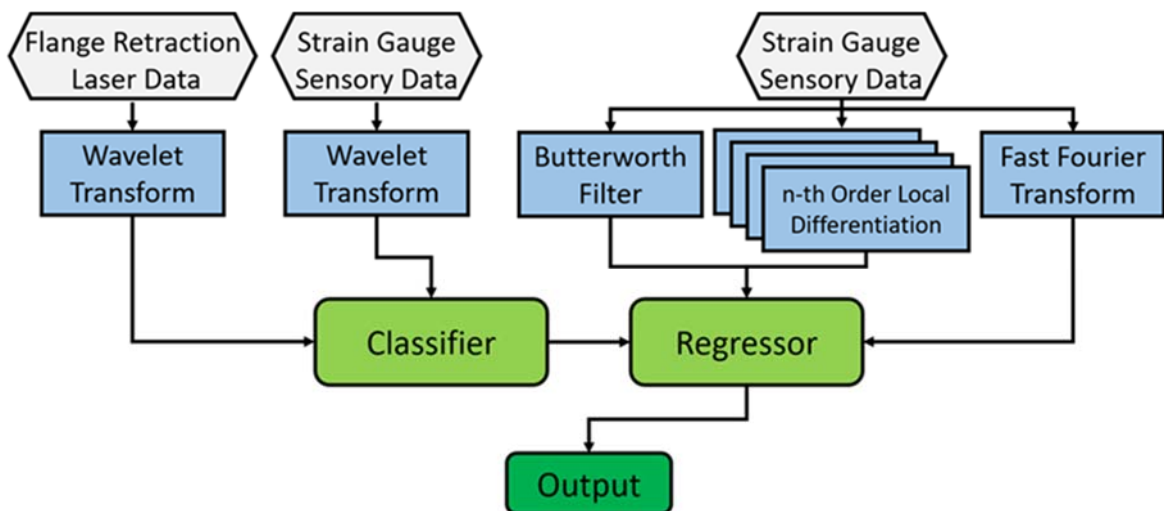


Figure 4: Schematic illustration of the data analysis workflow to forecast the occurrence of cracks in the manufactured metal sheets

Figure 5 shows two examples for the prediction of the learning models. The model accurately forecasts the ime series of the strain gauge signals allowing to reliably estimate whether a stroke is likely going to produce a good sheet or a cracked sheet.

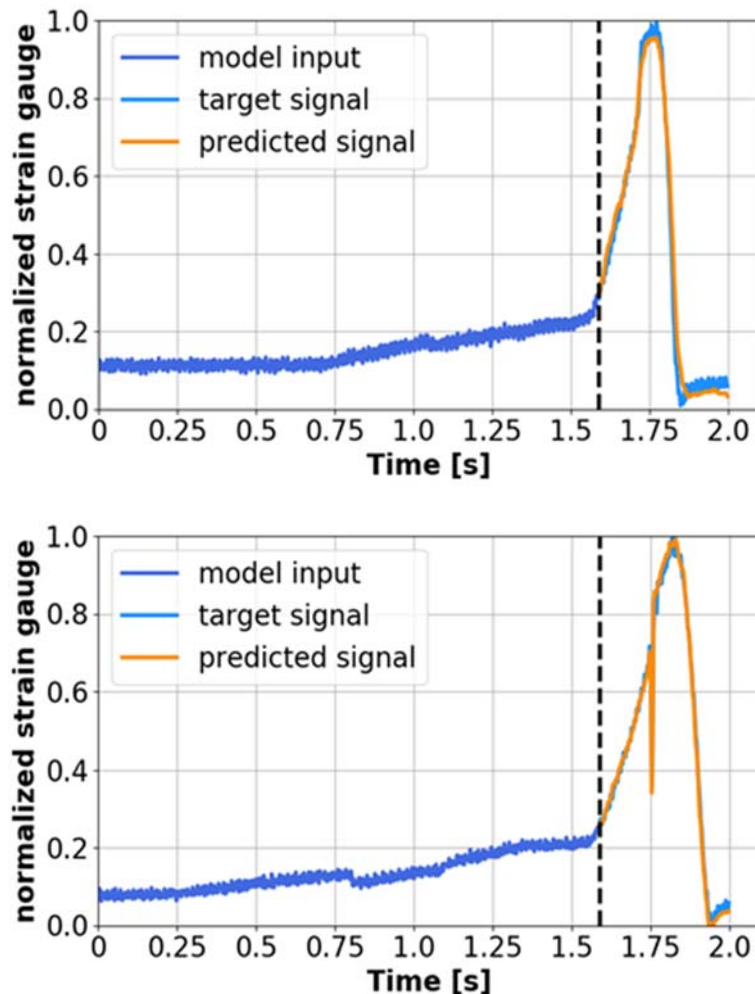


Figure 5: Two exemplary prediction results of the LSTM model. First: a good stroke. Second: a bad stroke, which caused a crack in the metal sheet. The occurrence of the crack is correctly predicted by the regression model.

3 Use Case: Windshield Production for Automobiles

The production of windshields for automobiles is a multi-step production process that comprises highly different and complex processes such as glass pre-processing (e.g. cutting, grinding), glass forming in a high temperature furnace, and the assembly of windshields. The very last step involves the quality control procedure where process experts manually measure quality-related criteria such as geometry deviations or optical reflection of the windshields. Due to the complex nature of the production process and the fact that quality criteria are measured at the end of the process, quality assurance is a challenging factor in the windshield production. In addition, the domain is facing constantly increasing requirements: latest trends such as Head-Up-Displays (HUD) require both higher qualities and lower manufacturing

tolerances. In order to meet these challenges, we present a state-of-the-art machine learning based solution to support the control of the windshield forming process. Based on data gathered by sensors in the process (e.g. furnace temperatures), prediction models are used to identify correlations between process variables and to make inline predictions of the much later windshield quality (here: geometry deviations) while the windshields are being produced.

The presented approach lies in the field of predictive analytics, which aims at creating empirical predictions by means of statistical or empirical models (Galit, Koppius, 2001). In the field of production and manufacturing, predictive models are gaining increasing attention and related work has shown their effectiveness when applied to machining processes (Seung-Jun et al., 2014). One application domain of predictive modeling is predictive quality, where the aim is to use data driven methods for the prediction and optimization of processes with respect to certain quality related criteria (Siam et al., 2013). While most of the state-of-the-art solutions lie in the field of control engineering and optimal control theory, new techniques based on machine learning are arising. Especially supervised machine learning models such as decision trees, support vector machines or artificial neural networks have been proven successful to predict quality criteria of manufacturing processes based on process parameters (Choudhary et al., 2009; Hansson et al., 2016; Tercan et al., 2017). In the following, we present a similar approach for predictive quality based on sensory and control data in a windshield forming process.

3.1 Methods and Results

We aimed to predict geometry deviations of windshields (measured at the end of the forming process) during the bending phase based on sensory and control data. For this purpose, at first the data of over 40 quantities relating to the quality of the windshield in an unknown fashion are collected, cleaned and aggregated. These quantities include measured temperatures (furnace chambers, shop floor), parameterizations of the process (pressure settings, cycle times) as well as the windshield temperature in the furnace (measured by an infrared thermal line-scanner). Additionally, we collected geometry deviation measurements of hundreds of windshields during several production campaigns over the course of a month. Figure 6 shows the geometry deviations for two selected campaigns in a box plot, each with approx. 250 windshields.

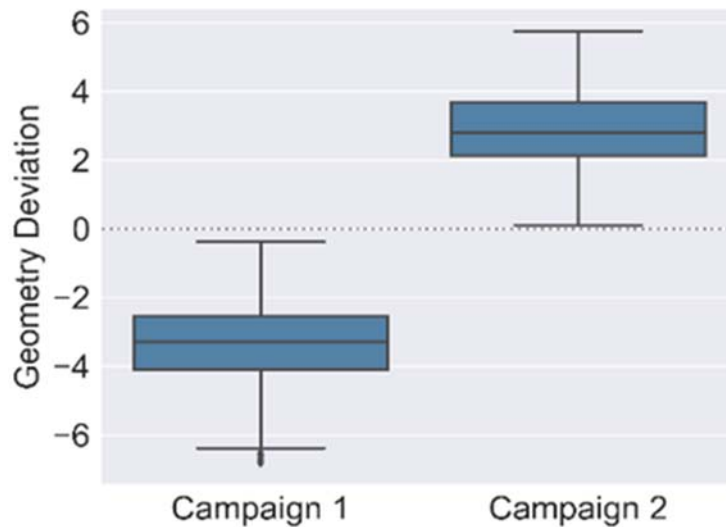


Figure 6: Box plot of geometry deviations from two production campaigns

A significant difference in the distribution of the collected data between the campaigns (positive vs. negative deviations) is evident. One of the main questions is whether this variation between windshields can be depicted in the process data as well. Thus, we subsequently conducted correlation analyses (pearson correlation) to identify relationships between process and quality data. Figure 7 depicts scatterplots between four selected variables that are highly correlated to the geometry deviation. It clearly shows basic principles and phenomena of the glass forming process: the higher the temperature of the windshield in the furnace becomes the more it bends (positive deviation). Based on these findings, uncorrelated variables are removed from the data basis, whereas the most correlated ones serve as the basis for prediction.

Since the target variable geometry deviation is a numerical measurement, we make use of supervised machine learning in terms of regression models. The models are trained on approximately 400 data records, each representing a windshield with twelve variables (e.g. chamber temperature, the windshield temperature). The evaluated methods are: an artificial neural network (Nasrabadi, 2007), a 3rd degree Bayesian polynomial regression (James et al., 2013), a random forest (Liaw, Wiener, 2002) and a gradient boosted regression tree (Tianqi, Guestrin, 2016). All methods are evaluated with 10-fold-cross-validation by calculating the coefficient of determination (R^2) from their predictions.

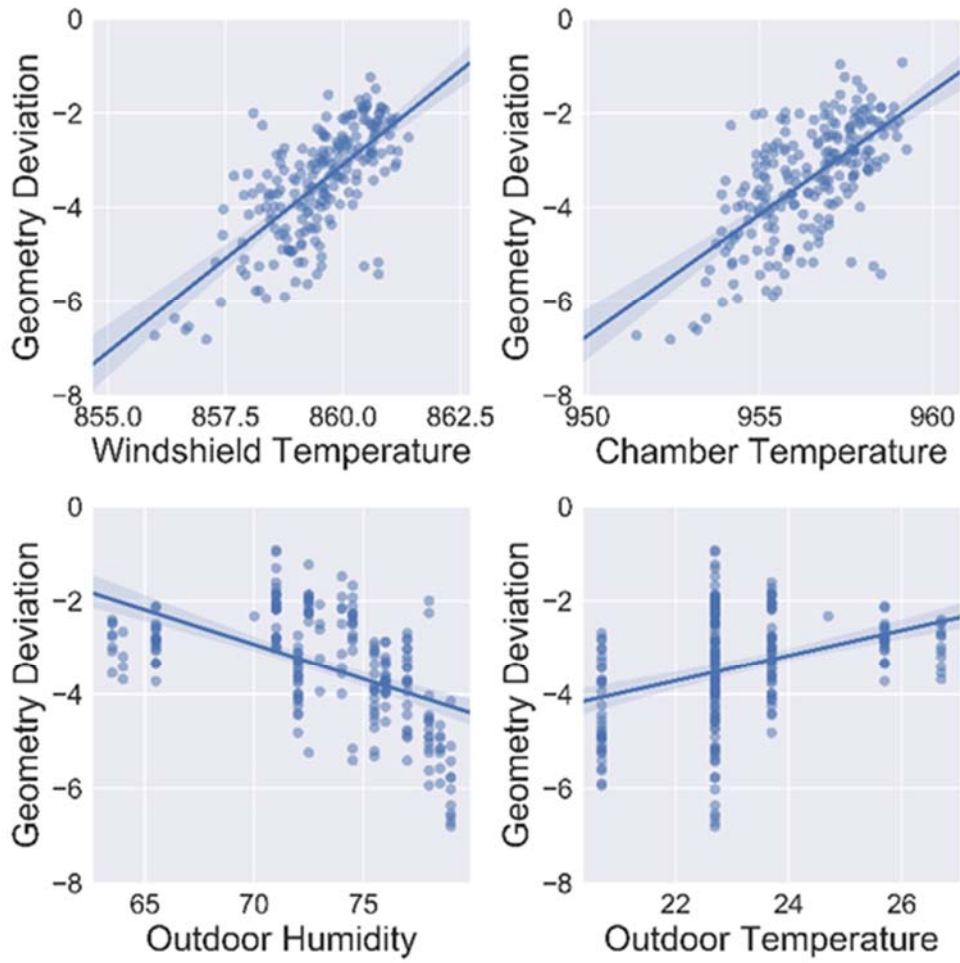


Figure 7: Scatterplots with linear regression curve of different process variables (chamber temperature, glass temperature in furnace, outdoor temperature and humidity) with corresponding geometry deviations. The plots represent windshields over a single campaign

R^2 is defined as follows (Tianqi, Guestrin, 2016):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

where n is the number of observations in the test set, y the real output value (geometry deviation) of an observation, \bar{y} the mean of these values, and \hat{y} the predicted output from a model. The best possible score is 1.0, whereas negative values can also occur.

Table 2 shows that the predictions of the geometry deviations yield high accuracies.

Model	R ² -Score
Artificial Neural Network	0.932
Bayesian Regression	0.924
Random Forest	0.919
Boosted Tree	0.916

Table 1: Comparison of different prediction models with respect to the final test score.

The best performing model is a neural network that consists of one hidden layer with 50 neurons with the hyperbolic tangent activation function. It obtains a R²-Score of 0.932, which shows that the network can predict the (future) geometry deviations of windshields based on the process data. In fact, the high score as well as Figure 6 indicate that the model captures the geometric variations very well. The figure illustrates the predictions by comparing the real geometry deviations as well as the predicted ones in a test set of 75 randomly selected windshields. Interestingly, there exist also some major false predictions (e.g. test data point 38 in Figure 6) where the model itself predicts an overbending (positive deviation) of the windshield while the real outcome was just the opposite. The correct prediction of the bending direction is critical, since the prediction itself founds the basis for an automated control in later process phases. Nonetheless, in 95 % of all cases the model correctly predicts this direction.

We conclude that the quality of automotive windshields can be predicted within the production process by means of supervised machine learning models (i.e. artificial neural networks). The results provide a basis for an autonomous online regulation of the process, i.e. the predictions will be fed back to the regulation system automatically, which can react to predicted failures and immediately compensate fluctuations by adjusting process parameters such as furnace temperatures to minimize upcoming quality deviations in a targeted manner.

4 Use Case: Soft Sensors for Series Production Vehicles

Modern car prototypes are equipped with a large number of sensors that acquire data during various test runs under different test conditions and on different test tracks. The acquired data yields information about the state of the car during its operation and specifically about the strain on particular components that are enhanced with e.g. strain gauge sensors. The live data bears great potential and extends the accessibility of information during the lifecycle of specific components from periodic maintenance appointments to their daily use. However, due to the large number of single components in modern cars, transferring this approach to series production vehicles would require considerable changes of the production lines with new pro-

duction steps and additional quality control measures. In order to harness the potential of such sensors and avoid additional hardware in series production vehicles at the same time, we propose to replace the real sensors with virtual sensors or soft sensors that reconstruct the real-world signals from the internal control units.

4.1 State of the Art

The concept of soft sensors is widely used in chemical industrial scenarios where their most frequent case of application is due to the lack of possibility to place real sensors within some area of interest of an experimental setup, e.g. within a tank filled with acid liquid. For similar reasons, soft sensors are also widely used for the system control of combustion processes in power plants (Kugler et al., 2014). A domain closer to the domain of mechanical engineering is the domain of plastics processing, where soft sensors based on artificial neural networks are used for online adjustment of process parameters to improve energy consumption, and product quality (Kugler et al., 2013; Kugler et al., 2012). To the best of our knowledge, there is no realization of soft sensors to acquire live data from prototype vehicles to gain more detailed insights about the lifecycle of specific kinematic components and how these components are stressed during the use of the vehicle.

4.2 Methods and Results

We propose an approach that reconstructs the sensor signals from internal control units that are installed in every series production vehicle. We utilize extreme gradient boosting (XGBoost) (Liaw, Wiener, 2002), a popular machine learning algorithm that has been proven to be an excellent solution for many learning problems winning a number of highly decorated Kaggle challenges, to reconstruct the force and the torque that is exerted on specific components of a vehicle's axle kinematics. Figure 9 shows the sensory time series data that poses the basis for the learning problem. The black signals stem from different internal control units while the blue signal is an example of an external signal that needs to be reconstructed. All timeseries are plotted on the same time scale and in most cases show a periodic course, which comes from the periodicity of the test track on which the data was acquired. The darker grey areas correspond to the first five rounds on the test track and are used as training data while the lighter dark area is the test data, i.e. the learning model is supposed to learn from five rounds on the test track how the torque on the drive shaft in the sixth round unfolds. The prototype vehicle with which the data was acquired provided 79 internal control units, which form the basis for the reconstruction task. Figure 8 shows a schematic illustration of the analysis workflow.

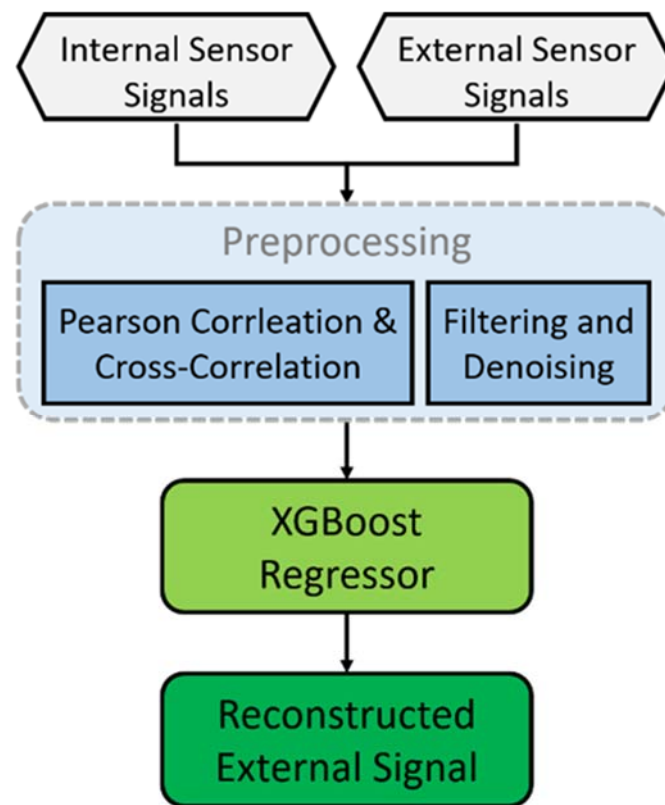


Figure 8: Schematic illustration of the data analysis workflow.

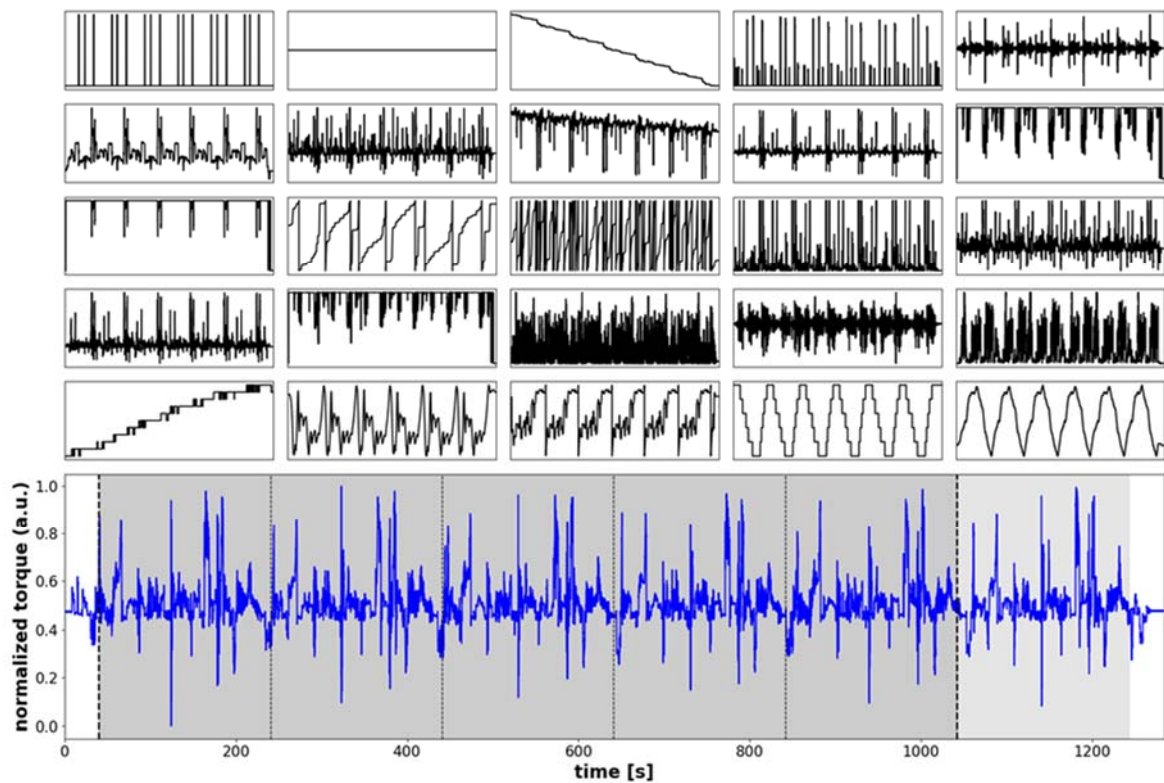


Figure 9: Illustration of the sensory data that is the basis for the learning problem.

In a first step, we selected a subset of these 79 signals based on the significance of the correlation between the internal signals and the external signal. Furthermore, we considered temporal delay between the signals by calculating the cross-correlation and removing any possible time lag. Thus, every external signal is reconstructed from a specifically chosen subset of internal signals. In a second step, the data was cleaned from electrical noise in order to extract frequency components in the data relating to oscillations of the vehicle's chassis. Figure 10 shows an example of the model's prediction for two different test tracks. While the overall trend and most of the different frequency components of the original signal can be reconstructed reliably, there are some minor features contained that are not properly fit by the learning model. This is likely due to the lack of information contained in the correlation between the original control unit signals and the external sensor signal that is reconstructed.

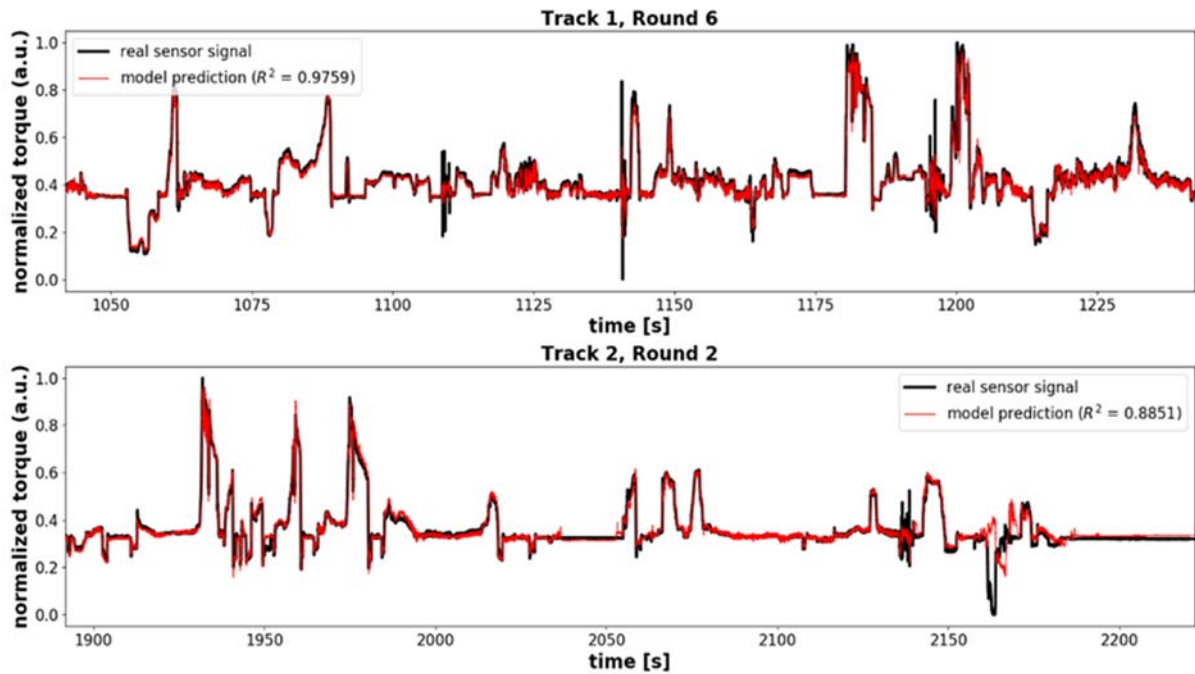


Figure 10: Two exemplary prediction results on two different test tracks.

5 Summary and Conclusion

The advanced state of the digitization in the automotive industry poses great potential for data driven approaches utilizing AI and ML methods to tackle typical problems of modern production scenarios. We presented three exemplary use cases from different domains demonstrating the transferability of such methods.

In the first use case, we forecasted sensory time series signals acquired during the deep drawing of car body parts for process failure prediction. The timely prediction of such a failure, a cracked meta sheet, allows to preemptively react and stop the process to protect the deep drawing tool from potentially critical damage. The intention to forecast time series data to predict the further course of production processes

is highly desirable many other scenarios. The utilized architecture of LSTM networks is easily transferable to such scenarios after the adaptation of the preprocessing steps and the model's hyperparameters according to the scenario specific data.

In the second use case, we predicted the quality of automotive windshields by means of machine learning models based on data gathered in previous process steps. We found that the collection and aggregation of relevant process data such as the glass temperature is critical for the success and the predictive performance of the models. The work represents a successful data driven predictive quality approach that complements the manual quality control at the end of the production line. It serves as a basis for an autonomous AI-based predictive regulation of this multi-step production process.

In the third use case, we reconstructed sensory time series signals from internal control units in prototype vehicles to replace these hardware sensors by soft sensors in the series production vehicles. We found that the best reconstruction performance for different sensors was dependent on the choice of control unit signals as input for the regression model. The intention of harnessing the potential of sensory data exploiting complex patterns of correlations between single sensors to create a soft sensor is highly desirable in scenarios in which a hardware sensor cannot be installed due to environmental reasons such as extreme temperatures in furnaces or very high/low pH-values in liquids, due to economic considerations or simply is not desirable to be installed to avoid increased maintenance efforts.

Although the benefits of artificial intelligence are evident in the use cases and beyond, the introduction and eventual sustainable use of such systems is still rare rather than standard. The reasons for this are manifold and are not only of a technical nature. For instance, despite the advanced state of digitization, the automotive industry suffers from a continuous struggle to overcome traditional habits of past developments in the industry that made it as successful as it is nowadays. The sustainable implementation of new technologies such as AI and ML requires the adaptation of traditional roles and established structures as well as the acceptance of such new technologies on a technical and organizational level. At the same time, the high standards in terms of quality and efficiency that were a major factor for the past developments of the industry need to be maintained. Besides technical and organizational aspects, acceptance of new technologies and trust in their benefits rather than fear of the consequences of their adoption needs to be gained on a human level especially when the debate in science and the media are so diverse as is the case for artificial intelligence.

6 References

- Cho, K.; Van Merriënboer, B.; Gulcehre, C.; Bahdanau, D.; Bougares, F.; Schwenk, H.; & Bengio, Y. (2014): Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation. In: arXiv preprint arXiv:1406.1078.
- Choudhary, A.K.; Tiwari, M.K.; Harding, J. (2009): Data mining in manufacturing - a review based on the kind of knowledge. In: *J Intell Manuf* 20 (5), pp. 501–521.
- DIN 8584-3 (2003-09): Manufacturing processes forming under combination of tensile and compressive conditions. Part 3: Deep drawing; Classification, subdivision, terms and definitions.
- Exone GmbH (2018): Digitalisierung der Automobilindustrie: Trends und Zukunft. In: *Exone Technik-Ratgeber* 2018.
- Federal Ministry of Education and Research (2013): Industrie 4.0 Working Group, Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, final report.
- Feng, C.; Li, T.; Chana, D. (2017): Multi-level anomaly detection in industrial control systems via package signatures and lstm networks. In: *Dependable Systems and Networks (DSN)*, 2017 47th Annual IEEE/IFIP International Conference, pp. 261–272.
- Galit, S.; Koppius, O.R. (2001): Predictive analytics in information systems research. In: *Mis Quarterly*, pp. 553–572.
- Graves, A.; Mohamed, A. R.; & Hinton, G. (2013): Speech recognition with deep recurrent neural networks. In: *Acoustics, speech and signal processing (icassp)*, 2013 IEEE international conference, pp. 6645–6649.
- Hansson, K.; Yella, S.; Dougherty, M.; Fleyeh, H.; (2016): Machine Learning Algorithms in Heavy Process Manufacturing. In: *American Journal of Intelligent Systems*.
- He, K.; Zhang, X.; Ren, S., & Sun, J. (2016): Deep residual learning for image recognition. In: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 770–778.
- James, G.; Witten, D.; Hastie, T.; Tibshirani, R. (2013): *An introduction to statistical learning: With applications in R*. Springer, New York, Heidelberg, Dordrecht, London, p. 426.
- Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; & Hinton, G.E. (2012): Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In: *Advances in neural information processing systems*, pp. 1097–1105.

- Kugler, C; Dietl, K.; Hochrein, T.; Heidemeyer, P.; Bastian, M. (2013): Robust soft sensor based on an artificial neural network for real-time determination of the melt viscosity of polymers, PPS: 29. Nürnberg 2013.
- Kugler, C.; Froese, T.; Hochrein, T.; Bastian, M. (2012): Reale Aufgaben für virtuelle Sensoren, In: Kunststoffe. Carl Hanser Verlag, München, Heft 2/2012.
- Kugler, C.; Hochrein, T.; Bastian, M.; Froese, T. (2014): Verborgene Schätze in Datengräbern, In: QZ. Jahrgang 59, Carl Hanser Verlag, München 2014.
- Liaw, A. and Wiener, M. (2002): Classification and regression by random forest. In: R news 2.3 (2002): pp. 18–22.
- Nasrabadi, Nasser M. (2007): Pattern recognition and machine learning. In: Journal of electronic imaging 16.4.
- Seung-Jun, S.; Woo, J.; Rachuri, S. (2014): Predictive analytics model for power consumption in manufacturing. In: Procedia CIRP 15 (2014), pp. 153–158.
- Siam, A. et al. (2013): Data-driven model predictive quality control of batch processes. In: AIChE Journal 59.8 (2013): pp. 2852–2861.
- Tercan, H.; Khawli, T.A.; Eppelt, U.; Büscher, C.; Meisen, T.; Jeschke, S.; (2017): Improving the laser cutting process design by machine learning techniques. In: Production Engineering 11 (2), pp. 195–203.
- Tianqi, C.; Guestrin, C. (2016): Xgboost: A scalable tree boosting system. In: Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining. ACM, 2016.
- Tsinghua, W.K.; Huang, D.; Yang, F.; Jiang, Y. (2017): Soft sensor development and applications based on LSTM in deep neural networks. In: Computational Intelligence (SSCI), 2017 IEEE Symposium Series, pp. 1–6.
- W. Zhang, W. Guo, X. Liu, Y. Liu, J. Zhou, B. Li et al., (2018): LSTM-Based Analysis of Industrial IoT Equipment, IEEE Access 6, pp. 23551–23560.

Fair Tour Planning: Managing Parcel Logistics by Neural Networks

Can Sentürk

Plateau Luxembourg Sarl, 1, Rue de l'Etang, 5326 Contern, Luxembourg

Prof. Dr. Hans-Günter Lindner,

TH Köln, Claudiusstr. 1, 50678 Köln, hans-guenter.lindner@th-koeln.de

1. Introduction	326
2. eBrahim: Fair Tour Planning Solution	327
3. Results and Outlook	333
4. References	334

Abstract:

In times of high-frequency eCommerce, the value of parcel logistics grows continuously. Customers expect “sofortness” (instant delivery), which increases pressure on the whole delivery system. The ultimate performance driver is workforce. Teamwork is essential because only one conveyor belt exists to handle the whole process from collection to delivery; the “last mile” is the most complex part of the logistics process that must support fairness, rules, and compliance. We developed a platform to fulfill these requirements. An artificial neural network with deep learning characteristics builds clusters of logic and geographic segments. It helps to plan the delivery and to calculate the necessary performance per parcel and delivery stops. Daily controlling, automatic data preparation, and enrichment feed the artificial neural network. Finally, the application places segments sequentially to meet team fairness in a highly agile daily business of a logistics company in Luxembourg.

JEL Classification: L87, M54, O14, O15

Keywords: Tour Planning, Parcel Service, Courier Market, Human Capital, Artificial Intelligence, Neurocomputing

1 Introduction

1.1 Parcel Logistics

The German CEP market is determined by personal delivery, high speed (same day delivery), and small parcels lighter than 30 kg. In 2016, 3.16 billion shipments were sent in Germany and the CEP market employs ca. 219,400 people with an increasing tendency (BIEK 2017, p. 29); until 2020, an annual increase of 5.1% is expected (BIEK 2017, pp. 5). The services are essential for industry, retail and services to deliver in time with a guaranteed freshness. Especially what is known as the “last mile” gains importance. A decreasing number of potential employees follows recruiting problems. Urbanization, a growing number of elderly people, and singles challenge traditional logistic concepts (Urbanization is the expansion of cities by number, area and/or inhabitants (Bähr 2011, no p.)). The number of shipments increased by 45% and the revenue by 39% which reflects a high pressure on markets and prices (BIEK 2017, p. 15).

We need to face the mentioned problems. The megatrends digitalization, convenience, ecology, and setting of standards gain ground (Pieringer 2017, no p.). But concepts are too abstract to solve real problems, especially the bottleneck of hiring qualified employees. Autonomous vehicles, drones, IoT are a vision, but need time for development and the process of regulations.

In our example distribution centre, our challenge today are 7,500 parcels that have to be delivered. This corresponds to about 5,000 delivery stops (an average of 1.5 parcels per delivery point), which are handled by drivers who deliver an average of 80 stops per day.

The calculation of the required workforce in this industry is based on the stop quantity of that day. More stops lead to more rounds. As a consequence, this leads to more spendings. But more parcels to the same location do not generate more costs in the delivery.

1.2 Human Values in Parcel Logistics

Digitalization will not only empower employees although it basically accelerates operational work, but monotonous work switches off brain functions due to the lack of variability of tasks and missing complex decision-making (Pinetzki 2012, pp. 16; Pickles 2016, no p.).

Digitally guided tour planning promises cognitive discharge, but even this will avoid complex decision-making on location. In worst cases, drivers must solve a conflict between the digital guide and different situations on site. When the digital system is always right, because it is a company’s guideline, then it will prevent individual cognitive decision-making. Reducing the cognitive load will decrease

awareness and therefore the understanding of the task and the driver's own role in the delivery system.

The human value, i.e. the value of the driver doing the job, is highly dependent on qualification, social skills, knowledge, and motivation. Therefore, non-monotonous work is a base for awareness and flexible use of the driver's cognitive system as well as motivation and positive emotions. Motivation relates to appreciation and fairness. Fairness in our article means equalizing the workload peaks in teams, considering process rules and compliance.

2 eBrahim: Fair Tour Planning Solution

2.1 Requirements

The first step is the definition of fairness among involved participants. To create a fair tour planning solution, we asked different supervisors about their basic understanding of fairness of the distribution. To aggregate this expert knowledge, we used a Fuzzy Cognitive Map (FCM), introduced by Bart Kosko (Kosko 1986), because these types of networks are a combination of fuzzy and neural logic that enable a seamless way from collecting expert statements and visualization up to computational simulation. FCMs are successfully used in labor productivity (see Ahn et. al. 2015) and logistic systems (see Bourgani et. al. 2014, Stylios et. al. 2011, Trappey et. al. 2009).

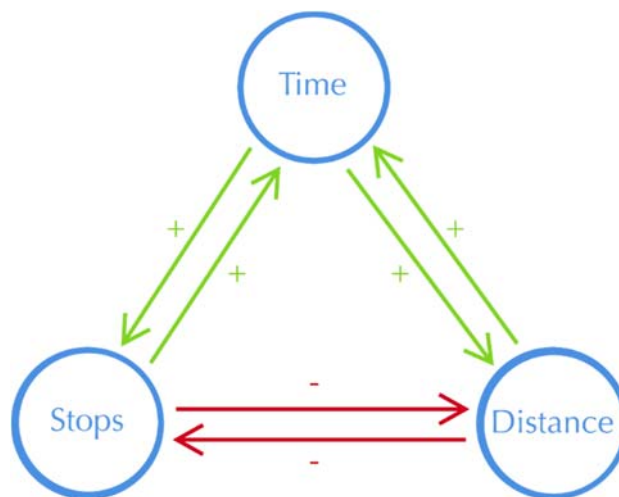


Figure 1: A simple FCM for fairness in parcel logistics

The result of our expert questionnaire is a simple FCM shown in Figure 1, representing the causal relations of fairness, distributing the parcels, and stops at a warehouse resp. a distribution center.

The FCM visualizes the main issues of fairness:

- "The more distance you drive, the fewer stops you can achieve."
- "The more stops you have, the shorter the distance you can drive."

- "The more time you have on the road, the more distance and/or more stops you can perform."

In practice, a good balance in the team that is on average 7 hours on the road for a long-distance tour is about 60 stops, while a city tour could be fine with 110 stops a day. Our goal is to have an equalized deviation of all delivery runs in the distribution center according to the FCM model.

Step 2 is a definition of clusters with minimum distribution area. They are determined by the limit of splitting an area into smaller parts, e.g. it doesn't make sense to split a small village with just a few buildings into smaller parts. Clusters are the grey colored regions on the map of Luxemburg in Figure 2.

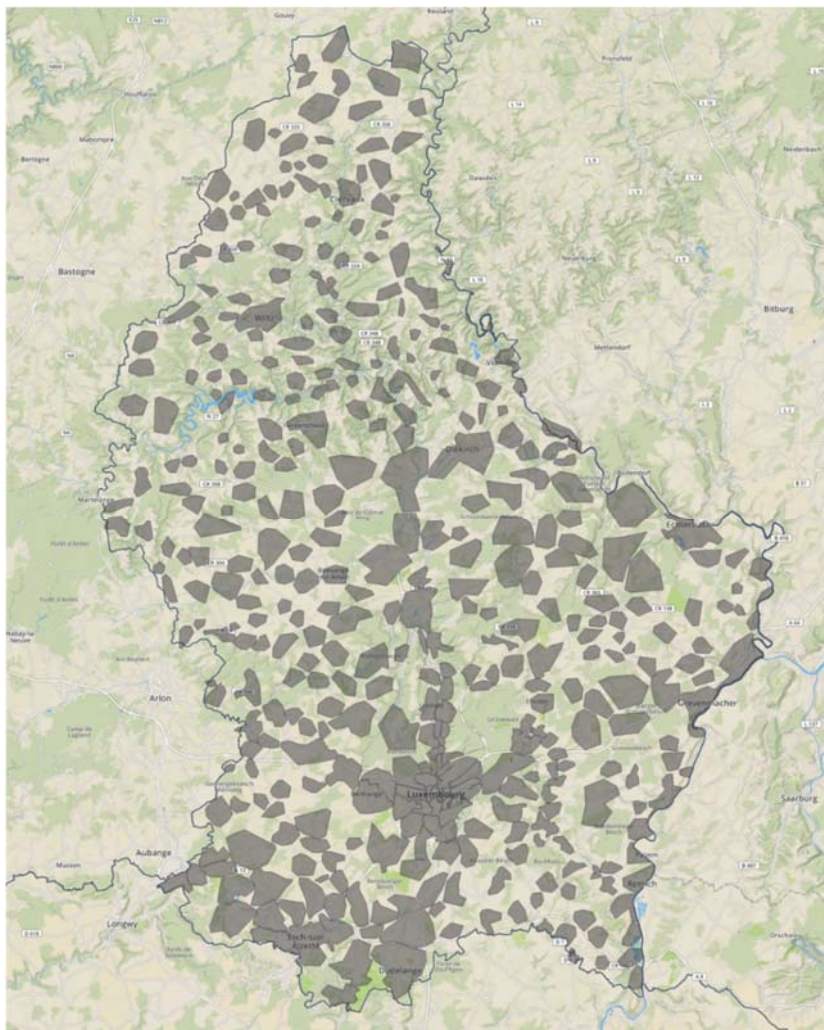


Figure 2: Defined clusters for Luxemburg

Step 3 is the collection of datasets with enough data. A large dataset of historical distribution data was required to calculate the density of stops in clusters for the first step of exploring the system's behavior and quality. 1.56 million records were used for training and 4,000 per day for operational recall. Additionally, we used this information to validate the stops for possible manipulations of the delivery person.

2.2 The Artificial Neural Network

We used an artificial neural network (ANN) with the three layers input, hidden, and output (Figure 3). Initially, we took as input and output the three nodes of the FCM. However, we reduced the three input nodes to a single input node "density of stops" in a cluster and single output node "time" because today we only requested the time necessary for that stop amount. The hidden layer is a layer with 20 nodes, triggered by sigmoid functions. Our cost function is a mean squared error.

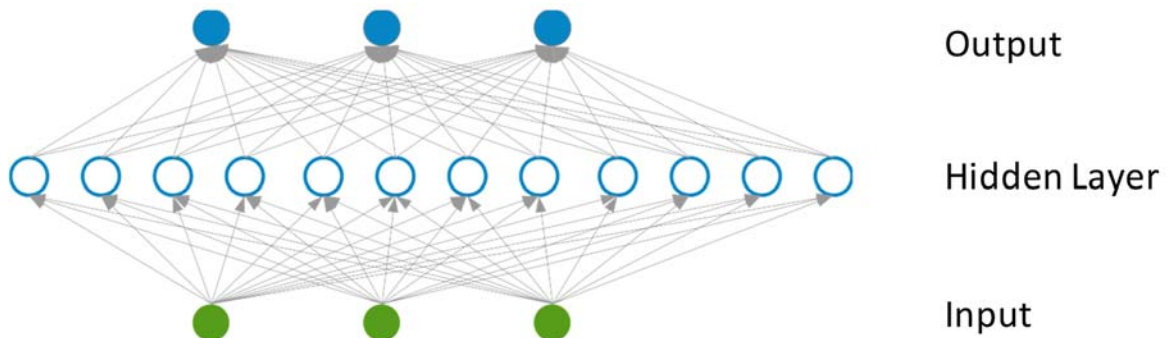


Figure 3: layer architecture of the artificial neural network

2.3 Making the Artificial Neural Network Work

The dataset for training the ANN requires the geo position of the stop (delivery point), the time between that single stops, and the information if the delivery is successful or not (is the customer at home?). Luckily, we used our individual platform that delivers enough data for training and testing. Crucial was the data cleansing and the proper preparation of data.

After short test runs, it became clear that the results had unexpected outliers. On closer inspection, the results showed that the detected stops were not always accurate. The spectrum of errors ranged from simple misrepresentations (e.g. wrong street names) to active manipulation (e.g. a driver sits in a café and enters data of long-delivered parcels). Therefore, we validated individual records intensively. We checked each delivery for plausibility and compared the last delivery and the next delivery.

We had to decide if eBrahim should be one ANN for all regions or a cluster of ANNs. In the latter case, the cluster times have to be aggregated. After some test runs, we found out that a cluster of ANNs needs less records for valid and accurate results. Finally, eBrahim works with 405 ANNs that represent each cluster and the answer to our question "How long does one tour take?" can be found by a simple addition of single clusters.

2.4 Requesting a Dispatch for Today

To calculate a proper dispatch, we must know what is actually in the pipeline. This is harder to achieve than initially thought because shippers who do not register their packages are not rejected by the delivery staff. The focus is on the service to the customer and therefore the parcels are first delivered and added to the global database while delivery and invoiced parcels afterwards. This causes a “physical before logical” phenomenon: the parcel is faster than the data.

To avoid this obstacle, we captured all parcels and activated them while entering the distribution center (entry scan). Parcels whose data has now been transmitted by the sender are assigned directly to the clusters. However, there are still packages for which we have no information, but we recorded all to allow for accurate planning.

Despite activation, some packages will not contain any information at the time of goods receipt because not every sender will have the data transmitted until delivery. For these packages, we must enrich the data.

2.5 eBrahim Components

eBrahim's data is captured by a variety of interfaces. The packages are activated by the entry scan with a scanner app, enriched by a back office software (add more data to a parcel manually), and assigned by eBrahim to the tours (eBrahim is a cluster server with a web interface). When loading the vehicles, a splitter app helps to sort the packages into individual vehicles and shelf positions. A dispatcher app and a driver app complete the range of applications to serve the users at the point of decision.

The **scanner app** supports the registration of all parcels in the depot. All data of the daily planning are collected simultaneously. The collaboration of all apps, tools and people is mandatory for the eBrahim and it's ability for a qualified planning. All parcels without address and service information must be re-recorded.

Our back office tool “**Zengi**”—it comes from the Turkish word “Zenginleştirme” which means enrichment—supports the completion of data and delivers them to eBrahim (Figure 4).

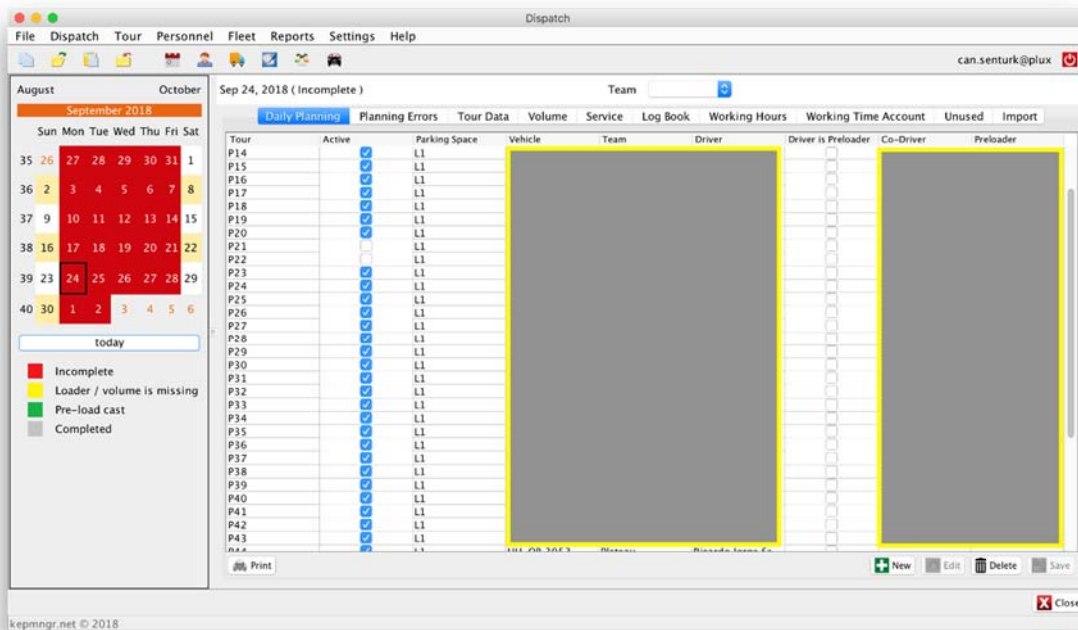


Figure 4: The interface of Zengi

The **splitter app** identifies the direct tour to which this package is assigned for each package (Figure 5). This simplifies the sorting of the packages enormously since, at any time, the internal warehouse routing is fixed and untrained personnel are directly capable of action. But also territorial disputes among the drivers are thereby avoided. In case of discrepancy, the management is consulted. Disagreements and disputes among drivers do not arise in the first place. A rescheduling of tours is immediately available to all through the splitter app.



Figure 5: The interface of the splitter app

The **dispatcher app** is the command center for daily planning to check the current tour overview (Figure 6). eBrahim's suggestions can be activated, revised, or your own plans can be implemented here directly. Moving a cluster from one tour to another is possible here as well as creating or cancelling a whole tour.

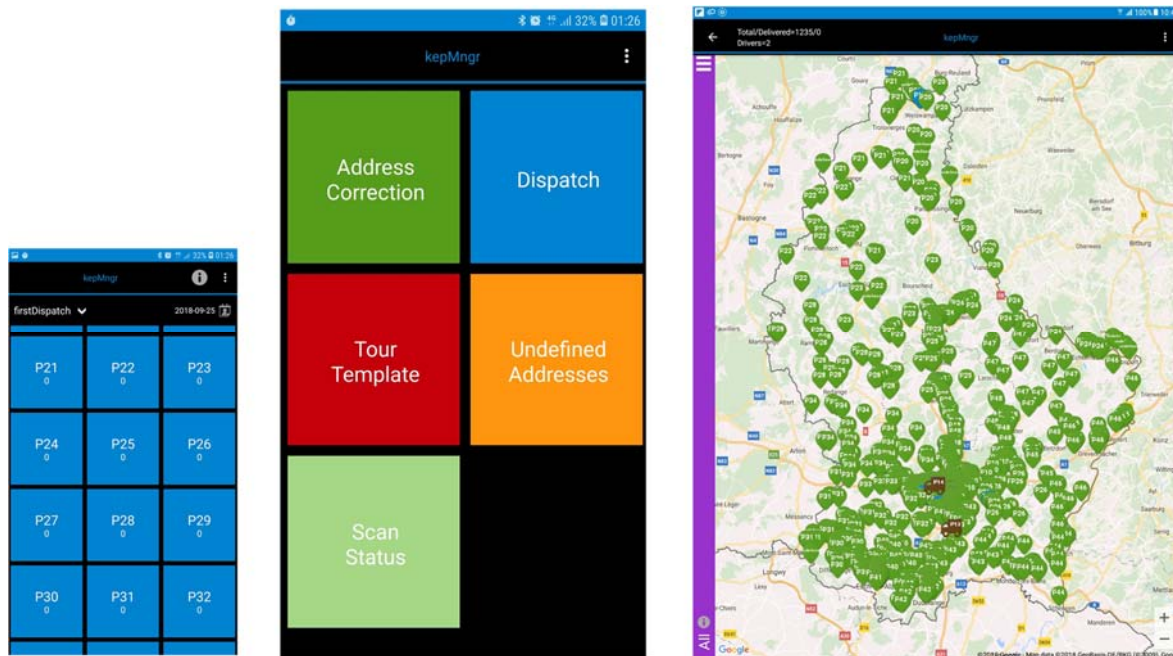


Figure 6: The interface of the dispatcher app

The **eBrahim web interface** is used for the optical visualization of the clusters' utilization (see Figure 8), but also for the rearrangement or assignment of the clusters to tours.

As a result, the single tour working hours can be estimated in advance. The driver and the manager have a valid, reliable, and objective system to predict the working hour of that tour, measured on the only scale that is fair: working time.

Finally, with this method the total performance of a day is distributed fairly throughout the team by similar working hours for everybody.

eBrahim's cluster server is fed by real historical data of the delivery. However, eBrahim must be able to adapt to structural changes in areas and/or habits of clients. To accomplish this, the neural network is trained again, including the new data from the previous day. This ensures the timeliness that is essential in this fast-growing sector.

The **driver app** allows to enter the parcel's delivery status and visualizes the driver's position as well the client locations (Figure 7).

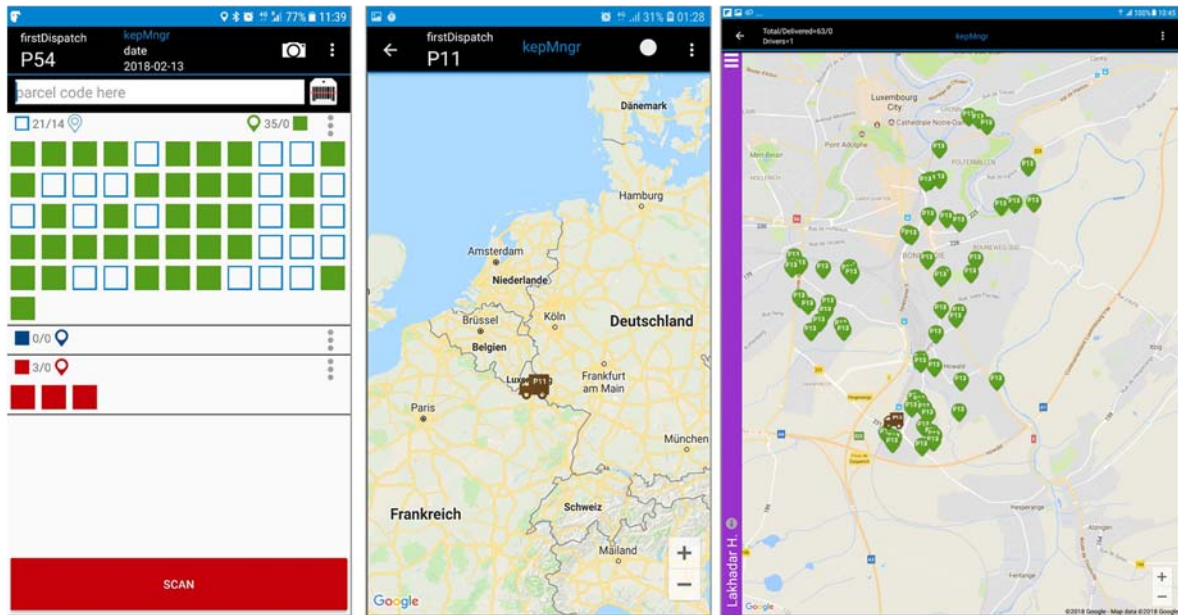


Figure 7: The interface of the driver app

3 Results and Outlook

The heat map is an estimation of the daily delivery time per cluster. By selecting multiple clusters, you can easily arrange the desired working time (Figure 8).

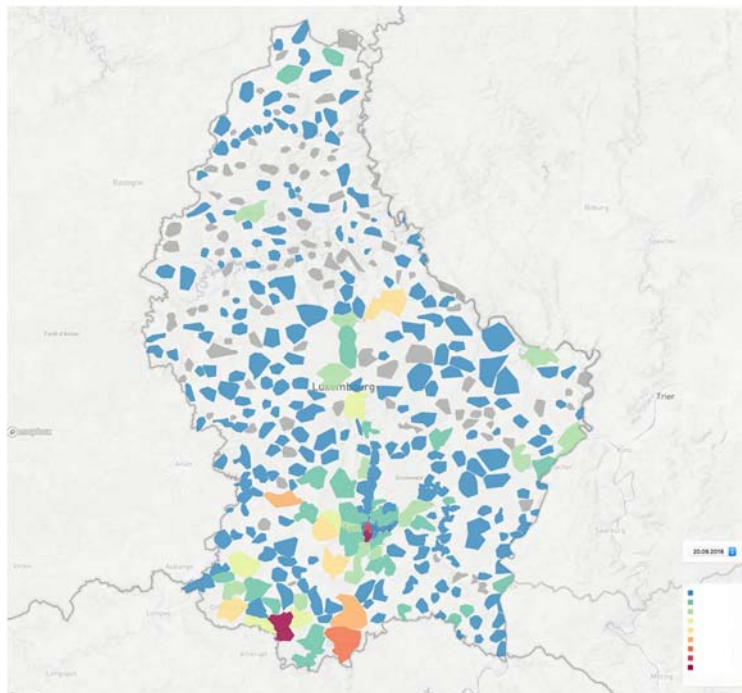


Figure 8: A heat map generated by eBrahim

Is eBrahim stable in daily work and did we reach our target of fair planning? eBrahim, like a biological intelligence, is totally dependent on the sensorial ele-

ments for its effective usage. Since January 2019, eBrahim is productive in daily planning. But we need to increase the reliability of all sensors (scanners, Zengi, Driver App, Dispatcher App) to a maximum. We need a 99.99% reliability (and more) to increase the trustworthiness of the people to a software system. Finally, we equalized the workload peaks and established more fairness in our driver teams.

4 References

- Ahn, S., Chettupuzha, A. J. A., Ekyalimpa, R., Hague, S., AbouRizk, S. M., Stylios, C. D.: Fuzzy Cognitive Maps as a Tool for Modeling Construction Labor Productivity, in: Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS) held jointly with 2015 5th World Conference on Soft Computing (WConSC) 2015 Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS), 2015, pp. 1-7.
- Bähr, J. (2011): Einführung in die Urbanisierung. Available: <http://www.berlin-institut.org/?id=15> [Access on 13th Nov. 2018].
- Bourgani, E., Stylios, C. D. (2014): Fuzzy Cognitive Maps for Strategic Decision Making of Logistics Systems, in: Bulletin der Ufa State Aviation Technical University Wissenschaftliche Zeitschrift zum Thema: Kybernetik, Automatisierung, Vol. 18, no. 5 (66), 2014, pp. 8-14.
- BIEK (2017): KEP-Studie 2017 – Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). KE-CON-SULT Kurte & Esser GbR, Köln, 2017.
- Kosko, B. (1986): Fuzzy Cognitive Maps, in: International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 24, Issue 1 (1986), pp. 65-75.
- Pickles, K. (2016): A boring job really can make you brain dead: Lack of stimulation affects memory and concentration later in life. Available: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-3646254/A-boring-job-really-make-brain-deadLack-stimulation-affects-memory-concentration-later-life.html> [Access on 22.03.2017].
- Pinetzki, K. (2012): Macht stumpfe Arbeit denn wirklich dumm? – Forscher schauen Fließbandarbeitern in die Köpfe. In: Referat für Öffentlichkeitsarbeit (ed.). mundo – das Magazin der Technischen Universität, Dortmund (10/2012), pp.14-21.
- Pieringer, M. (2017): Transport Logistic 2017: Digitale Transformation als Megatrend. Available: <http://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/16371/Mehr-als-2-000-Aussteller-zur-Logistik-Fachmesse-im-Mai-in-Muenchen-erwartet> [Access on 13th Nov. 2018].

- Stylios, C. D., Georgoulas, G. (2011): Modeling Complex Logistics Systems using Soft Computing Methodology of Fuzzy Cognitive Maps, in: 2011 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, Trieste, 2011, pp. 72-77.
- Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Wu, C., Hsu, F. (2009): Using Fuzzy Cognitive Map for Evaluation of RFID-based Reverse Logistics Services, in: Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, San Antonio, TX, USA–October 2009, pp. 1556-1561.

The Ocean Map that can be trusted - About the making of sea charts as it was and as it will be

Gert B. Büttgenbach

Radazul, Tenerife, Spain

1	Introduction.....	337
2	The Status Quo.....	339
3	How to Change the Status Quo.....	344
4	The Making of ChartVeritas	346
5	Summary	347

Abstract:

For centuries the drawing of a map of coastal waters or 'sea chart', was in the hands of the navy of a coastal nation. This was considered logical as the need for charts primarily was in warfare. Since as of today the commercial shipping has differing requirements, the demand for bespoke charts for use by e.g. large container ships or cruise ships is growing. The International Maritime Organization (IMO), a specialized agency of the United Nations, stipulates in its Safety Of Life At Sea regulations (SOLAS) that only charts published by national authorities such as the Hydrographic Office (HO) of a Navy shall be used in navigation at sea. This, however, puts an HO in a predicament: whom shall it serve in the first place, the Navy or the Chamber of Commerce? In his paper the author outlines why charts by HOs in some cases are no longer suitable, and how to make 'non-governmental charts' equivalent to 'official charts' so that they can be accepted by the IMO for use in navigation.

JEL Classification: L91, L92, O18

Keywords: sea charts, shipping, marine traffic

1 Introduction

To interest the reader who may not be an insider to the seafarer's domain, I chose the term 'ocean map' for the title. The correct term in use among navigators is 'sea chart', 'nautical chart' or simply 'chart' (Wikipedia 2018i). In the title I add somewhat provocative that charts should be trustworthy, which is unfortunately not always the case as I will demonstrate in this paper. Please note that such opinion does not find the support of the chart producers that are mostly state-run.

In the context of this paper, a 'map' means a 'land map', i.e. it shows features on dry land, whereas a 'chart' renders the topography underwater plus objects ashore that can be used to identify a ship's position when navigating along the coast. It mainly serves the need to know where the shallow waters are, so that deep going vessels can avoid them. In business, a 'chart' can also be used to steer around 'financial hazards' – which is NOT the subject of this paper.

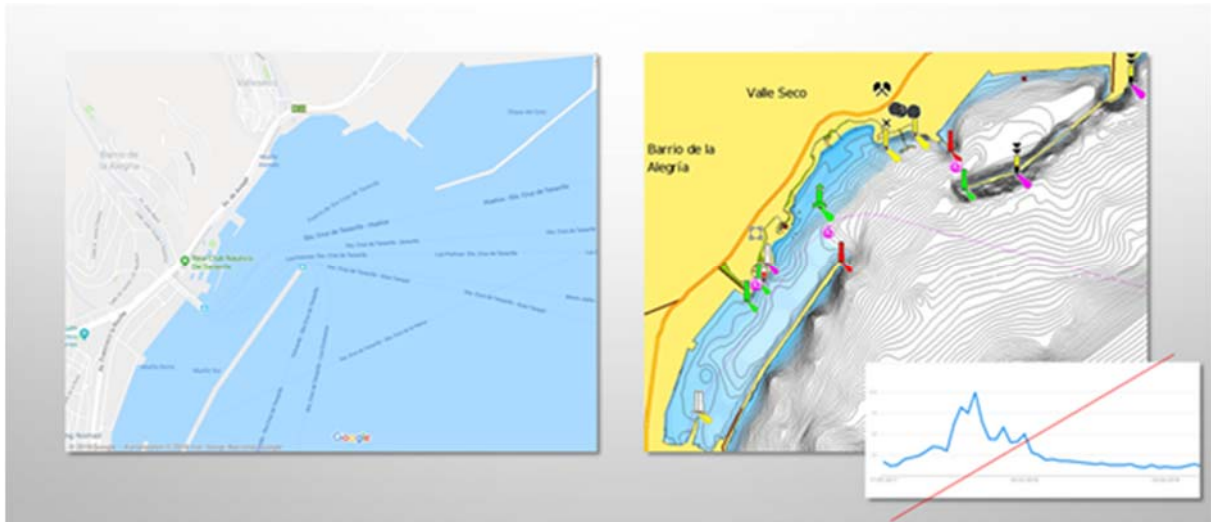


Figure 1: Map vs. Sea Chart, NOT a business chart! (Google Maps 2018)

Nautical charts have been made for thousands of years - the earliest examples are from 500 B.C. (Wikipedia 2018f). They contained grossly drawn coast lines and outlined the sea areas. Later so called 'portolan charts' featured 'compass directions and estimated distances observed by the pilots at sea' (Wikipedia 2018j). But it was not until the 19th century when underwater topography was first grossly surveyed and depicted on charts using 'lead lines', or later single beam echo sounders starting from the 1930s (Wikipedia 2018g).

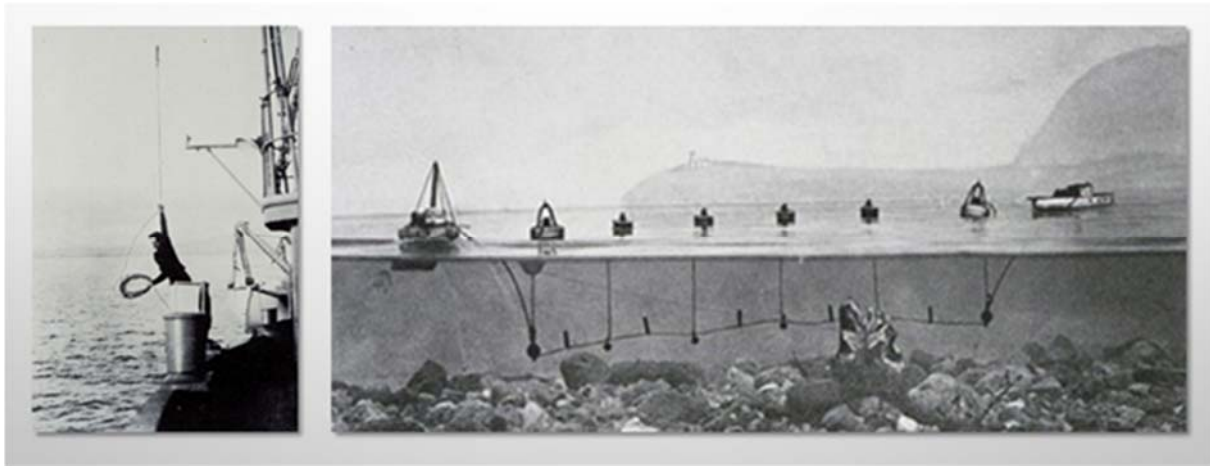


Figure 2: Lead lines and wire dragging to measure water depth and underwater hazards (NOAA 2018b; Wikipedia 2018a)

In the 1970s multi-beam echo sounders finally made it possible to collect big amounts of depth information, so that the seabed could be made visible to detail and without gaps. The latest development is in autonomous underwater vessels that can roam the coastal waters and collect data independently from a survey ship (Wikipedia 2018b).

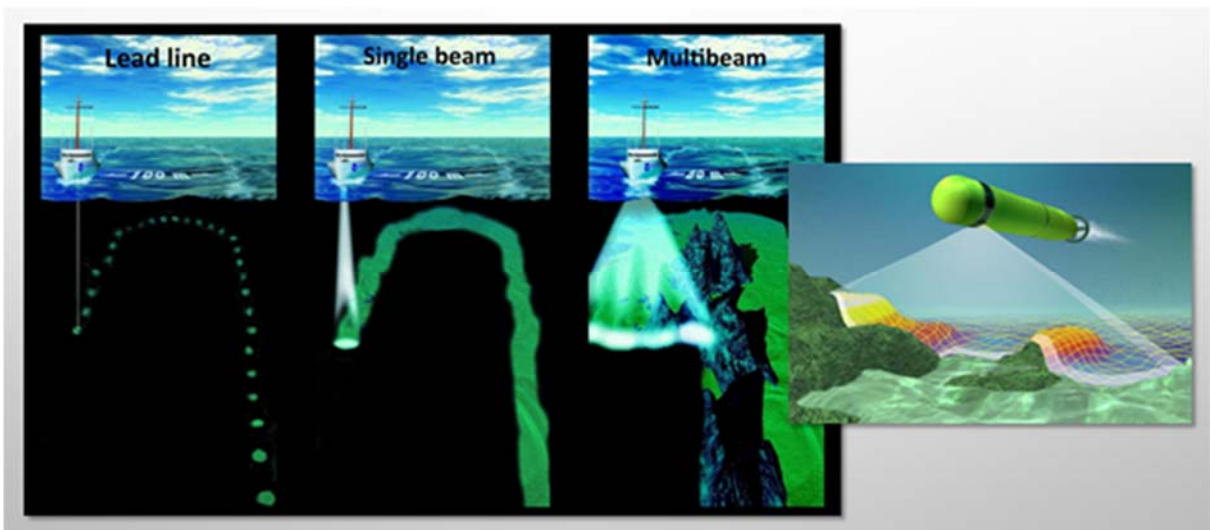


Figure 3: How bathymetric data is collected (SEG 2018; Czech Technical University In Prague 2018)

Temporary charts are compiled from dense ‘bathymetry’ depicting a terrain model of the seafloor as contour lines (called depth contours or isobaths) with selected depths (soundings), and typically also provide surface navigational information such as buoys and beacons (Wikipedia 2018c). Other than in marine warfare, a nautical chart mainly serves the needs of commercial shipping which is to mark a safe passage or fairway. Channels free of underwater obstacles are shown in white whereas areas shallower than the ship’s draft are in blue shades. Hazards such as wrecks, rocks or peaks are shown as isolated objects.

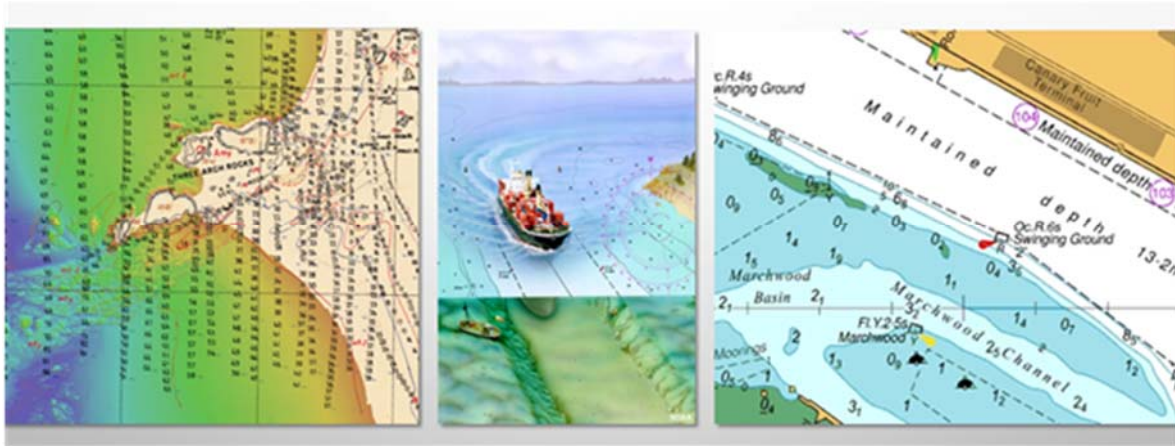


Figure 4: From raw survey data to nautical chart to support safe passage (David Evans and Associates Inc. 2018; o.A. 2018c; Admiralty 2018a)

2 The Status Quo

The role of nautical charts in safe navigation is at least inconclusive which becomes obvious if one studies the organisational structure of their producers. All but three coastal nations – Sweden, the USA and Germany – run a Hydrographic Office (HO) that is part of the navy. Also note that large parts of Africa do not even have an HO so that other nations have to survey their coastal waters to reach the ports (Wikipedia 2018h).

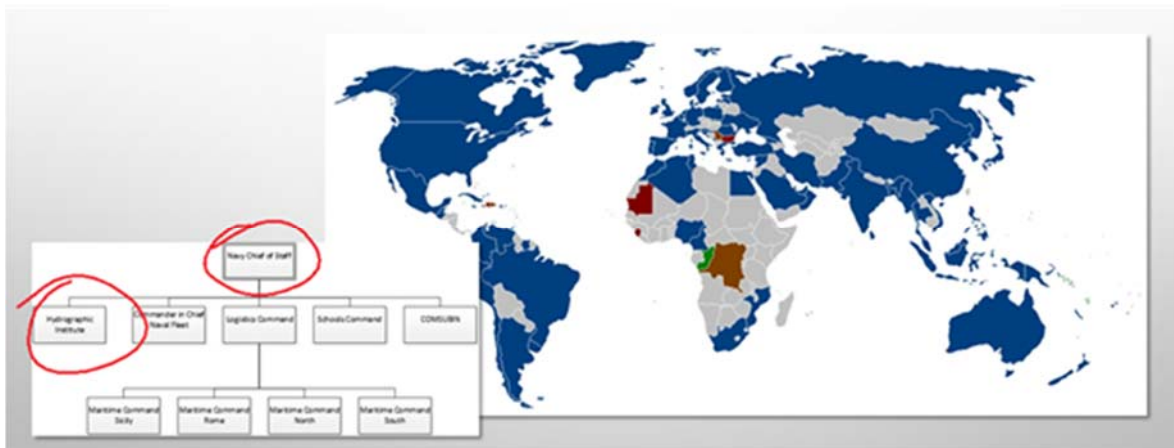


Figure 5: By whom charts are made (Wikimedia 2018b, 2018a)

The history of maps is closely related to the strategic interests of nations. The United Kingdom Hydrographic Office (UKHO) is a prominent example (UK Hydrographic Office 2018). Being the biggest in the world its chart supply for seafarers called the ‘Admiralty Service’ is orchestrated by the Ministry of Defence. Consequently Admiralty Charts also cover the remote areas of this planet though they are of little if no interest to commercial vessels.

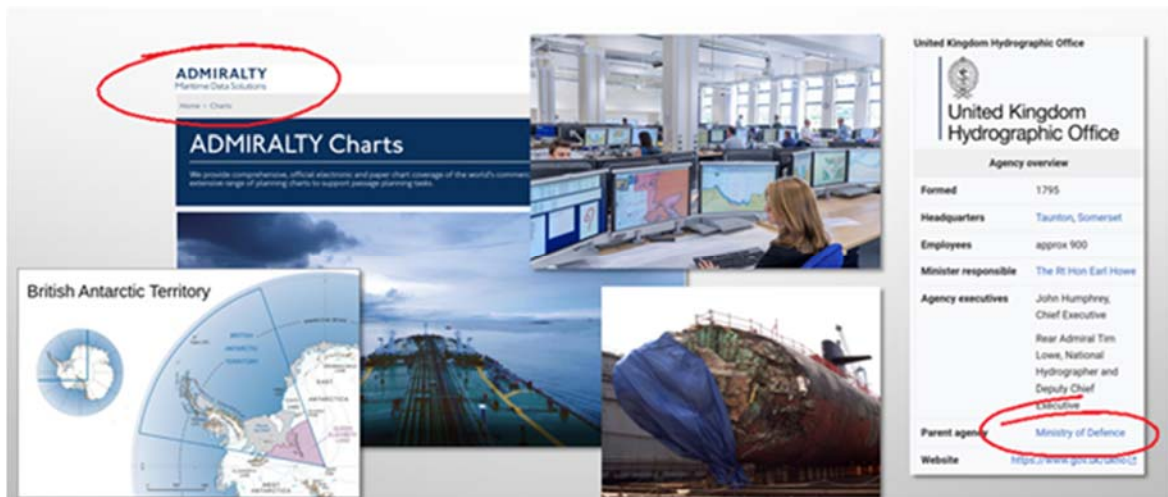


Figure 6: For whom charts are made - in the first place (Admiralty 2018b; Wikimedia 2018d; o.A. 2018d)

As of today twenty coastal nations have established their own HO. Notwithstanding, only 20% of the world's underwater topology have so far been explored (NOAA 2018c), in contrast to the surface of most planets and moons of our solar system. The dry face of Mars, for example, is 100% known to us.

The waters on Earth can only be penetrated from the orbit of satellites by deriving the depth from the ocean currents or the characteristic of waves such as breakers at the coast. These methods are however not very reliable.

Only navies with a large budget can afford to roam the oceans to survey the vast waters. At best corridors can be mapped with deep reaching SONARs. Again, this mainly serves the scientific or strategic interests.



Figure 7: The vast unknown at home (o.A. 2018a, 2018b; NOAA 2018a)

While the exact extent of the Mariana Trench, the South China Sea or the coast of Antarctica may be of general interest, the thousands of civilian vessels are in need for up-to-date and precise charts of the coastal waters. With their budget stretched thin, the HOs of most nations try to meet the differing demands.

Since the start of container shipping in 1968, the size of the vessels has grown from a capacity of 1,500 to 22,000 containers (AGCS Allianz 2018). Some ships have reached a length overall of 400 meters. Still, charts are drawn in scales that may have been suitable for the ships of the 1950s, for the container ships of the actual generation they merely can serve as overview charts.

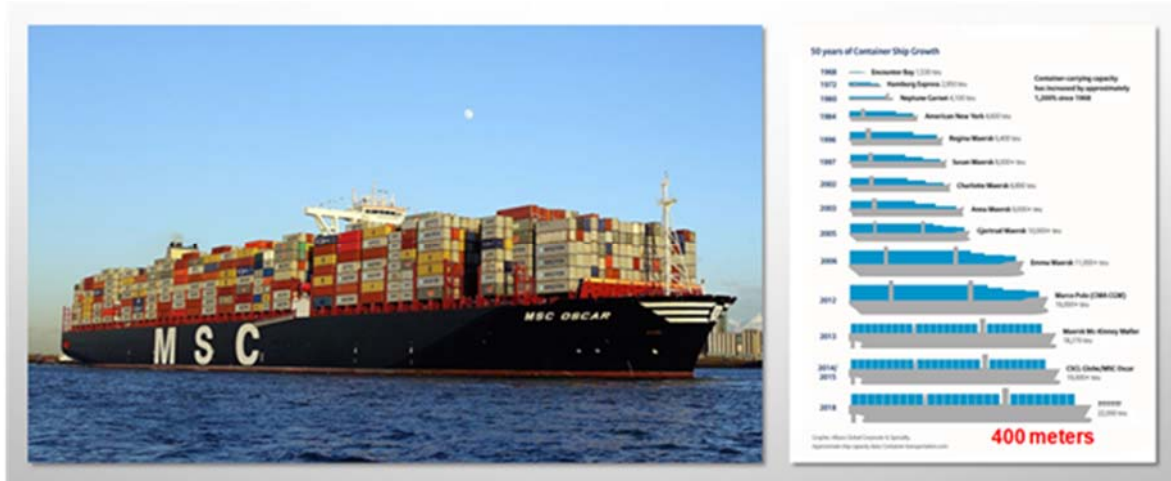


Figure 8: How the pressure builds up (Wikimedia 2018c; AGCS Allianz 2019)

An example from Australia demonstrates the dimension of this challenge. The normal i.e. official and openly available approach chart to the port of Cairns is of a scale and a detail that does not allow for the passage of large vessels. The port pilots, however, have access to a more detailed chart of much better resolution (Di Lieto et al. 2018). The issue is that the captain of a ship entering the harbour is blocked by regulations from loading the improved chart to his navigation system which potentially results in a disagreement between the captain and the pilot. Sharing mental models is in fact the essence of Bridge Resource Management (BRM) whose ultimate aim is the prevention of accidents (Mukherjee 2018).

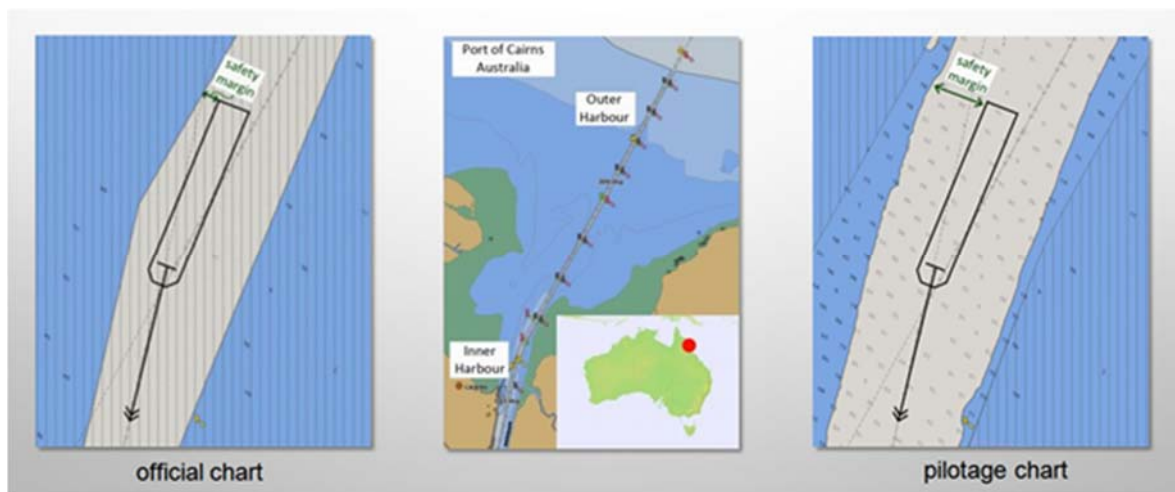


Figure 9: Bespoke charts for secure passage (Hydro international 2018c, 2018b, 2018a)

Out in the big void of the Oceans, off the beaten tracks, the situation can be worse. Many remote islands have not seen a fresh survey of their coastal waters for decades if not centuries. All officially published charts shall contain a ‘source diagram’ that discloses the date of the surveys on which the compilation of the chart is based. To the mariner the diagram shall suggest that the chart may no longer reflect reality. This way responsibility is shifted from the producer of the chart, i.e. the issuing HO, to the mariner.

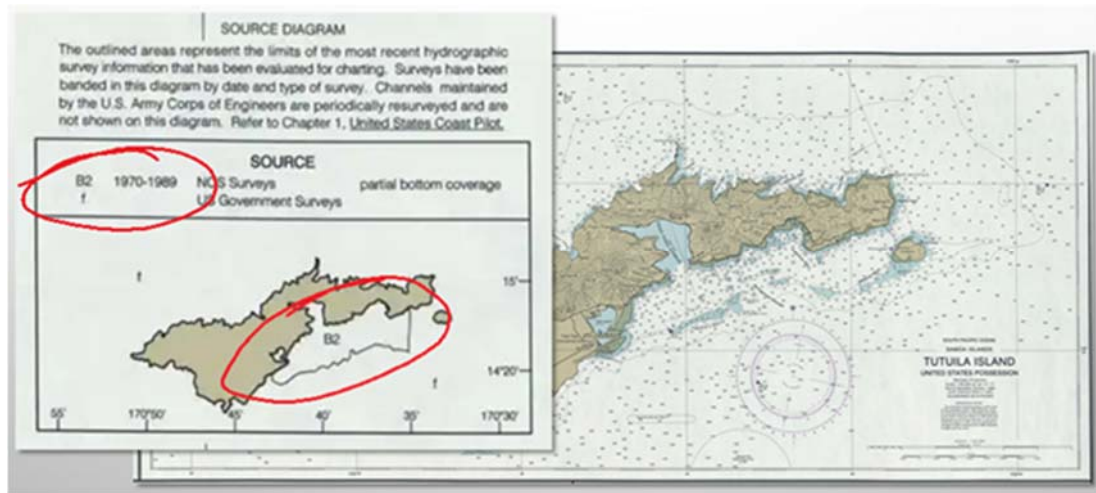


Figure 10: Off the beaten tracks (The University of Texas at Austin 2018)

What this means to the captain of a cargo ship that has to navigate away from the main shipping routes in order to reach a remote port of call, can be demonstrated by the fate of the ‘MS Pacific Challenger’ (Mukherjee 2018). It did run aground a reef in poorly surveyed waters of the South Pacific. In the aftermath, the experts in the field agreed that it was the fault of the ship management to go direct through poorly surveyed waters instead of following the beaten tracks further to the north and down the coast of Papua New Guinea. But life isn’t as simple as that – there is economical pressure. Fuel costs, cargo sensitive to tropical temperatures, perhaps the shipping company back in Europe demanding a fast transit in order to meet the next charter in time. Especially the cruising industry with its large passenger ships is in jeopardy when navigating to increasingly remote places.



Figure 11: Uncharted reefs (Maritime Accident 2018a, 2018b, 2018c)

Moreover, experts agree that in the not too distant future ships might no longer need a crew on board to be steered through narrow passages. The nautical officer of the future can very well sit in a control centre ashore from which she remotely controls the ship's course (Maritime Accident 2018d). It goes without saying that this job will be impossible without a portfolio of well maintained and precise charts.

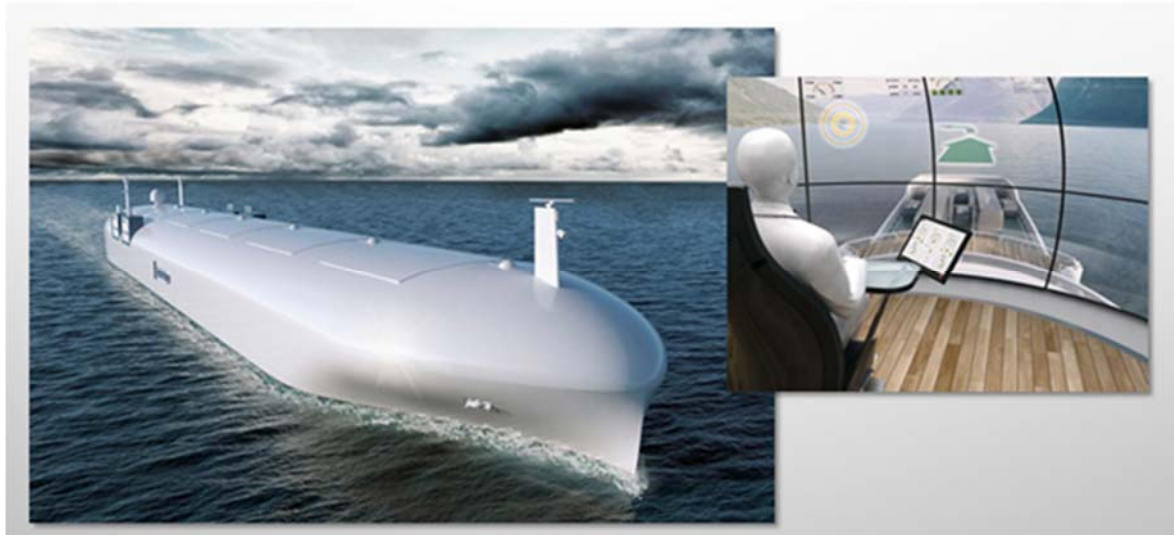


Figure 12: Autonomous ships need precise charts (Ventker Henderson 2018; Safety at Sea 2018)

No matter how navigation technology evolves, the Hydrographic Offices remain on track when it comes to product liability. With the advent of the charts designed to be displayed on computers known as Electronic Navigational Charts (ENC), the HOs established the concept of the 'zone of confidence', or ZOCs. With ZOCs charts are categorized in ratings based on accuracy both in depth and position (Jon Walker 2018). There has been a heated debate at the International Hydrographic Organization (IHO) about the use of CATZOCs of which the author was a witness. Obviously HOs don't like to be explicit about the accuracy of their charts because they might be held liable for an accident if the chart was incorrect (Admiralty 2017). Hence, the current practise is to downgrade the charts by assigning a category to the zone of confidence that is lower than the actual source information would allow for. This can be driven to the extreme by assigning the value 'not assessed' or 'U' to the position and depth accuracy rendering the chart virtually unusable. Not a problem for the HO being a state owned instance, but definitely a problem to the captain who may have to rely on the chart to reach the port of call.

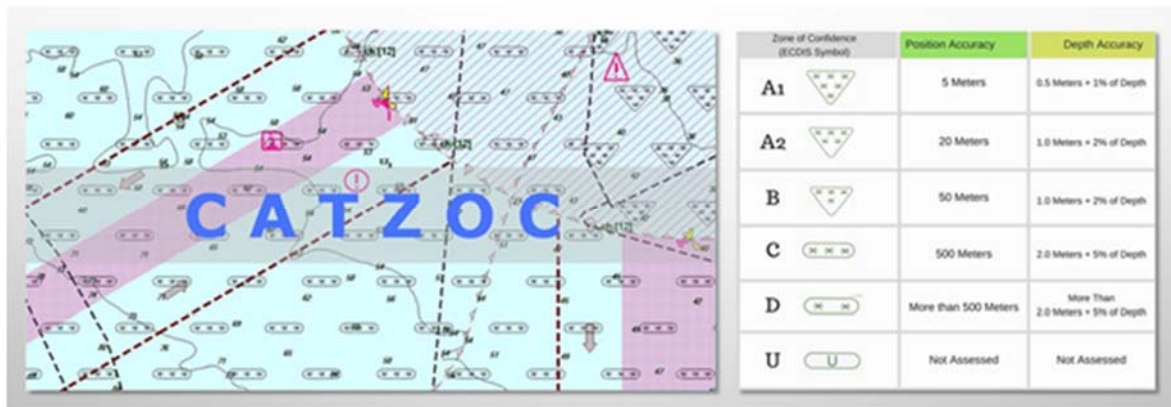


Figure 13: A way to escape liability (MySeaTime 2018; Learnmarine 2018)

To complicate matters, the International Maritime Organization (IMO) (Hydro international 2018d) requires from its Safety of Life at Sea (SOLAS) regulation that only charts published by national authorities such as the Hydrographic Office (HO) of a Navy shall be used.’ (IMO 2018a) This effectively means that there is currently no legal alternative to charts made by HOs – a true predicament given the need for better charts from whatever source. Nevertheless, the IMO recently addressed autonomous ships which may pave the way for better charts (IHO 2018).

So, let us summarize the situation:

- state-run hydrographic offices are not solely committed to commercial shipping
- big ships, confined waters – there is a demand for unbiased chart services
- ships in uncharted territory need up-to-date charts
- independent hydrographers have no market because of the SOLAS mandate.

3 How to Change the Status Quo

The HOs of the coastal nations have a monopoly on charts. The United Kingdom Hydrographic Office is combining the charts into portfolios for a worldwide distribution service to the shipping industry. In parallel, many ports run their own bathymetric survey and create charts to for use by the local pilots only. These more accurate and up-to-date charts are usually not included to the openly available portfolio of charts by the national HO. Instead they are worked into the official charts as an additional source, a process that can take a year or two because HOs are used to the paper chart printing cycles. Meanwhile ships are getting bigger and autonomous thus - in the absence of adequate charts - creating disaster-prone situations.

One way if not the best way out of this situation is in acknowledging the status of ‘unofficial’ i.e. non-SOLAS compliant charts, as equivalent to the ‘official’ charts by the HOs. How can this possibly be done?

Converting ,unofficial‘ to ,equivalent‘

In the SOLAS convention the requirement for the exclusive use of charts by HOs is based on the assumption that only nations have the resources to survey the oceans and their coastal waters. The latest development in technology that brought down the size and cost of operating SONAR equipment has not yet been taken into account. International shipping and the related insurance industry got used to the HOs' monopoly founded in SOLAS. Officers of Port State Control are required to check the ships for compliant charts. The ship is considered not seaworthy if the charts are not up-to-date or from a non-governmental source (IHO 2018) which results in penalties, blacklisting, costs due to the ship's delay, and potentially in higher insurance costs.

Charts other than by HOs are thus not acceptable to shipping companies. This will only change if non-governmental i.e. 'unofficial' charts are established as equivalent to 'official' charts. For this to achieve trust in unofficial charts has to be built up.

In the financial world trust is established through Credit Rating Agencies (CRA) (IHO 2018). Although their very existence is often questioned, they are a cornerstone of the banking industry because they rate the likelihood of a debtor's default. The classification societies of the shipping world such as DNV/GL or Bureau Veritas (IMO 2018b) are probably a more suitable model for assessing the reliability of a chart. The subject of the rating/ classification would not be whole organisations, such as HOs, port authorities or commercial entities, but the nautical charts issued by them. For the drafting of this rating/ classification agency I choose the name 'ChartVeritas'.

To kick-start the quest for better charts, ChartVeritas also shall encourage whoever collects bathymetry to provide their data such as ships using their echo sounders going in and out ports, cable laying companies, or companies doing offshore exploration. The collected depth information then can be processed into charts that are more actual and richer in content.

ChartVeritas shall offer legal advice to surveyors and chart compilers. There are regulations in place that can render even the innocent recording of echo sounder data an illegal act (Wikipedia 2018e).

Perhaps ChartVeritas' most challenging task will be to lobby at the IMO level in order to make SOLAS chapter V accepting non-governmental charts. It can achieve this by joining non-governmental organisations which 'have been granted consultative status with IMO' (Wikipedia 2018d). It also can advise shipping companies that see the need for advanced nautical charts; their ships are registered with 'flag states' (Wikipedia 2018d) and they pay for the right to carry the flag which is to many states a major contribution to the national budget. Every flag state has a single vote at IMO level when it comes to amendments to the SOLAS regulations. To be ac-

cepted, an amendment to SOLAS needs a two-thirds majority vote of the flag-states that are attending an assembly.

4 The Making of ChartVeritas

ChartVeritas will be no doubt a major undertaking. Here are the major steps in the short term:

Set up a team – ChartVeritas will be started by a team of experienced marine cartographers, former entrepreneurs, and software engineers; later a sales and marketing manager will join the team

Launch a website – the first web presence of ChartVeritas will feature a mission statement in the form of a white paper, and it will come forward with milestones of its implementation

Start a blockchain – the blockchain will save the ratings; every rating to be made will be recorded, so tempering with results will be impossible; in addition the blockchain is to hold ChartVeritas' own crypto currency that will be used to reward contributors to the project.

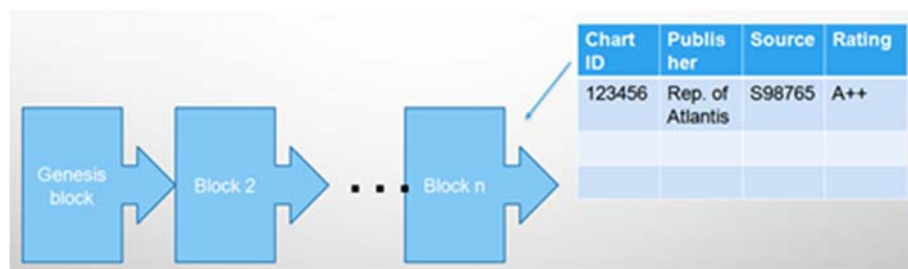


Figure 14: ChartVeritas blockchain

Develop a rating scheme for charts – currently, no rating of charts exists, no one has done it before; ChartVeritas' cartographers will develop the scheme in cooperation with a hydrographic academy that is prepared to do so.

Associate with insurance companies – collaboration with the insurance industry is essential to ChartVeritas' success; we need to first educate the insurers on the prospect of this venture, and then develop insurance policies that can be offered to the shipping industry as well as the producers and publishers of unofficial charts.

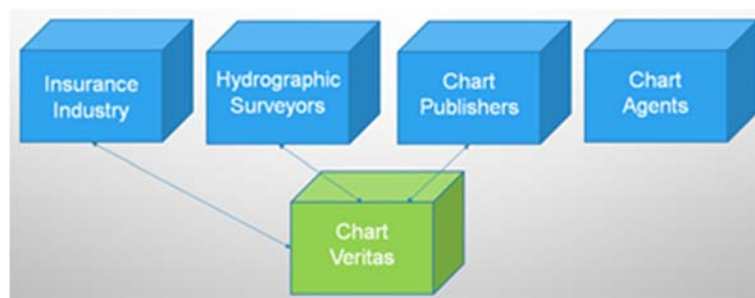


Figure 15: Cooperation with associates

Implement a bathymetric database – actual data of shallow waters is needed to design charts from scratch; contributors to the database will be rewarded with the ChartVeritas’ crypto currency.



Figure 16: Source database and rewards

5 Summary

It will likely take several decades to establish ChartVeritas as an influential player. I have no doubt that we need the rating of sea charts. Ships are growing in size, marine traffic is ever increasing, and robotic ships need a verified navigational database. A single uncharted rock can result in a loss of lives at sea, and an environmental disaster. It is time to verify the status of charts as we already do with every nut and bolt that is installed on board of a ship. Charts can be no exception.

“A journey of 1000 miles begins with one step.” Confucius

6 Sources

Admiralty (2017): Category Zones of Confidence (CATZOC) –dispelling the myths. Online verfügbar unter <https://www.admiralty.co.uk/news/blogs/category-zones-of-confidence>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Admiralty (2018a). Online verfügbar unter https://www.admiralty.co.uk/SiteCollectionImages/Admiralty%20Site%20Images/ARCS/20151217_SouthamptonARCS4_V01.png, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Admiralty (2018b). Online verfügbar unter <https://www.admiralty.co.uk/>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

AGCS Allianz (2018). Online verfügbar unter https://www.agcs.allianz.com/assets/Infographics/ContainerShipGrowthInfographic2015_1000X1125.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

- AGCS Allianz (2019). Online verfügbar unter https://www.agcs.allianz.com/assets/ContentImages471x160/GRD/1-2015/ShipGrowth_large.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Czech Technical University In Prague (2018). Online verfügbar unter <http://cs.felk.cvut.cz/upload/pages/1313-AUV5.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- David Evans and Associates Inc. (2018). Online verfügbar unter https://www.deainc.com/what-we-do/marine-services/nautchart_img001.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Di Lieto, Antonio; Prince, Mike; Sanchez, Alvaro (2018): Bathymetric ENC's in Confined Waters. Online verfügbar unter <https://www.hydro-international.com/content/article/bathymetric-encs-in-confined-waters>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Google Maps (2018), zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Hydro international (2018a). Online verfügbar unter <https://www.hydro-international.com/cache/b/3/2/1/7/b3217d986bebfc699a8e46651cde3e3b0f831da2.jpeg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Hydro international (2018b). Online verfügbar unter <https://www.hydro-international.com/cache/0/e/5/1/d/0e51d3c53258d8e214cbe1cfd771eaf8880a18a.jpeg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Hydro international (2018c). Online verfügbar unter <https://www.hydro-international.com/cache/8/c/7/1/0/8c7102be15800f9c5df727e9c14e5df688cd981e.jpeg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Hydro international (2018d): Data Quality High on Hydrographic Community's Agenda. Online verfügbar unter <https://www.hydro-international.com/content/news/data-quality-high-on-hydrographic-community-s-agenda?output=pdf>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- IHO (2018): Electronic Charts - What Can Be Used Under SOLAS? Online verfügbar unter https://www.iho.int/mtg_docs/enc/enc_prod/EC-legal_status-E.pdf, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- IMO (2018a). Online verfügbar unter <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

- IMO (2018b): IMO takes first steps to address autonomous ships. Online verfügbar unter <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-MASS-scoping.aspx>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Jon Walker (2018): Autonomous Ships Timeline – Comparing Rolls-Royce, Kongsberg, Yara and More. Online verfügbar unter <https://www.techemergence.com/autonomous-ships-timeline/>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Learnmarine (2018). Online verfügbar unter <https://learnmarine.com/img/22.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Maritime Accident (2018a). Online verfügbar unter <https://i1.wp.com/www.maritimeaccident.org/wp-content/uploads/2009/03/zoc6.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Maritime Accident (2018b). Online verfügbar unter <https://i1.wp.com/www.maritimeaccident.org/wp-content/uploads/2009/03/zocs4.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Maritime Accident (2018c). Online verfügbar unter <https://i1.wp.com/www.maritimeaccident.org/wp-content/uploads/2009/03/zocs6.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Maritime Accident (2018d): The Case of the Unwatched ZOCs. Online verfügbar unter <http://maritimeaccident.org/library2/the-case-of-the-unwatched-zocs/>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Mukherjee, Paromita (2018): Understanding Bridge Resource Management And Its Key Elements On Board Ships. Online verfügbar unter <https://www.marineinsight.com/guidelines/understanding-bridge-resource-management-and-its-key-elements-on-board-ships/>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- MySeaTime (2018). Online verfügbar unter <https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2017/12/CATZOC-with-ECDIS-Symbol.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- NOAA (2018a). Online verfügbar unter <https://oceanservice.noaa.gov/facts/backscatter2.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- NOAA (2018b). Online verfügbar unter https://celebrating200years.noaa.gov/transformations/hydrography/image6_650.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

NOAA (2018c): How much of the ocean have we explored? Online verfügbar unter <https://oceanservice.noaa.gov/facts/exploration.html>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

o.A. (2018a). Online verfügbar unter <https://i2.wp.com/ocean3dprojects.org/wp-content/uploads/2017/08/seabed20130planets.png>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

o.A. (2018b). Online verfügbar unter <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/square-product/small/images-medium-large-5/ocean-floor-features-natural-history-museum-londonscience-photo-library.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

o.A. (2018c). Online verfügbar unter http://stream1.cmatc.cn/pub/comet/MarineMeteorologyOceans/IntroductiontoHydrography/comet/oceans/hydrography/media/graphics/ship_in_channel.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

o.A. (2018d). Online verfügbar unter <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-d30f0eb0f0e17d8b909346c80a32099e>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Safety at Sea (2018). Online verfügbar unter https://fairplay.ihs.com/sites/fairplay.ihs.com/files/field_feature_image/autonomous%20vessel.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

SEG (2018). Online verfügbar unter <https://wiki.seg.org/images/a/a2/HydrographicMethods.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

The University of Texas at Austin (2018). Online verfügbar unter http://legacy.lib.utexas.edu/maps/australia/txu-pclmaps-islands_oceans_poles-samoa_islands-tutuila_island-2006.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

UK Hydrographic Office (2018). Online verfügbar unter <https://www.gov.uk/government/organisations/uk-hydrographic-office>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Ventker Henderson (2018). Online verfügbar unter <https://www.ventkerlaw.com/wp-content/uploads/2018/07/Man-at-Joystick-Image-00346632xA92EF-2.jpg>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Wikimedia (2018a). Online verfügbar unter https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/International_Hydrographic_Organization_countries.PNG, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Wikimedia (2018b). Online verfügbar unter https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Italian_Navy_org_chart_2016.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

- Wikimedia (2018c). Online verfügbar unter https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/MSC_Oscar_%28ship%2C_2014%29_002.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikimedia (2018d). Online verfügbar unter <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a4/BritishAntarcticTerritory.svg/1024px-BritishAntarcticTerritory.svg.png>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018a). Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/File:Wire_drag_operations.jpg, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018b): Autonomous underwater vehicle. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_underwater_vehicle, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018c): Bathymetry. Online verfügbar unter <https://en.wikipedia.org/wiki/Bathymetry>, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018d): Classification society. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Classification_society, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018e): Credit rating agency. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Credit_rating_agency, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018f): History of cartography. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_cartography#Earliest_known_maps, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018g): Hydrographic survey. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrographic_survey, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018h): List of Members of the International Hydrographic Organization. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Members_of_the_International_Hydrographic_Organization, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018i): Nautical Chart. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Nautical_chart, zuletzt geprüft am 30.09.2018.
- Wikipedia (2018j): Portolan chart. Online verfügbar unter https://en.wikipedia.org/wiki/Portolan_chart, zuletzt geprüft am 30.09.2018.

Mobility in Technology

Mobility in a
Globalised World



Economics
Engineering
Informatics
Logistics
Urban Planning

Mobility in Technology

Dr.-Ing. Reinhard Kolke

ADAC e.V., Test und Technik, Otto-Lilienthal-Str. 2,
86899 Landsberg am Lech,
reinhard.kolke@tzll.adac.de

Die Megatrends im Bereich von Mobilität und Technologie sind vielfältig. Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden die Trends Demografie und Digitalisierung, sowie Elektromobilität und Klimaschutz an konkreten Beispielen analysiert.

Der erste Beitrag *Eco-balance and Sustainability of Electric Vehicles - A Contribution to the „Clean and Green“ Discussion* von Dr. Claudia Brasse, untersucht in einer ganzheitlichen Analyse verschiedene Studien zur Ökobilanz und zum CO₂-Fußabdruck von Elektrofahrzeugen. Sie bewertet kritisch die vorliegenden Studien und deren Untersuchungsrahmen und kommt zu dem Ergebnis, dass das Elektrofahrzeug bereits heute einen positiven Einfluss auf das Klima hat. Mit dem fortschreitenden Übergang im Energiesektor hin zu einer Energiewende, indem fossile Brennstoffe aufgegeben werden, wird sich die CO₂-Bilanz weiter verbessern. Die Dekarbonisierung der individuellen Mobilität ist jedoch ohne elektrische Antriebsstränge nicht möglich. Daher ist der Beitrag auch ein Votum, die Zukunft nicht auf Grundlage der Fortschreibung der Vergangenheit zu beurteilen. Denn auch das zukünftige Mobilitätsverhalten wird sich ändern.

Die persönlichen Erwartungen an ein geändertes Mobilitätsverhalten und die technologischen Chancen neuer Mobilitätsangebote untersucht Prof. Dr. Katja A. Rösler in ihrem Beitrag *Neue Möglichkeiten der Mobilität für ältere und behinderte Menschen*. Mobilität trägt wesentlich zur Verbesserung der Lebensqualität älterer und körperbehinderter Menschen bei. Prof. Dr. Katja A. Rösler stellt Studien zu den besonderen Bedürfnissen von älteren und körperlich behinderten Menschen vor und leitet daraus die Notwendigkeit neuer Mobilitätsangebote ab. Der Einsatz neuer Technologien wird es ermöglichen, in naher Zukunft einen wichtigen Beitrag zu den Bedürfnissen der Mobilität dieser Menschen zu leisten. Konkret wird die Kombination eines autonom bewegten Submikrofahrzeugs mit einem marktfähigen Industrieroboter vorgeschlagen, der individuell an die unterschiedlichen Bedürfnisse des Benutzers angepasst werden kann.

Solche Kundenforderungen nach Individualisierung in Kombination mit verkürzten Produktzyklen werden es erforderlich machen, verstärkt auf Simulationswerkzeuge für die Produktentwicklung zu setzen. Prof. Dr.-Ing. Gregor Bischoff und Dipl.-Ing. (FH) Florian Ruther stellen dies am konkreten Beispiel in ihrem Beitrag zur *Simula-*

tion von Fahrverbräuchen dar. Zunächst werden die wichtigsten Einflussgrößen auf den Kraftstoffverbrauch und die regulierten Abgasemissionen aufgezeigt. Mit Unterstützung von Straßenfahrten, in denen Verbrauch und Abgasemissionen am Fahrzeug, aber ebenso Umgebungsbedingungen, wie z.B. Außentemperaturen erhoben werden, können Verbrauchskarten der Fahrzeuge und erweiterte mathematische Modelle erstellt werden. So werden bereits mit einer sehr guten bis akzeptablen Genauigkeit Vorhersagen des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen für simulierte Fahrstrecken ermöglicht.

Eco-balance and Sustainability of Electric Vehicles – A Contribution to the „Clean and Green“ Discussion

Dr. Claudia Brasse

Claudia Brasse Consulting, Baesweilerhof 2, 50933 Köln, www.claudiabrasse.com,
claudia.brasse@claudiabrasse.com

1	Introduction	358
2	Eco-balance and sustainability of Electric Vehicles	359
3	Survey of studies and their findings	362
4	Summary and conclusions from the survey	365
5	Changing the perspective – impact and conclusions from a higher ground...	367
6	Summary and Outlook.....	373
7	Literature	374

Abstract:

We live in a dynamic mobility transition phase that compliments the energy transition (Energiewende) towards abandoning fossil-based fuels. The future mobility eco system is “CASE” – connected, automated, shared, electric. In 2017 electric vehicles sales reached a tipping point and sales in Germany doubled. New models at reasonable prices are announced for the coming years and infrastructure is being installed to meet the demand putting electric mobility within reach for the masses. While the discussion about air quality in cities, traffic noise and Diesel bans is still all around and no solution at hand, the benefit of electric vehicles on the other hand is questioned. A holistic analysis of various studies on the eco-balance and CO2 footprint of EVs shows that already today every km driven electric has a positive impact on the climate. With the continuing energy and mobility transition individual mobility will be decarbonized sustainably. This will not be possible without electric powertrains.

JEL Classification: M31 (Marketing)

Keywords: Electric vehicle, EV, electric mobility, eco-balance, CO₂ footprint, sustainability, circular economy, battery technology, power supply, electricity generation, energy supply, Energiewende, Verkehrswende

1 Introduction

Despite year-long efforts in emission reduction and politics commitment to targets, with e.g. the Paris climate agreement, the traffic sector is clearly lacking behind. The energy transition rather seems a question of “when”. In the traffic transition discussion on the opposite, the debate is still a lot more about “how”. Whole industries are endangered and resistance to disruptive change on one side meet new powerful players seeing their chances on the opposite side. The “CASE” future of mobility – connected, automated, shared, electric – promises completely new mobility eco systems.

One aspect is the transition to alternative powertrain systems. After the Diesel scandal has shattered trust in industry and conventional powertrain technology, electric mobility has been pushed forward. Just recently, environmental legislation has again been tightened in Europe and more and more City bans for combustion engine cars are enforced.

In 2017 electric vehicles sales reached a tipping point and sales in Germany doubled. With continued growth world-wide seen in 2018, in 2019 and 2020 e-mobility is expected to see an even stronger boost. New models at reasonable prices are announced and infrastructure is being installed to meet the demand for the coming years. This puts electric mobility within reach for the masses.

However, whether this concept will prevail is difficult to predict. Disruptive forces and end customer behavior are playing a decisive role. But currently customers and politics alike show a high level of insecurity about right or wrong. This makes predictions and forecasts rather difficult.

One discussion that contributes to this insecurity is about the benefit of electric vehicles to climate change.

1. ‘EV batteries carry a heavy ecologic rucksack from production that cannot be amortized’
2. ‘EVs are not green as long as we produce dirty coal power to charge them’

These are the two most provoking and most relevant theses in this context.

After giving an overview of the concept of sustainability and eco-balance with respect to the mobility transition these two theses about the ecologic impact of electric vehicles will be discussed. A focus will be on the public perception and the validity of studies and calculations contributing to opinion making.

The identification of the key factors for future sustainable development of electric mobility is straight forward. However, it can be conveyed that the criteria of the

past do not serve well the evaluation of new and future concepts. Benchmarking should follow new approaches, too. A pragmatic entry will be proposed. Insights into current developments will give an outlook on the future.

Conclusions based on a higher-ground perspective will be drawn to contribute to the big picture. They allow for an optimistic and future-oriented view on the topic.

2 Eco-balance and sustainability of Electric Vehicles

There have been many studies around in recent years about the potential impact of battery and EV production on climate change as well as on EV emissions over lifetime. This survey presents an excerpt of the ones most prominently discussed in the media, since this influences the public opinion and customer behaviour.

The motivation is to show the spectrum of arguments and varying depth of analysis behind some prominent claims. The public discussion was very controversial but not always well covered back-to-back with research or distinct scientific results.

Therefore, this analysis is not comprehensive and explicitly does not pretend to meet scientific standards. It is meant to give a generic overview of the main arguments used.¹

2.1 Eco-balance concept

The concept of a circular economy is more and more embraced already in the design of products. The thinking in product lifetime and the ecologic impact of resource depletion, production, utilization and disposal at the end of life or recycling of components and materials is a matter of course today. Legislation demands documentation and sets certain standards.

The analysis of the ecological impact of products over their lifetime from “cradle-to-grave” in a life cycle assessment (LCA) has been standardized. A simplified and linear scheme is shown in Figure 1.

However, different forms of eco-balances may reflect the ecological aspects of a single product or provide a benchmark of several products or they integrate a holistic evaluation including economic, technical and/or social aspects.

¹ After concluding this survey many more studies and meta studies on the eco-balance and environmental footprint of EVs have been published. Most follow a similar approach than the selected reports. The discussion continues rather controversial.

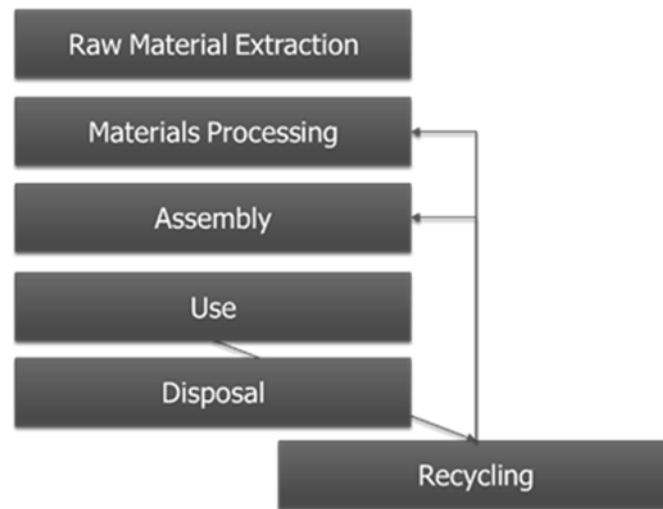


Figure 1

A typical Life Cycle Assessment (LCA), as usually conducted for material production, e.g. in the Chemical Industry, considers various impact factors from cradle-to-gate, cradle-to-grave or cradle-to-cradle. The categories analysed are:

- Use of primary energy
- Global Warming potential (GWP)
- Acid potential
- Photochemical oxidant formation
- Ozone depletion
- Resource depletion

For the purpose of measurement and comparison, the different factors are converted into CO₂ equivalents (CO₂eq) to make up for a standardized value. Sometimes the term GHG for greenhouse gas is used as well as umbrella term for types of emissions.

2.2 Elements of Electric Vehicle life-time emissions

Theoretically, the evaluation of the climate impact of a vehicle requires the separate analysis and then addition of several steps in the lifetime of the product. One could understand this as the addition of several cradle-to-gate steps – the gate-product of one step being the cradle-entry to the next step. The value chain of a vehicle over its lifetime is shown in Figure 2, naming the relevant aspects with an impact on emissions of each step.



Figure 2

The complexity of cars already asks for comprehensive analyses in steps 1 and 2. The contribution of maintaining a dealership network and distributing cars from one production site to manifold sales sites is hard to assess and seldom documented.

Step 4, vehicle utilization itself, on the other hand is standardized in the form of energy efficiency rating. For the customer behaviour many statistics are available, and average mileage and fuel consumption is well documented. Quite often the contribution of fuel supply is not being reported in statistics. Also, the end-of-life fate of a car usually remains rather in the dark.

Based on experience with gasoline or diesel cars, statistics and reports are being used – “historical evidence” so to say. Since there is not much data available for EVs yet, some field test reports with a small number of probands and prototypes is used and often generalizations, assumptions and projections to the future are combined with facts and figures from the past.

As already introduced with the two main critiques, EVs are especially seen in the context with the electricity consumed. Of course, this is also the main motivation: decarbonization. However, the benchmark on energy source level and emissions requires comparing two different systems with different generation and distribution patterns: electricity and fuel. This needs to be kept in mind when looking at the whole picture.

2.3 Benchmark: ICE

The studies analysed typically compare Electric Vehicles (EV) with conventional cars, that is Internal Combustion Engine vehicles (ICE), either gasoline or diesel cars.

Sometimes also Plug-In Hybrid Vehicles are compared (PHEV). Current PHEV hybrid cars usually combine two powertrains in a parallel configuration, one electric system, that typically allows for 50 km electric range, and a separate gasoline propulsion system. In that case electricity as well as fuel consumption needs to be accounted for in the utilization phase.

2.4 Evaluation criteria for comparison of studies

For the purpose of comparing the different articles and studies a simplified concept for evaluation was developed based on the value chain described above. The generic evaluation criteria are shown in the checklist, see Table 1.

Check-List
Emissions from raw material production considered
Emissions from production and transportation calculated
Carbon footprint of battery included
Similar vehicle type/-class compared
Mileage realistic
Supply of fuel considered
Local electricity mix applied
End of live considered – scrapping/recycling

Table 1

3 Survey of studies and their findings

The recent reports about the potential impact of battery and EV production on climate change as well as on EV emissions over lifetime are contradictory and disputed. Often, the nature of the questions analysed in the studies or reports can be seen in the context of the commissioner of the study. What in the media is referred to, often is an excerpt, sometimes followed by another analysis or interpretation of the journal authors and their key message.

This survey compares five reports most prominently discussed in the media: It is not comprehensive and explicitly does not pretend to meet scientific standards. It is meant to give a generic overview of the main arguments used.

3.1 Danish Journal Ingeniøren/IVL

The study that initially prompted this survey, because it raised so much public interest, was reported about in Ingeniøren, a Danish journal. Their report is based on a more fundamental analysis done by the IVL, the Swedish Environmental Institute, commissioned by the Swedish Energy Agency and the Swedish Transport Administration.

The IVL study analyses EV battery production in China only. The Ingeniøren authors combine their findings with a mileage assumption for driving in Scandinavia and the supply of fuel/electricity. The local electricity mix is not applied in their calculation and the vehicle classes compared are not similar.

The authors claim that a Tesla (100 kWh) brings a heavy CO₂ rucksack from production of 17.5 Tons CO₂eq.² It would take 8 years to compensate for by driving electric compared to a conventional car. A Nissan Leaf with 30 kWh would carry 5.3 Tons CO₂eq. The authors also compare this with the 600 kg CO₂eq that a return flight from Stockholm to New York would account for.

Their conclusion is not to drive around with too large batteries when not needed, e.g. for inner City and short distance driving.

3.2 Carnegie Mellon Study

A study at Carnegie Mellon University was commissioned by Scientific American. Different States in the US were analysed in view of the quality of electricity supply and its suitability for electric driving with either a PHEV or a battery electric vehicle (BEV) or a gasoline car. A Chevy Volt, a Toyota Prius (both PHEV) were compared with a Nissan Leaf (BEV) and a gasoline Mazda 3. These are comparable vehicles from the same segment of compact cars.

The study highlights the local annual emissions in the States analysed and conclude that even the time of day for charging counts. The analysis is based on tank-to-wheel data only.

In general, they find that Hybrid cars produce the least emissions for the specific regions. And the overall summary is: Do not drive EVs in States with high fossil power share.

3.3 IFEU Study

The IFEU Institute study was commissioned by Handelsblatt and UBA (Umweltbundesamt). It compares vehicles in the compact class without disclaiming details, they rather use a generic draft design for providing an independent base for the comparison of different powertrain concepts. The region analysed is Germany. This study is comprehensive in that respect that all aspects from the checklist are tackled.

Total CO₂eq for production, service and disposal of cars are calculated, supply of fuel or electricity and tailpipe emissions are added.

The authors discuss the impact on emissions of the actual electricity mix in Germany and the trends towards 2030 with the targets set for the Energiewende.

² The IVL study calculates energy consumption for a battery production in China. This accounts for a rather high value due to a contribution of coal power to the Chinese energy mix. Other studies use data from the International Energy Agency (IEA) or the US Ministry of Energy. The site of production and also transportation emissions may play a crucial role.

The authors conclude, that during production of an EV 50 % more GHG (greenhouse gas) emissions are generated. Over lifetime EVs emit 31 % less than gasoline and 12 % less than diesel cars. PHEV are not favourable – emissions are slightly higher than that of a diesel today and would be slightly lower in 2030.

According to this study, the CO₂eq rucksack amounts to 10.7 tons for the EV with 200 km range and 7.2 tons for the gasoline or diesel car calculated (compare the values in the Ingeniøren calculation of 5.3 for Nissan Leaf and 17.5 for Tesla Model S). A vehicle mileage of 169,000 km over 13 years is assumed.

While ICE cars in total contribute 29.2 tons CO₂eq to emissions, this value is 25.8 tons for EVs in 2017 and 17.4 tons in 2030 respectively.

In summary: Electric Vehicles are only as clean as the electricity consumed.

3.4 MIT/Trancik Lab

The German Manager Magazin cites a study from the MIT (Massachusetts Institute of Technology, the lab of Professor Trancik who developed a “carboncounter”) with a comparison of a Tesla Model X P100D, a Ford Fiesta and a BMW X5 for their use in Germany. Most criteria from the check-list are considered, except for the end-of-life aspect. Merely the vehicle types compared are quite different – on purpose – the authors wanted to know whether a small gasoline car could beat a large EV. Real data available at MIT for production and utilization of the cars is used to account for comparable boundary conditions.

The authors calculate 13 tons CO₂eq to produce the Tesla³ and 5 tons for the Fiesta. This then emits 34 tons on 175,000 km and the EV only 22 tons (calculated with today’s German energy mix).

The benefit of recuperation is discussed in the article. The energy efficiency of EV powertrains in general explain a better result of the heavy Tesla compared to the BMW SUV. Only a small Diesel could possibly beat the Tesla, speculates the researcher, but the data is not available at the lab.

Renewable electricity in production will even improve the result for the Tesla in the future (referring to the Gigafactory concept being CO₂-neutral in production).

The authors claim: A fat Tesla is cleaner than a small Ford.

³ This is considerably less than the other authors state, although Model X and Model S differ slightly, both carry the same battery size, that contributes at large to the value.

3.5 VUB University of Belgium

The Guardian presents the results of a study by the VUB University of Belgium, commissioned by the T&E Think Tank. They are comparing the emissions in different European countries and focus on the local electricity mix applied. The vehicle types calculated and compared are not known. Whether the mileage compared is realistic can also not be judged and the consideration of the fuel supply for ICE cars is also not documented.

The findings conclude that electric cars emit 50 % less than diesel cars. This is the European average calculated for 2030. More detailed, the CO₂ emission reduction can amount to as much as 85 % in Sweden and only to 25 % in Poland, where there is still high contribution of coal powered plants to the electricity mix. In the outlook the authors state that with battery technology improvement and a rising share of renewables, emissions from battery production itself could be cut by 65 %.

4 Summary and conclusions from the survey

It becomes clear that this survey shows rather highlights and positions than a scientific analysis.

One major reason is the limited availability of data. Especially a detailed BoM (bill of material) analysis is difficult owing to the early market entry phase: data is kept strictly confidential by suppliers and manufacturers. A clear product trend is not discernible yet. All originally cited studies are based on many generic assumptions. And not all publicly available data, e.g. on battery composition and production processes, can cover the rapidly advancing development in industry. The resulting products will not be seen in the market before another few years from now.

In addition to that, the focus of the studies is quite different. Some highlight the battery production, some take a closer look at driving patterns and fuel or electricity supply in different regions, some compare vehicles of comparable size and utilization pattern and some analyse and compare small cars with very large and heavy cars, some attempt to include all steps in the value chain.

Table 2 compares the different coverage of aspects along the value chain in the five reports.

Check-List	Ingeniøren/ IVL	Carnegie Mellon	IFEU	MIT	VUB
Emissions from raw material production considered	✓	×	✓	✓	✓
Emissions from production and transportation calculated	(✓)	×	✓	✓	✓
Carbon footprint of battery included	✓	×	✓	✓	✓
Similar vehicle type/-class compared	×	✓	✓	×	?
Mileage realistic	✓	?	✓	✓	?
Supply of fuel considered	✓	✓	✓	✓	?
Local electricity mix applied	×	✓	✓	✓	✓
End of live considered – scrapping/recycling	(✓)	×	✓	(✓)	?

Table 2

The two theses introduced at the beginning of this survey were selected because they were discussed most controversial in the media.

1. ‘EV batteries carry a heavy ecologic rucksack from production that cannot be amortized’
2. ‘EVs are not green as long as we produce dirty coal power to charge them’

One could observe an increasing insecurity in the public about the ecologic benefit of electric vehicles to climate change due to inconsistent information.

This survey confirms how contradictory the reports are sometimes. And often the authors draw simplified conclusions about a very complex matter. However, despite the different focus and limited comparability of the publications one can summarize some basic findings.

4.1 Battery production must be as clean as possible

When coming to the market, EVs carry a heavier burden with an emissions rucksack of ca. +50 % over ICE cars. That is, when we compare vehicles of the same segment, similar size and similar weight.

One needs to bear in mind that today’s EVs still provide considerably less range than an ICE car, e.g. some 200–300 km range for a compact car. Consequently, these cars will likely not be used in the same way and not regularly go on longer trips since also the necessary charging infrastructure is not overall installed yet.

Many studies use the prominent Tesla Model S or X with a 100 kWh battery for reference. This highlights even more the impact of a large battery on GHG emissions from production thus contributing to the CO₂ rucksack.

Although the efficiency of production processes and energy consumption in the value chain is still improving a lot and renewable energy will contribute its share in the future, this aspect should get appropriate attention.

4.2 Amortization of an ecologic rucksack is achieved during vehicle life

Whether the CO₂ rucksack can be amortized over the lifetime of a vehicle is dependent on the boundary conditions, mainly on the use profile (city or highway, load and passengers, total mileage) and the electricity mix in the country. Most studies conclude that in fact it is possible, also at today's standards. Even the 8 years amortization time calculated for a Tesla Model S by the Ingeniøren authors lies below the typical vehicle lifetime.

Amortization of the CO₂ rucksack may be achieved within 2–3 years for a compact car EV, as own calculations show.

4.3 Every km driven electric mitigates climate change

And locally, driving electric always has a benefit: no GHG emissions and less noise. When an EV replaces an ICE car, local pollution can be considerably reduced, and cleaner air is the result. Thus, even with electricity with a high emission share, e.g. from coal fired plants, EVs have a positive contribution to the local climate.

5 Changing the perspective – impact and conclusions from a higher ground

Changing the perspective and when looking at this survey from a higher ground and different angles some new insights can be gained.

With posing the questions in a different way and taking a more future-oriented solution-based approach some conclusions will be drawn on these two levels:

1. Mobility concepts of the future may need other metrics than a continued extrapolation from the past.
2. Optimizing vehicle utilization over lifetime solves more than one problem.

The reasoning follows from these conclusions:

5.1 Don't compare apples and pears

As already shown in the summary the metrics used do not match. See some aspects in Figure 3.

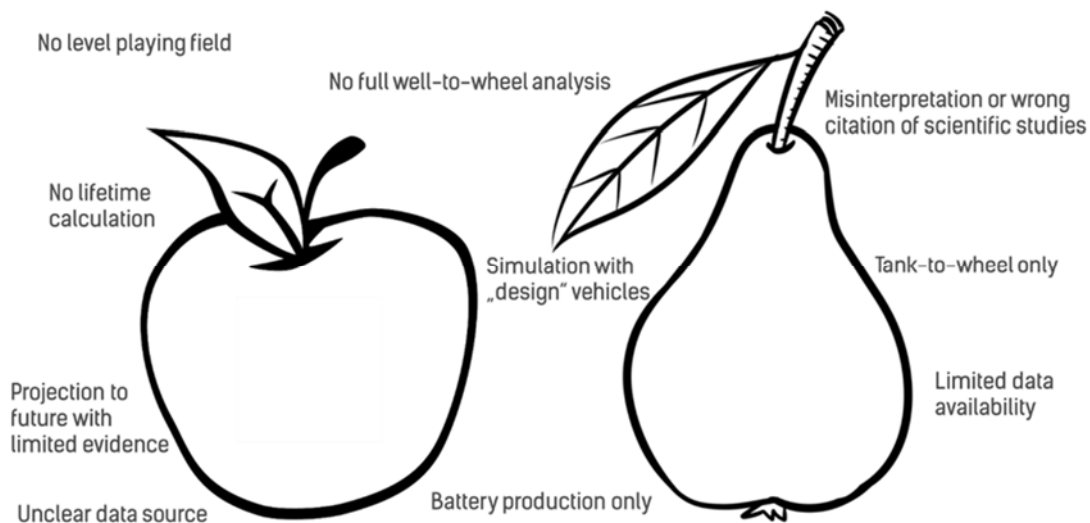


Figure 3

Different eco-balance elements are combined and the accounting principles for cars in production and utilization follow different metrics. The steps 1–3 from **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**² cover the product itself in a well-to-tank analysis (see Figure 4). Then the step 4, the vehicle utilization, is described by a tank-to-wheel analysis. At the interface it is already not clear how to incorporate the fuel supply into the equation. Here, a shift is being made from kg vehicle to km driven.

Well to Tank

- Raw material production & transportation
- Vehicle parts production & transportation
- Assembly of vehicle
- Transportation of vehicle to customer
- Sales infrastructure/storage
- Means of transportation for intermediate products
- Electricity mix for the factories/sites of production
-

Specific by car:

Type/class of vehicle
Material selection
Gross Weight

Specific by OEM:

Site of manufacturing of parts/assembly – transport distances
Plant efficiency
Sales channel



Figure 4

The responsibility is handed over: first, the OEM can influence the parameters by design of the car and the processes, then the user defines its utilization impact, but for simplification a standardized efficiency as defined by homologation is usually applied. The combination of both should give the well-to-wheel analysis.

What cannot be accounted for is the individual driving style (lead foot?), the payload and number of passengers transported, and in case of a PHEV the level of EV driving, that is the electric over fossil fuel share in the tank-to-wheel equation (Figure 5).

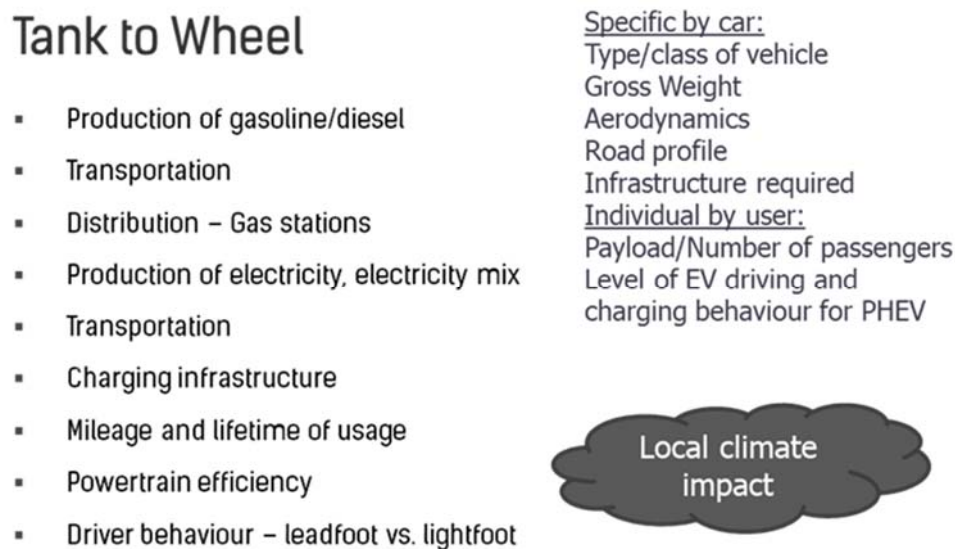


Figure 5

In view of the sharing economy concept and future autonomous vehicles as well as an already changing mobility behaviour enabled through digitization and app-based services, e.g. for more multi-modal individual mobility, the use cases will likely change. New vehicles such as people mover are introduced and ride sharing fits into a niche between public transportation and taxi services.

For a cradle-to-grave investigation scrapping and recycling needs to be included. Now, it gets even more complex when a 2nd-life-use of the EV batteries needs to be considered. How to fit to the equation that batteries from several EVs are recombined in stationary storages that may serve a new purpose for several years before finally entering the recycling process?

On another level, emissions from steps 1–3 and likely 5 have a more regional up to global climate impact in view of the global economy and value chains covering transports over long distances. Step 4 has mainly a local climate impact. Therefore, the stakeholders involved may judge the results based on different criteria and priorities. In city centres where air quality is bad local zero emission mobility have an

immediate and high valued effect also when it comes at the price of a still high emissions rucksack from production.

Eco-balance tools fall short of benchmarking different concepts or use cases

Challenges

- Reflection of global production chain and transportation of intermediates and parts
- Availability of comprehensive data
- Harmonization of data and it's base for different value chain elements
- Abstraction to comparable values and units
- Representation of different use cases

← LCA is mainly product-oriented. It is well suited to benchmark similar products.

How to evaluate future mobility solutions?

Figure 6

Figure 6 summarizes how traditional eco-balance tools fall short of benchmarking different mobility concepts or use cases.

5.2 Evaluate emissions per person km travelled

Mobility concepts of the future may need other metrics than a continued extrapolation from the past. With the introduction of new metrics and a shift to CO₂eq emissions per person km travelled for the evaluation of transportation means this could be served in a more holistic way.



Figure 7

With this, the mobility footprint of the individual can be made transparent and allow for educated and responsible decision making of the consumer. It may also lead to transparent product evaluation and support design decisions in the industry. Even politics may support certain solutions or behaviour based on it.

5.3 Optimizing utilization solves more than one problem

Major levers complement each other: with 75–85 % of the emissions of a conventional ICE vehicle being produced in the use phase, for sure one should make best use of vehicles on the road. Sharing models, optimized traffic flow in cities and other measures enabled by digitalization will support this approach. Improved traffic

guidance for parking, route planning and timing will also reduce traffic density and thus emissions.

5.3.1 Take passengers

One obvious solution is increasing the passengers per car and trip.

5.3.2 Share cars

Besides, increasing the utilization reduces the costs per asset. Especially in a business context this is useful, but also for private car owners. Lending the car to friends and family or renting it out during idle times raises the asset utilization rate.

Both is even more true for EVs: with initially still higher cost a high utilization pays back faster and with higher mileage at zero local emissions the climate benefit increases, and payback of the production burden is achieved faster.

The use phase today is accounting for ~60 % of the lifetime emissions of an EV, this share will be coming down to ~40 % by 2030.

5.3.3 Turn lead-foot into light-foot

Driving style can contribute. One example: reducing consumption from 6.8 L/100 km to 5.8 L/100 km yields in 15 % emission reduction and thus 155g/km. That results in emission savings of 0.3 tons per year and 5.4 tons over 18 years. Moreover, it saves 15 % fuel ~ 120 L and thus the respective expenses.

All these measures contribute to ecology but also to society:

- the reduction of local urban emissions,
- the improvement of a tight parking situation → comfort and cost
- the reduction of time spent in stop-and-go traffic and with searching for parking → comfort, costs and time

5.4 Make best use of vehicles on the road

Another way of making best use of the vehicles on the road today is extending their lifetime.⁴ The analysis, calculated for Germany, shows, that keeping older cars with lower emission standards on the road and switching to EVs later is beneficial compared to scrapping them now for a slightly improved ICE car, at least when calculating the CO₂eq lifetime emissions. In the “variable emissions” equation (Tank-to-

⁴ In Germany the average life of passenger cars today is 9.3 years. But the typical lifetime is 18 years, some models reach 22 years life and more before scrapping.

wheel) EV will come down to ~50g/km CO₂: 0.6 tons per year versus 1.86 tons with ICE cars today.

As Figure 8 shows, the earlier exchange of a Euro 4 car for a Euro 6 car leads to higher emissions than changing to an EV four years later or even continue driving the Euro 4 car for another 10 years. Adding a higher production rucksack with an EV is compensated after 4–5 years, when instead also adding the ICE rucksack of the new Euro 6 car.⁵

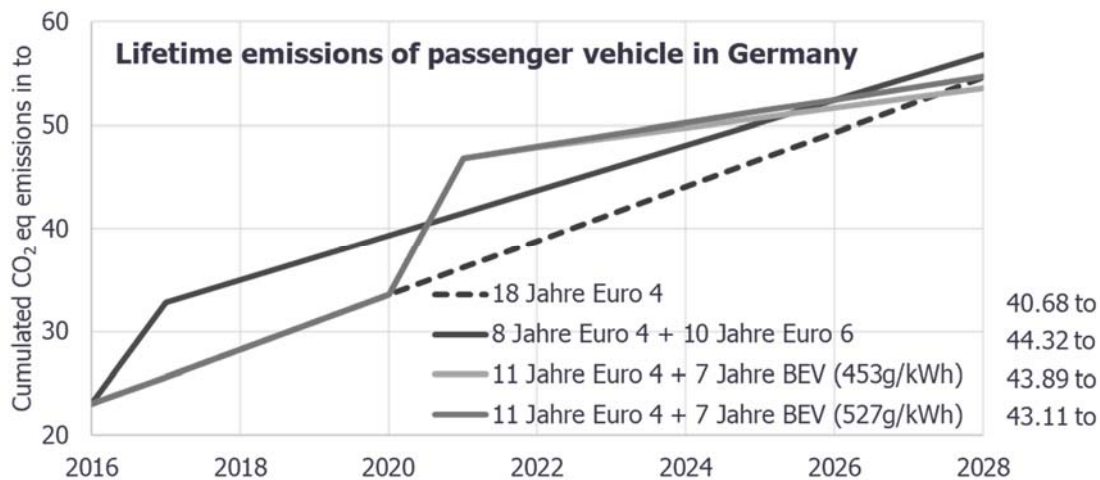


Figure 8

Over a 10-year period one can save nearly 4 tons CO₂eq per vehicle. When looking at the car population in Germany (Figure 9⁶) this adds up to a savings potential of some 60 million tons of CO₂eq, that is 6 million tons per year.

⁵ Reference: KBA; own calculations. Annual mileage 12.000 km; 1st purchase Euro 4 in 2010, time use starts 2011; new Euro 6 in 2017→2018, new BEV 2022→2023 resp.; well-to-tank: 7.2 to/ICE, 10.7 to/BEV; Tank-to-wheel: 155g/km CO₂ Euro 4, 128 g/km CO₂ Euro 6; BEV German electricity mix of 2016/prognosis average 2022–28.

⁶ Data: KBA; total population ~45 million passenger cars

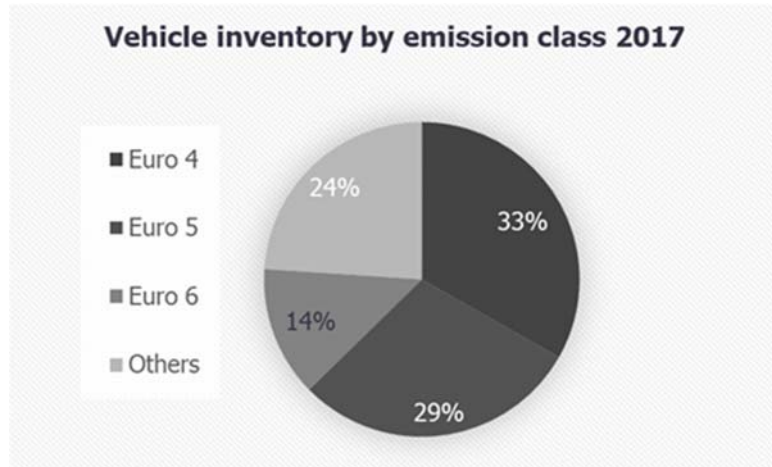


Figure 9

6 Summary and Outlook

A major learning from this survey is: one should change the perspective when looking for guidance. Pursuing the methods of the past must not help for evaluating the future. And then, also future mobility behaviour may be different from the past.

Not only the product analysis is still difficult, also the customer behaviour does not follow standard patterns – which use cases will be matched with which type of EV, will the passenger rate per car raise and more sharing take over in the future or will the individual one-on-one relation to privately owned cars prevail?

6.1 The Energiewende will benefit EV solutions globally

The IVL study reveals that 80 % of the battery emissions rucksack result from production and 20 % from mining and transportation of the raw materials. This means that there is a huge lever when GHG emissions in production are reduced with increasing the share of renewables used for it.

The European average of renewable energy production today is ~20 %, in Germany it is ~30 %, in the US ca. 15 %. The German government targets are: 50 % by 2030 and 80 % by 2050.

All along the value chain of the battery, there are improvements being made:

- With the selection of raw materials and the composition of electrodes environmental standards are considered.
- The energy density is being improved from generation to generation; that means a better yield per resource input. It also contributes to the vehicle design in a positive way, allowing smaller batteries to provide longer driving range.

- The longevity of batteries through thermal and electrical battery management is improved a lot which prolongs the lifetime in the application.
- Reuse (e.g. 2nd life applications) and recycling strategies and processes are developed and will be implemented. This prevents from early scrapping and ensures maximum use of the raw materials and resources included.

The calculation shows that with a reduction of ~33 % of emissions in production, transportation and recycling/scrapping EVs would match ICE cars in the “fixed emissions” equation (Well-to-tank). Based on current prognoses, this is within reach very soon.

7 Literature

- Kristensson, J./Ingeniøren (2017): “Svensk undersøgelse: production af elbilers batterier udleder tonsvis at CO₂”, June 12, 2017; retrieved on 04.10.2017 from <https://ing.dk/artikel/svensk-undersogelse-produktion-elbilers-batterier-...1>.
- Romare, M./IVL Swedish Environmental Research Institute (2017): “The life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions from Lithium-Ion batteries”; May 2017, No. C 243.
- Biello, D./Scientific American (2016): “Electric cars are not necessarily clean”, May 11, 2016; retrieved on 10.07.2017 from <https://www.scientificamerican.com/article/electric-cars-are-not-necessarily-clean/>.
- Handelsblatt (2017): “Mobilität der Zukunft -Batterie voller Fragen”, 1./2./3. September 2017.
- Helms, H. et al./Ifeu Institut (2016); “Elektrofahrzeug und Verbrenner im Umweltcheck“, Internationales Verkehrswesen (68) 4, 2016.
- Sorge, N.-V./Manager Magazin (2017): “Darum ist ein fetter Tesla sauberer als ein kleiner Ford”, November 24, 2017; retrieved on 28.11.2017 from <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/tesla-laut-elektroauto-oekobilanz-sauberer-als-ford-fiesta-a-1177177.html> – referring to:
- Trancik et. al./MIT, Environmental Science&Technology, September 27, 2016, DOI: 10.1021/acs.est.6b00177.
- Neslen A./The Guardian (2017): “Electric cars emit 50 % less greenhouse gas than diesel, study finds”, October 25, 2017; retrieved on 28.11.2017 from <https://www.theguardian.com/environment/2017/oct/25/electric-cars-emit-50-less-greenhouse-gas-than-diesel-study-finds>.

Neue Möglichkeiten der Mobilität für ältere und behinderte Menschen

Prof. Dr. Katja A. Rösler

Hochschule Ruhr West, Duisburger Straße 100, 45479 Mülheim an der Ruhr, katja.roesler@hs-ruhrwest.de

1	Einführung und Problemstellung.....	376
2	Beispielszenario.....	377
3	Bedarfe und Bedürfnisse behinderter Menschen.....	379
4	Bedarfe und Bedürfnisse älterer Menschen.....	380
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	382
6	Literaturverzeichnis.....	384

Abstract:

Mobility contributes significantly to increasing the quality of life of elderly and disabled people. Fewer activities outside the home often go hand in hand with social isolation. This paper presents studies on specific needs of elderly and physically handicapped persons. Here are clear demands for a change in mobility for this group of people. The use of new technologies will make it possible to make an important contribution to the needs of the mobility of groups in the near future. The topic of a new mobility concept is the combination of an autonomously moving sub-micro-vehicle with a marketable industrial robot, which can be individually adapted to different needs of the user.

Keywords: Mobility concepts, Automotive, elderly people, disabled people, sub-micro-vehicle, industrial robot

JEL: J11, L92

1 Einführung und Problemstellung

Derzeit gibt es in Deutschland 7,5 Mio. Schwerbehinderte (Statistisches Bundesamt, 2018a), davon ca. 50 % mit einem Behinderungsgrad von 70 % und mehr (Statistisches Bundesamt, 2018a). Von diesen 7,5 Mio. ist eine Vielzahl nicht mehr in der Lage, Auto zu fahren. Für diese Gruppe wird eine individuelle unabhängige Mobilität durch Mikromobile erstmalig ermöglicht. Eine weitere Gruppe, die durch Mikromobile profitiert, ist die Gruppe der älteren Menschen. In 2010 gab es in Deutschland 12,46 Mio. Menschen über 70 Jahre (Statistisches Bundesamt, 2018b). Mit dem demographischen Wandel werden dies in Zukunft noch mehr sein (Statistisches Bundesamt, 2018c).

Mobilität trägt hier wesentlich zur Erhöhung der Lebensqualität bei. Weniger Aktivitäten außerhalb des Hauses gehen oft mit sozialer Isolation einher (Grosser, 2017), belegt unter anderem in einer studentischen Abschlussarbeit in der Arbeitsgruppe der HRW. Eine weitere Abschlussarbeit beschäftigte sich speziell mit den Bedarfen von körperlich eingeschränkten Personen. Hier zeigen sich u. a. deutliche Bedarfe an einer Veränderung der Mobilität für diese Personengruppe (Kapteina, 2018).

Aber auch die Sicherheit der Nutzer sowie anderer Verkehrsteilnehmer werden erhöht, wenn die mobilitätseingeschränkten Personen statt des eigenen Autos neue Konzepte der Mobilität nutzen. Im Bereich der Urbanisierung können neue Mobilitätskonzepte auch durch ihren geringen Raumbedarf für weitere Personengruppen interessant werden.

Die Nutzung neuer Technologien ermöglicht in naher Zukunft, für die Bedarfe der Mobilität der Personengruppen einen wichtigen Beitrag zu leisten. Thema eines neuen Mobilitätskonzeptes ist die Kombination eines autonom fahrenden Sub-Mikromobils mit einem marktgängigen Industrieroboter, der auf verschiedene Bedarfe der Nutzer individuell angepasst werden kann. Hier gibt es mehrere Herausforderungen, die zu bewältigen sind. Zunächst ist es die Konstruktion eines Submikromobils, welches die Zielgröße hat, in einen üblichen Wohnungsaufzug sowie durch eine gewöhnliche Tür zu passen. Für höhere Geschwindigkeiten ist eine Kopplung mit einem weiteren Fahrzeugteil vorgesehen. Das Fahrzeug soll elektrisch angetrieben werden. Für das autonome Fahren wird dabei auf technische Lösungen gesetzt, die bereits heute zum großen Teil in der Forschung der Automobilindustrie verfügbar sind. Die Kombination eines Roboters mit einem Mikromobil erfordert zunächst eine weitere vertiefte Bedarfsanalyse, welche Fähigkeiten der Roboter für einen bestimmten Personenkreis wie behinderte oder ältere Menschen aufweisen sollte und welche davon von marktgängigen Robotern abgedeckt werden können und welche noch zu entwickeln sind. Dies ist insofern erforderlich, als in

den letzten Jahren neue Robotertypen auf dem Markt erschienen sind. Die Zusammenarbeit zwischen Mikromobil und Roboter macht es notwendig, dass der Roboter mit dem Fahrzeug kommuniziert und dieses gegebenenfalls auch mit anderen Fahrzeugen interagiert. Das ROBOCAR ist eine Antwort auf den Mobilitätsbedarf im demographischen Wandel, welches auch Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern beinhaltet.

2 Beispielszenario

Hierzu folgendes Beispielszenario: Eine behinderte oder ältere Person möchte von ihrer Wohnung zum Bahnhof. Hierzu fordert die Person per Smartphone ein ROBOCAR an.



Abbildung 1: Anforderung ROBOCAR

Das ROBOCAR fährt zur Hausnummer, öffnet die Haustür, sucht den Aufzug, bedient diesen, fährt in die Wohntage der Person, fährt zur Wohnung des Anfordernenden, findet die Haustürklingel und bedient diese.



Abbildung 2: ROBOCAR fährt zur Wohnungstür

Die Person kommt aus der Wohnung, das ROBOCAR unterstützt sie durch ihre Arme beim Einsteigen und fährt dann autonom zum Bahnhof.



Abbildung 3: ROBOCAR unterstützt individualisiert

Hier erfolgt der umgekehrte Prozess: das ROBOCAR sucht den Aufzug, bedient diesen, fährt den Anforderer auf den Bahnsteig und hilft diesem beim Aussteigen aus dem Fahrzeug.

Durch den integrierten Roboter mit zwei oder mehr Armen können zusätzlich Funktionen, wie Übernahme von Taschen, Koffer und Ladung übernommen werden. Alternativ fährt das ROBOCAR in den Wagon des Zuges.

Durch die Flexibilität des ROBOCARs und dessen Vernetzung lassen sich neben dem autonomen Fahren zahllose weitere Unterstützungsfunktionen realisieren. Im Beispielszenario z. B. die Anforderung, einen bestimmten Zug zu erreichen. Das ROBOCAR müsste hierzu automatisch den Fahrplan des Zuges und gegebenenfalls Verspätungen ermitteln und dem Anwender dann mitteilen, wann er abgeholt wird. Weitere Zusatzfunktion wäre die Bedienung/Benutzung eines Aufzuges und die Unterstützung des ggf. behinderten Benutzers beim Ein- und Aussteigen. Hiermit wird insbesondere behinderten oder älteren Menschen der Planungsvorgang für die Transportaufgabe „Ich möchte rechtzeitig am Zug sein“ abgenommen.

Für das autonome Fahren wird dabei auf technische Lösungen gesetzt, die bereits heute zum großen Teil in der Forschung der Automobilindustrie verfügbar sind. Rechtliche Rahmenbedingungen müssen besonders berücksichtigt werden. Die kognitiven Fähigkeiten des Roboters müssen auf der heutigen Fähigkeit der Bildverarbeitung und Bilderkennung aufsetzen, diese aber um weitere intelligente Funktionen ergänzen, wie z. B. das Erkennen eines Tastenfeldes in einem Aufzug. Um die Planung einer Transportaufgabe zu übernehmen, ist die Vernetzung mit den entsprechenden anderen Verkehrsmitteln, die Berücksichtigung der Verkehrssituation und gegebenenfalls der Wetterlage erforderlich. Insofern handelt es sich um ein integriertes, vernetztes Konzept.

3 Bedarfe und Bedürfnisse behinderter Menschen

Im Rahmen der Auswertung werden deskriptive Ergebnisse der empirischen Studie dargestellt, um diese anschließend zu erörtern. Insgesamt konnten 65 Fragebögen zur Auswertung herangezogen werden, 50 aus der Onlinebefragung und 15 aus der persönlichen Stichprobe der AWO Duisburg.

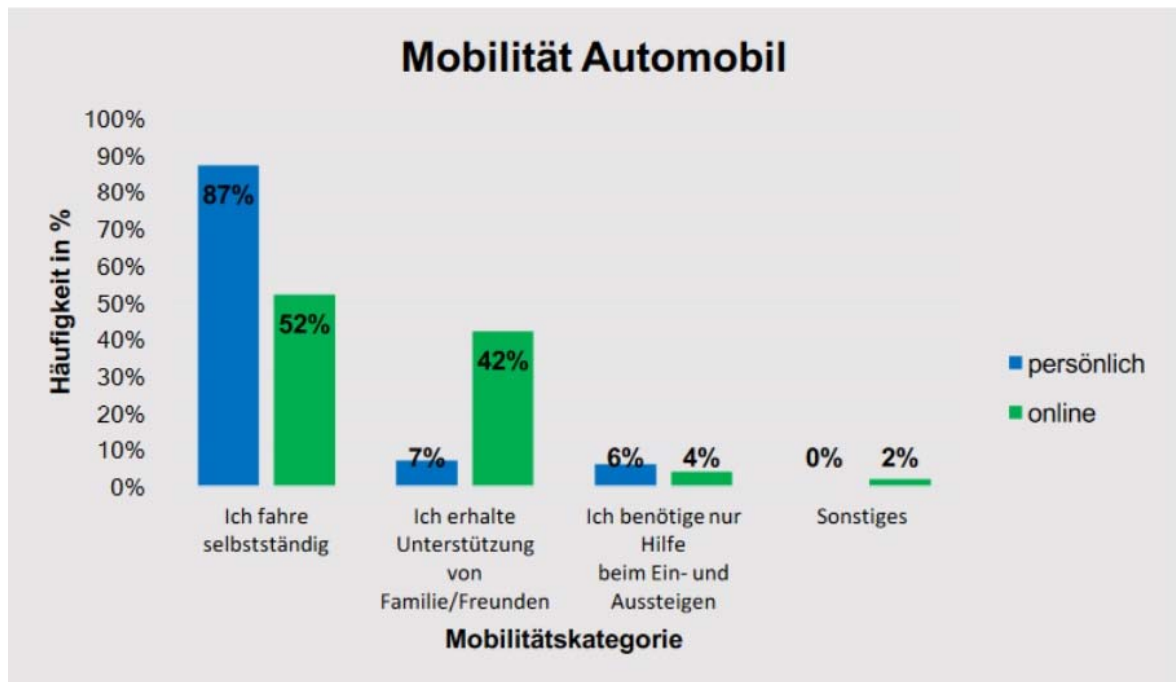


Abbildung 4: Mobilitätsverhalten behinderter Menschen (Grosser, 2017)

Die persönliche Befragung zeigte ein aktiveres Mobilitätsverhalten als die Onlineumfrage. So waren hier 87 % in der Lage, selbstständig zu fahren. Im Bereich der Onlineumfrage waren dies nur 52 %. Ein Grund dafür kann die Auswahl der Probanden sein. Die persönlich Befragten wurden im Rahmen eines regelmäßigen Treffens bei der AWO rekrutiert. Auffällig groß ist der Anteil derjenigen Personen, die Unterstützung von Familie und Freunden bei der Mobilität erhielten. Nichtsdestotrotz kann durch eine alleinige Unterstützung beim Ein- und Aussteigen bereits jedem 20. geholfen werden.

In der weiteren Befragung wurden die Bedürfnisse Behinderter ermittelt. Viele Antworten wie viel Stauraum, einfache Bedienung oder innovative Funktionen wie „Keyless“ unterscheiden sich wenig von den Bedürfnissen von nichtbehinderten Menschen. Auch spielen für die Behinderten ein geringer Verbrauch, die Erreichbarkeit und ein hohes Maß an Sicherheit eine Rolle. Darüber hinaus wurden in den Umfragen diverse ergänzende, behindertenspezifische Thematiken genannt. Die Bedarfe reichen hier von einem vereinfachten, automatischen Start des Fahrzeuges über eine Autojustierung des Fahrersitzes hin zu globalen Themen wie

unabhängige Mobilität. Aber auch spezifische Bedürfnisse, wie ein Führerschein auch bei speziellen Behinderungen (Spastik) bzw. die Bedienung für Hör- und Sehbehinderte wurden genannt.

4 Bedarfe und Bedürfnisse älterer Menschen

Die quantitative Befragung erfolgte ausschließlich mit Autofahrern, die über 65 Jahre alt sind. Es wurde darauf geachtet, den Anteil männlicher und weiblicher Befragter gleich zu halten, um ein einheitliches Meinungsbild zu erhalten.

Doch zeigten sich in der eigens durchgeführten Umfrage deutliche Unterschiede zwischen den „jüngeren“ Senioren zwischen 65 und 75 und den „Älteren“ jenseits des 75. Lebensjahres. Dies ist beispielhaft an der Schwierigkeit „Schulterblick“ zu sehen.

Von 80 Probanden haben 35 Probleme beim „Schulterblick (toten Winkel erkennen)“. Davon sind 60 % größer oder gleich 75 Jahre alt und lediglich 40 % weniger als 75 Jahre alt (Schmiedel, 2018).

Die Probanden wurden in ausschließlich persönlichen Gesprächen dazu befragt, ob diese Fahrerassistenzsysteme kennen. Viele der Probanden hatten Probleme mit Fachbegriffen, verneinten zunächst diese Frage – bei einer Erläuterung mit typischen Fahrerassistenzsystemen wie ABS kannten die Probanden diese jedoch in der Regel.

Die Probanden wurden nach ihren speziellen Bedarfen an Unterstützung gefragt, kreative Äußerungen waren hierbei explizit willkommen.

Auch hier reichten die Antworten von Ideen, die unabhängig von der Altersgruppe sind, hin zu recht spezifischen Ideen. So wurden Getränkehalter genannt; Fußmatten, die nicht verrutschen; aber auch globale Themen, wie weniger Verkehr und breitere Parkplätze für zunehmend breitere Fahrzeuge. Auch der Kraftstoffverbrauch und die Anschaffungskosten sind Thema. Spezifisch wurden häufig eine schlechte Sicht durch zu hohe Kopfstützen oder Probleme beim Schulterblick genannt. Ebenso wurde ein hoher Wagen, der das Einsteigen erleichtert, gewünscht bzw. Verbesserungen beim Fahren in der Dunkelheit. Mehrfach wurden Lösungen gewünscht, dass sich andere Autofahrer „besser“ verhalten, Kurven nicht „schnibbeln“ und mehr Rücksicht nehmen. Vereinzelt kamen Bedienprobleme, z. B. mit vorhandenen Navigationsgeräten, zur Sprache.

Auffällig war eine Diskrepanz zwischen vorliegendem Unterstützungsbedarf der älteren Menschen und die zum Teil zurückhaltende Nutzung vorhandener Fahrerassistenzsysteme im Fahrzeug. Daher wurde den älteren Personen die Frage gestellt,

wie sie sich Informationen über moderne Techniken wie z. B. Fahrerassistenzsysteme wünschen.

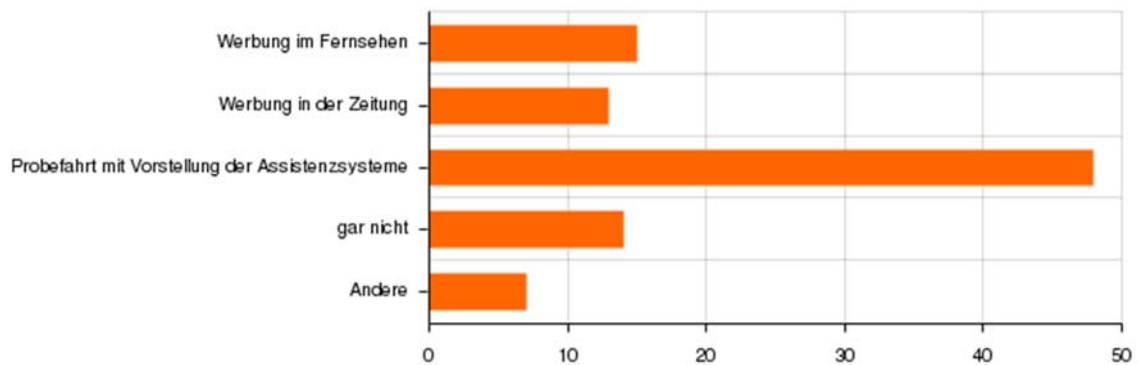


Abbildung 6: Bevorzugte Informationswege über moderne Techniken (Schmiedel, 2018)

Sehr häufig, mit fast 50 %, wurde eine Probefahrt mit Vorstellung der Assistenzsysteme genannt. Dies zeigt, dass ältere Menschen Assistenzsysteme und neue Techniken nicht generell ablehnen, wohl aber die Technik in Begleitung persönlich kennenlernen möchten. Gerade Autohäuser sollten dies als wichtigen Hinweis nehmen und spezielle Angebote für Senioren entwickeln.

Des Weiteren wurden die älteren Menschen gefragt, ob diese sich vorstellen könnten, ein autonom fahrendes Fahrzeug zu nutzen, welches sie von zu Hause abholt. Lediglich 25 % konnten sich dies überhaupt nicht vorstellen. Weit über 50 % können sich derart moderne Techniken vorstellen, wenn der Preis stimmt und die Technologie hinreichend sicher entwickelt ist.

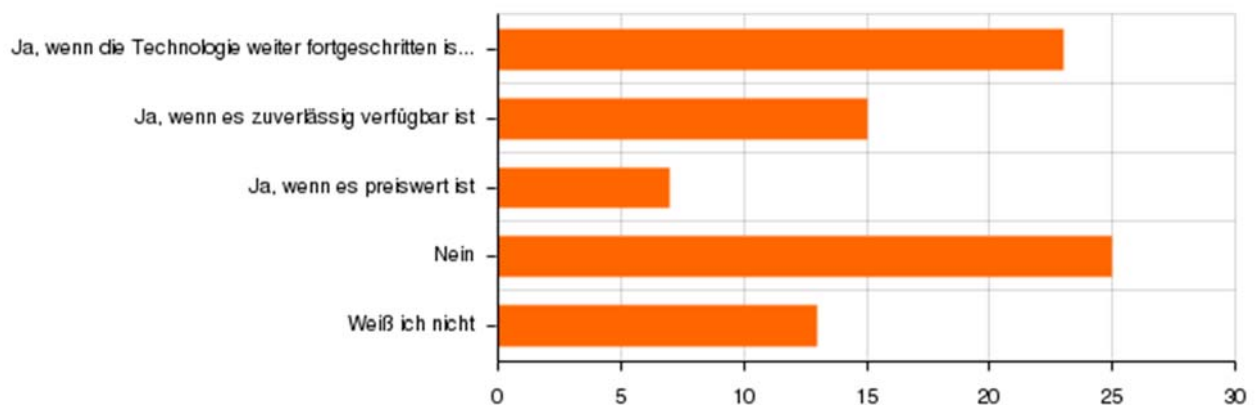


Abbildung 7: Akzeptanz eines autonom fahrenden Fahrzeuges durch ältere Menschen (Schmiedel, 2018)

Gründe, die für eine Ablehnung eines solchen Fahrzeuges sprechen, waren insbesondere Misstrauen in die Technik. Z. T. fielen Worte wie „lebensgefährlich“. Das

Misstrauen begründete über 90 % der Ablehnungsgründe. Ca. 10 begründeten die Ablehnung mit dem Fahrspaß, der entsteht, wenn man ein Auto selber steuern kann.

Betrachtet man nun die menschliche Fehlerwahrscheinlichkeit, die im Bereich von 1:1000 liegt und vergleicht diese mit der technischen Fehlerwahrscheinlichkeit, die im Bereich von 1:1000000 liegt, so ergibt sich ein anderes Bild. Derartige Zahlen sind gut im Bereich der Eisenbahn und der Flugzeuge erforscht. Selbst wenn man davon ausgeht, dass in der Phase der Einführung einer neuen Technologie, diese eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit hat, so erkennt man unschwer, dass die Technik objektiv immer noch weit aus sicherer ist als der Mensch.

Nichtsdestotrotz soll den älteren Menschen eine Möglichkeit gegeben werden, in ein automatisiertes Fahrgeschehen einzugreifen. Dies kann über ein Not-Aus-Knopf geschehen, bzw. über eine Bedieneinheit aus Pedalen und Lenkrad, die optional benutzt werden kann. Dies würde die Akzeptanz bei älteren Menschen nochmals erhöhen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorgeschlagene Ansatz erhöht für die Personengruppe der behinderten bzw. älteren Menschen mit Einschränkungen nicht nur den Mobilitätskomfort, sondern realisiert überhaupt deren Mobilität wieder. Beide Personengruppen erschienen offen gegenüber neuen Technologien. Lediglich 25 % der älteren Menschen lehnen ein autonomes Mikromobil, welches sie zu Hause abholt und an einen Wunschort fährt, kategorisch ab. Grund hierfür ist ein mangelndes Vertrauen in die Technik. Da hier ein Vertrauen jedoch aufgebaut werden könnte, erscheint dies nicht als ein wirklicher Hinderungsgrund, da die objektive Sicherheit einer technischen Lösung deutlich höher ist, als die Sicherheit in einem Transportsystem mit einem menschlichen Fahrer. Wichtig scheint jedoch eine Eingriffsmöglichkeit (z. B. Not-Aus-Knopf) zu sein, und dass die neuen Technologien persönlich Probe gefahren werden können. Dies adressiert insbesondere Autohäuser in ihrer Verkaufsstrategie.

Die Roboterunterstützung des Mikrofahrzeuges kann auf individuelle Einschränkungen einer oder mehrere Personen eingerichtet bzw. programmiert werden. Effektiv ist sie insofern, dass mit den zwei Standardkomponenten, Mikromobil und Industrieroboter, auf verschiedenste Einschränkungen eingegangen werden kann. Das heißt, es ist ein Fahrzeug für viele Zwecke. Ggf. erkennt das ROBOCAR die Assistenzbedarfe seiner Nutzer selbstständig und speichert diese für unterschiedliche Nutzer. Damit ist das ROBOCAR nicht nur individualisierbar, sondern auch lernfähig. Zuverlässigkeit wird durch den Einsatz der aus der Automobilindustrie bekannten Technologien zum autonomen Fahren gewährleistet. Der Bedarf solcher Assistenzfahrzeuge ist vor dem Hintergrund des demografischen Wandels stark zuneh-

mend. Mit solch einem Mobilitätskonzept kann damit diesem immer größer werdenden Personenkreis die Teilnahme am Individualverkehr wieder zugänglich gemacht werden.

Eine Kommunikation und Verkettung von verschiedenen Verkehrsmitteln und Verkehrsteilnehmern ist bedingt gegeben. Als Nebenfunktionen können mit dem ROBOCAR z. B. Mobilitätsketten gebildet werden. Dies bedeutet, dass sich im Rahmen einer optimierten Navigationsplanung mehrere ROBOCARs abschnittsweise zu einem Verbund zusammenschließen. Eine Verkettung mit dem öffentlichen Personenverkehr ist z. B. im Eingangsszenario mit der Planung des ROBOCARs gegeben, wann dieses starten muss, um einen gewissen Zug zu erreichen. Da sich das ROBOCAR auf verschiedene Nutzer in seinen Assistenzfunktionen einstellt, sind selbstverständlich auch Möglichkeiten des Carsharings gegeben. Dies ermöglicht eine kostenoptimierte Mobilität behinderter und älterer Menschen.

Das ROBOCAR soll mit einem Elektromotor umweltfreundlich und schadstoffarm angetrieben werden. Die Intelligenz ist multidimensional erforderlich. So bedarf das autonome Fahren nicht nur hochintelligenter Technologien sowie weiterer Funktionalitäten, wie eine auf den öffentlichen Nahverkehr abgestimmte Routen- und Zeitplanung. Die Roboterintelligenz, z. B. das Erkennen und Drücken der richtigen Taste im Fahrstuhl bzw. der Einsteigeassistentz oder das Greifen und Verladen von Handgepäck machen das ROBOCAR zu einem hochintelligenten Mikromobil. Die prinzipiellen Funktionalitäten des ROBOCARs können auf weitere Nutzergruppen übertragen werden.

Miniaturisierung von individuellen Mobilitätsmitteln für einen leichten und flexiblen intermodalen Transport von Menschen und Gütern wird adressiert, da es sich bei den ROBOCARs um Mikrofahrzeuge handelt. Im Zuge der Urbanisierung sind diese für kurze Fahrstrecken optimiert. Ggf. ist für weitere Strecken der Verkehrsträgerwechsel z. B. auf den öffentlichen Personennahverkehr vorgesehen. Durch die kleine Größe des Mikromobils ist nur ein sehr geringer Parkraumbedarf erforderlich. Da das ROBOCAR sich auf unterschiedliche Nutzer in der Assistenz individualisieren lässt, sind Carsharingkonzepte prinzipiell umsetzbar. Hier entfällt der Parkraumbedarf z. B. in kritischen Innenstadtzonen nahezu vollständig und verlagert sich auf spezielle Parkflächen.

Innovativ ist die Kopplung zweier Technologien, die des autonomen Fahrens in Mikromobilen und die der Robotertechnologien. Hiermit ergibt sich eine neue Art der Mensch-Technik-Interaktion insbesondere für ältere Menschen und Menschen mit körperlichen Einschränkungen.

6 Literaturverzeichnis

Statistisches Bundesamt (2018a):

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Behinderte/BehinderteMenschen.html>.

Statistisches Bundesamt (2018b): „Online Datenbank, Fortschreibung des Bevölkerungsstandes“,

http://www.bpb.de/wissen/X39RH6,0,0,Bev%F6lkerung_nach_Altersgruppen_und_Geschlecht.html.

Statistisches Bundesamt (2018c):

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/DemografischerWandel/BevoelkerungsHaushaltsentwicklung5871101119004.pdf?__blob=publicationFile.

Grosser, K. (2017) „Mobilitätsbedarfe für Personen mit körperlichen Handicaps“; Bachelorarbeit Hochschule Ruhrwest.

Kapteina, G. (2018) „Autonomes Fahren – Was sind die Kundenbedürfnisse beim autonomen Fahren“, Bachelorarbeit Hochschule Ruhrwest.

Schmiedel, P. (2018): „Mobilität im demographischen Wandel - Beitrag zur Verbesserung der Mobilität von Senioren“, Bachelorarbeit Hochschule Ruhrwest.

Simulation von Fahrverbräuchen

Prof. Dr.-Ing. Gregor Bischoff

Leiter des Labors für Verbrennungskraftmaschinen der Hochschule Kempten, Mitglied des Instituts für Energie- und Antriebstechnik IEAT, Hochschule Kempten, Bahnhofstraße 61, 87435 Kempten, gregor.bischoff@hs-kempten.de

Dipl.-Ing. (FH) Florian Ruther

Mitarbeiter am Labor für Verbrennungskraftmaschinen der Hochschule Kempten, Hochschule Kempten, Bahnhofstraße 61, 87435 Kempten, florian.ruther@hs-kempten.de

1	Einführung und Problemstellung.....	386
2	Mobile Abgasmessung	386
3	Erstellung von Kennfeldern.....	388
4	Vergleich Simulation Realfahrt.....	389
5	Zusammenfassung und Fazit	391
6	Literaturverzeichnis	392

Abstract:

In this article we present a method which indicates the most important parameters of influence concerning the fuel consumption and regulated emissions. Using RDE measurements a consumption map of the vehicle and enhanced mathematical models are created that allow the prediction of fuel consumption and emissions for simulated driving routes. The results show that the simulated fuel consumption fits the measured consumption of the vehicle very good. The deviations between calculated and measured NO₂ and NO are relatively high. This is due to the lack of simulation of the emissions aftertreatment which is not possible as the relevant parameters are not monitored. Further investigations are planned for hybrid vehicles, extended environmental conditions and modelling of the aftertreatment.

JEL Classification: M31 (Marketing)

Keywords: RDE, Fuel Consumption, Emissions, Automotive, Simulation, PEMS

1 Einführung und Problemstellung

Verbräuche und Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Eine Reduktion von Emissionen und Verbrauch sind zwei der wichtigsten Ziele der nächsten Jahre, um gesetzliche Vorgaben und Klimaschutzziele zu erreichen. Weiterhin findet eine zunehmende Autonomisierung der Fahrzeuge durch Fahrerassistenzsysteme statt, welche den Fahrer bei der Fahrzeugführung unterstützen.

Da die Emissionen von Kraftfahrzeugen von unterschiedlichen Faktoren wie Umgebungsbedingungen (Wetter), Verkehr, Fahrstrecke und Fahrweise abhängig sind, treten diese daher örtlich und zeitlich sehr unterschiedlich auf und führen besonders in Städten zu lokal hohen Belastungen.

Um für ein bestimmtes Fahrzeug die im Straßenverkehr entstehenden realen Emissionen zu ermitteln, werden heutzutage mobile Abgasmesssysteme (PEMS, Portable Emission Measurement System) eingesetzt.

Diese Messungen lassen jedoch nur Rückschlüsse auf die gefahrenen Strecken zu. Eine Übertragung des Emissionsverhaltens auf beliebige andere Strecken ist ohne Weiteres nicht möglich.

In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, welches die wichtigsten Einflussparameter für den Fahrverbrauch und die Schadstoffentstehung identifiziert und damit eine Voraussage für Verbrauch und Emissionen mit Hilfe eines an der HS-Kempten entwickelten Simulationsmodells für beliebige Strecken ermöglicht.

Die Eingangsgrößen für das Simulationsmodell werden vorab aus Messfahrten ermittelt. Bei diesen Messfahrten werden sowohl die realen Emissionen mit Hilfe eines PEMS-Gerätes als auch wichtige Betriebsdaten des Fahrzeugs aus der OBD-Schnittstelle aufgezeichnet.

Das Verfahren wurde an einem 1,6l Diesel-PKW entwickelt.

2 Mobile Abgasmessung

2.1 PEMS

Mit Einführung der Abgasnorm Euro 6 c ist für PKW zusätzlich zu den am Prüfstand ermittelten Fahrverbräuchen und Emissionen eine Ermittlung der realen im Fahrbetrieb auftretenden Emissionen vorgeschrieben [1]. Dabei müssen die Kohlendioxide CO₂, Stickoxide NO_x und Kohlenmonoxide CO und die Anzahl der emittierten Partikel PN aufgezeichnet werden. Die Messung der Kohlenwasserstoffemissionen HC wird vom Gesetzgeber derzeit für eine Realfahrt nicht gefordert.



Abbildung 1: PEMS an Fahrzeug montiert

Dem Labor für Verbrennungsmotoren der Hochschule Kempten steht ein PEMS der Firma AIP Haldenwang zur Verfügung. Das am Fahrzeug installierte Messsystem ist in Abbildung 1 zu sehen.

2.2 RDE-Messfahrt

Grundlage für die benötigten Messdaten liefert eine vom Gesetzgeber vorgeschriebene RDE (Real Driving Emission) Messfahrt [2]. Eine solche Messfahrt dauert laut Vorschrift zwischen 90 und 120 Minuten und wird jeweils zu ca. einem Drittel in der Stadt, auf der Landstraße und auf der Autobahn absolviert. Die Dynamik der Fahrt orientiert sich an dem seit September 2017 für PKW vorgeschriebenen Prüfstandszyklus WLTC (Worldwide Harmonised Light Duty Cycle). In Abbildung 2 ist die gefahrene Strecke in Kempten und Umgebung abgebildet. Die Messgrößen werden dabei in einem Abstand von 1 Sekunde aufgezeichnet.



Abbildung 2: RDE-Messfahrt

3 Erstellung von Kennfeldern

Anhand der Daten, die während einer RDE-Fahrt aufgezeichnet werden, lässt sich ein einfaches Motorkennfeld erstellen. Dieses Motorkennfeld, auch Muscheldiagramm genannt, wird gewöhnlich auf dem Motorprüfstand erstellt und gibt den Kraftstoffverbrauch, oder den leistungsspezifischen Kraftstoffverbrauch, abhängig von Drehzahl und Last, also Drehmoment oder effektivem Mitteldruck, an.

Auf dem Motorprüfstand können dabei statische Betriebspunkte angefahren werden, was im realen Betrieb nicht möglich ist. Daher müssen die während der Realfahrt gemessenen transienten Daten, die stark von dynamischen Effekten beeinflusst sind, gemittelt werden [4]. Auf diese Weise können systematisch auftretende Effekte teilweise mitberücksichtigt werden, andere werden durch die Mittelung herausgefiltert.

Abbildung 3 zeigt ein einfaches Verbrauchskennfeld. Die Farbgebung verdeutlicht den steigenden Kraftstoffverbrauch bei höheren Drehzahlen und höheren Lasten, wobei auch kleine Abweichungen vom Trend auffallen, die Wirkungsgradunterschieden zugeschrieben werden können. Die leer gebliebenen Betriebspunkte traten bei der RDE-Fahrt nicht häufig genug auf um einen signifikanten Mittelwert berechnen zu können.

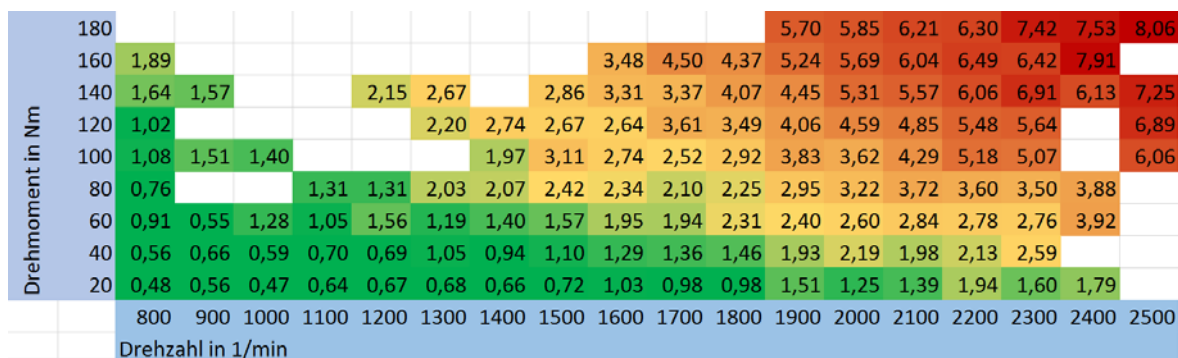


Abbildung 3: Motorkennfeld

Wurde das Motorkennfeld erstellt, kann damit der Verbrauch für andere Strecken bzw. Fahrten berechnet werden. Für diese simulierten Fahrten muss lediglich das Geschwindigkeitsprofil bekannt sein, das einmalig mit einem beliebigen Fahrzeug gemessen werden kann. Das benötigte Drehmoment kann ebenfalls gemessen oder anhand eines Simulationsmodells berechnet werden.

Um genauere Ergebnisse zu erhalten, müssen allerdings neben Drehzahl und Drehmoment noch weitere Parameter berücksichtigt werden. Diese sind für das getestete Fahrzeug die Luftzahl λ , die Rate der Abgasrückführung, die Umgebungstemperatur und die Abgastemperatur. Statt eines sechsdimensionalen Kennfeldes

wurde eine quadratische polynomische Funktion erstellt, die den Verbrauch aus den genannten Parametern berechnen kann. Dazu wurde eine Regressionsanalyse nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate für über 57.000 Datensätze durchgeführt. Die Güte der Regression ist mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 92,7 % akzeptabel.

Mit der gleichen Vorgehensweise können Formeln für die Berechnung anderer Emissionen aufgestellt werden.

4 Vergleich Simulation/Realfahrt

Anschließend wurde der Verbrauch für eine Fahrt, die nicht zur Datenbasis der Regression gehörte, mit Hilfe des Kennfeldes und der polynomischen Funktion prognostiziert und mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen. Es handelte sich dabei um eine Stadtfahrt von ca. 15 Minuten.



Abbildung 4: Stadtfahrt zur Verifikation

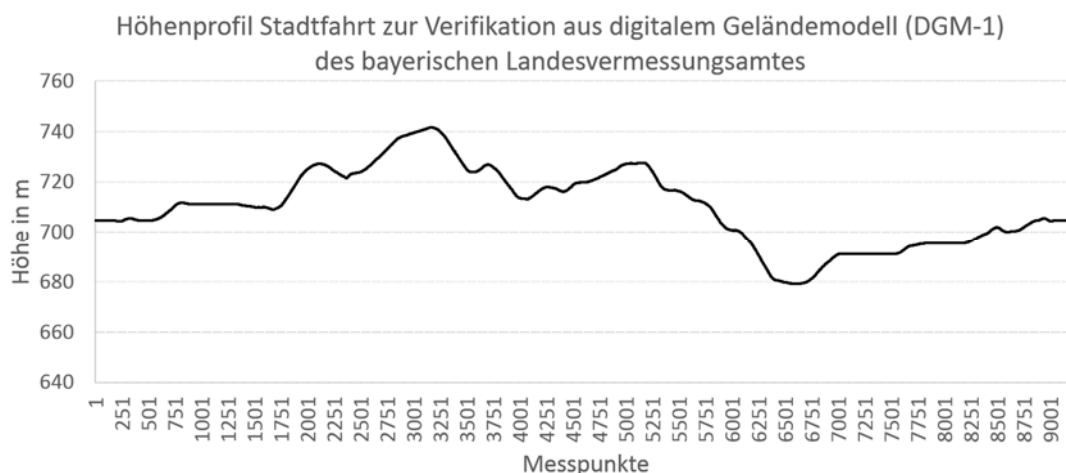


Abbildung 5: Höhenprofil für die Stadtfahrt zur Verifikation

Aus Abbildung 6 wird ersichtlich, dass sich für die Berechnung aus Kennfeld-Daten eine Abweichung über die Dauer der Fahrt aufaddiert, so dass am Ende eine Gesamtabweichung von 23 % entstanden ist. Die CO₂-Emissionen entsprechen dem Kraftstoffverbrauch.

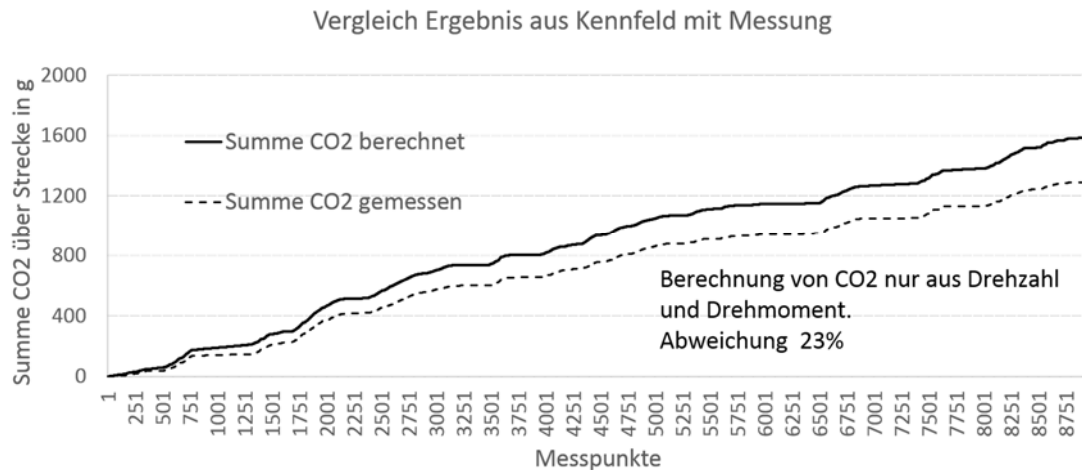


Abbildung 6: Gegenüberstellung der Ergebnisse von Berechnung mit Kennfeld und Messung

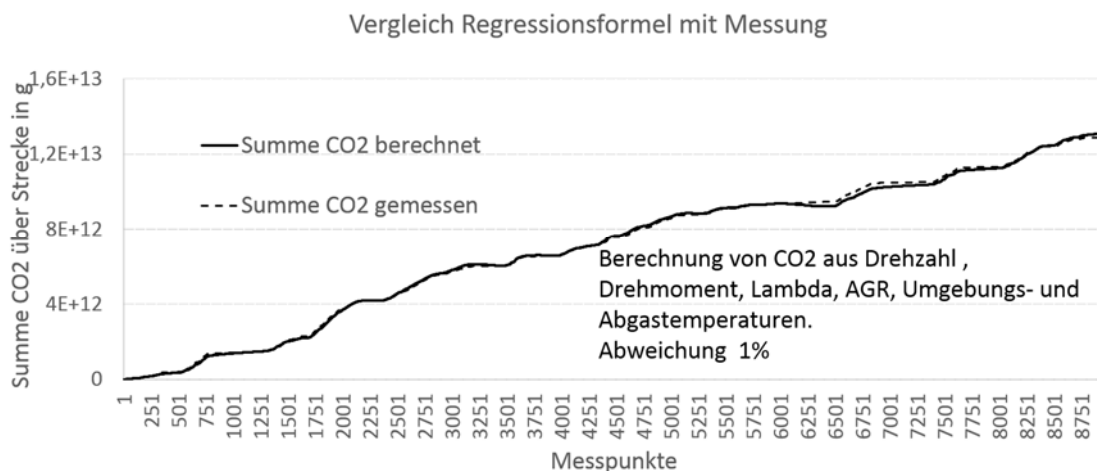


Abbildung 7: Gegenüberstellung von Berechnung mit polynomischer Funktion und Messung

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse für die Messung sowie für die Berechnung mit Hilfe der polynomischen Funktion dargestellt. Die Berechnung ist so genau, dass die Abweichung nie größer als 1 % ist.

Die weiteren Abbildungen sind Beispiele für NO und NO₂. Hier wird klar, dass bestimmte Emissionsereignisse von der Modellfunktion nicht wiedergegeben werden können.

Bezüglich der Partikelanzahl PN wurde keine Auswertung erstellt, da die gemessenen Werte unterhalb der in der Norm festgelegten Toleranzgrenze lagen. Es traten

nur einzelne Emissionsereignisse auf, für die kein Zusammenhang mit den erfassten Betriebsparametern festgestellt werden konnte.

Die CO-Emissionen lagen nur während des Kaltstarts im messbaren Bereich. Während der restlichen Fahrt wurden nur vernachlässigbar kleine CO-Emissionen festgestellt. Auch hier konnte, wie bei den Partikeln, kein Zusammenhang zu den gemessenen Einflussparametern hergestellt werden.

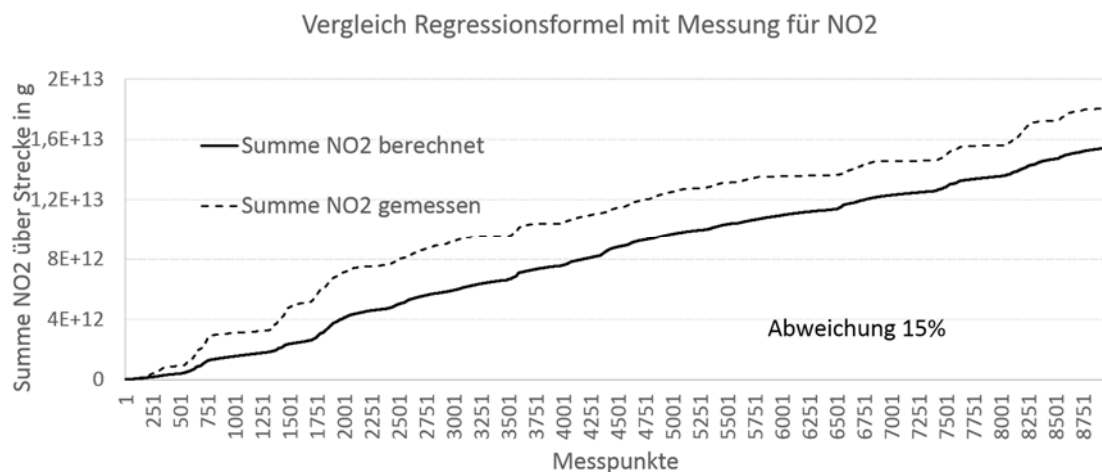


Abbildung 8: Gegenüberstellung von Berechnung und Messung für NO₂

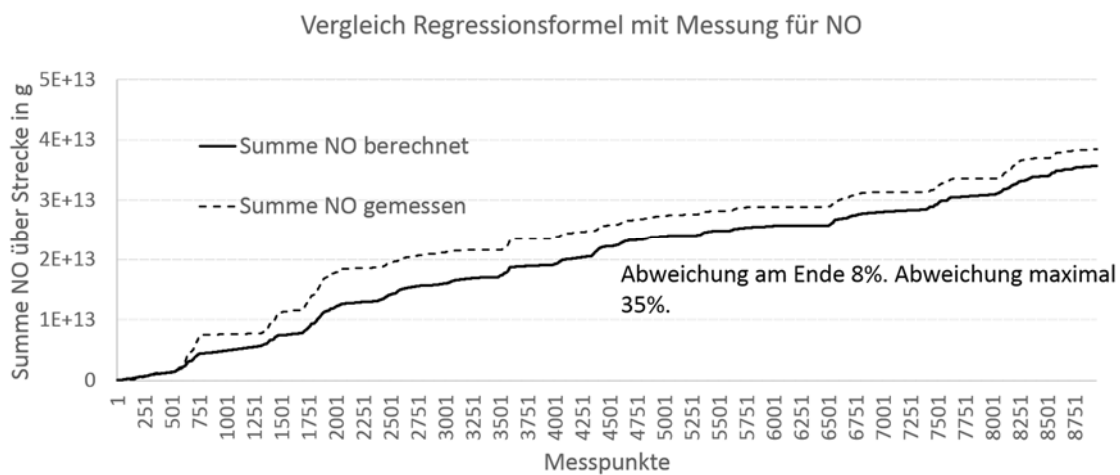


Abbildung 9: Gegenüberstellung von Berechnung und Messung für NO

5 Zusammenfassung und Fazit

Wie in diesem Beitrag gezeigt wurde, lässt sich der Kraftstoffverbrauch für unbekannte Strecken anhand eines durch eine Messfahrt ermittelten Kennfeldes sehr gut mit Hilfe der Simulationstechnik in Voraus berechnen. Die Abweichungen sind mit 1 % sehr gering.

Für die Strecke muss ein Geschwindigkeitsprofil vorliegen. Derzeit wird dieses aus einer Messfahrt mit einem beliebigen Fahrzeug einmalig bestimmt. Zukünftig könnte das Profil auch aus Routenplanerdaten erzeugt werden. Mit Hilfe der Simulationstechnik könnte für eine Strecke auch eine optimierte Gangwahl berechnet werden, die zu einem geringeren Verbrauch führt. Auch der Routenverlauf selbst könnte dementsprechend optimiert werden.

Bei den Schadstoffemissionen CO und NO_x sind die Abweichungen im Gegensatz zum Fahrverbrauch (CO₂) wesentlich größer. Die Autoren vermuten, dass bestimmte Ereignisse während der Messfahrt zu diesen Abweichungen führen. Da die Abgasnachbehandlungssysteme z. B. eine Abhängigkeit von der Betriebstemperatur haben, diese aber nicht in die Betrachtungen eingeflossen sind, sollte auf die Funktionalität der Abgasnachbehandlung notwendigerweise zur Verfeinerung der Methode ein größeres Augenmerk gelegt werden.

Die Vorteile des Verfahrens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Kostenreduktion durch Verringerung der Zahl der Messfahrten im Entwicklungsprozess
- Identifikation der wesentlichen Einflussparameter für Verbrauch und Emissionen
- Voraussage des Emissionsverhaltens eines Fahrzeuges für eine unbekannte Fahrstrecke
- Reduktion von Emissionen und Verbrauch durch Optimierung der Fahrweise und Streckenführung (Routenplanung)
- Erweiterung bestehender Fahrerassistenzsysteme um Emissionsdaten zur optimierten Fahrzeugführung problemlos möglich

Es ist geplant, die Methodik bei unterschiedlichen Außentemperaturen zu verifizieren. Das Verfahren wurde an einem 1,6l Diesel-PKW entwickelt und soll zukünftig auf weitere Fahrzeugtypen und Antriebsarten wie Hybridantriebe erweitert werden, was hinsichtlich der die Energiespeicher betreffenden Hybridstrategien weiteres Optimierungspotential bietet.

6 Literaturverzeichnis

- [1] EU Verordnung 2017/1154 vom 7. Juni 2017.
- [2] EU Verordnung 2017/1151 vom 1. Juni 2017.
- [3] EG Verordnung 715/2007 vom 20. Juni 2007
- [4] Bishop, Justin D. K., et al; Engine maps of fuel use and emissions from transient driving cycles; Applied Energy; Elsevier 2016.



University
of Bamberg
Press

The term mobility has different meanings in the following science disciplines. In economics, mobility is the ability of an individual or a group to improve their economic status in relation to income and wealth within their lifetime or between generations. In information systems and computer science, mobility is used for the concept of mobile computing, in which a computer is transported by a person during normal use. Logistics creates by the design of logistics networks the infrastructure for the mobility of people and goods. Electric mobility is one of today's solutions from an engineering perspective to reduce the need of energy resources and environmental impact. Moreover, for urban planning, mobility is the crunch question about how to optimise the different needs for mobility and how to link different transportation systems.

In this publication we collected the ideas of practitioners, researchers, and government officials regarding the different modes of mobility in a globalised world, focusing on both domestic and international issues.



ISBN 978-3-86309-663-2



www.uni-bamberg.de/ubp/