

## Digital Humanities in der Bauforschung: Systematik und Potenzial kodierter Bau- und Befundbeschreibungen als Wissensgewinnungs- und Wissensdistributionswerkzeug

Soweit es die zeichnerische Aufnahme historischer Gebäude betrifft, haben elektronisch bzw. digital gestützte Erfassungsmethoden längst Einzug in der historischen Bauforschung gehalten. Tachymetrie, 3D-Scanning, GPS und photogrammetrische Vermessungen werden regelmäßig angewendet. Neuere Entwicklungen finden relativ schnell ihren Weg in die Bauaufnahme.

Ganz anders verhält es sich jedoch mit der Erfassung von Befunden in Form von Beschreibungstexten, Abbildungen und Planzeichnungen, die in den sogenannten Raumbüchern, in Listen oder auf andere Weise organisiert werden. Solche Raumbücher sind in ihrer internen Systematik gänzlich auf die Papierform abgestimmt. Insbesondere bei komplexeren Gebäuden oder Gebäudeensembles entstehen mitunter sehr umfangreiche und damit auch vergleichsweise unübersichtliche Befunddokumentationen, die aufgrund der immer knapper werdenden Ressourcen in der praktischen Denkmalpflege offenbar kaum noch genutzt und lediglich archiviert werden. Dies könnte zu dem Schluss führen, solche Baubeschreibungen und Befunderhebungen in Zukunft überhaupt nicht mehr anfertigen zu lassen bzw. zu beauftragen. Damit würde jedoch der historischen Bauforschung und der Architekturgeschichtsforschung im Allgemeinen eine ihrer wesentlichen Grundlagen entzogen. Infolgedessen scheint es angezeigt, solche Raumbücher nicht einfach aufgrund von Überforderung abzulehnen, sondern ebenso wie in der Vermessung digitale Technologien zu nutzen, um Baubeschreibungen und Befunddokumentationen effizienter zu erheben, miteinander zu vernetzen und systematischer zu erschließen bzw. auszuwerten.

Die historische Bauforschung ist seit jeher auf verschiedene Medienarten wie Texte, Listen, Abbildungen, Planzeichnungen oder 3D-Modelle angewiesen. Dies fordert die Nutzung digitaler Methoden zu ihrer Erfassung eigentlich geradezu heraus, mit deren Verknüpfungsmöglichkeiten die Grenzen zwischen den genannten Medienarten viel besser als in der Papierform durchlässig gemacht werden können. Mit den Begriffen „Papierform“ und „herkömmliche Arbeits-

weise“ soll innerhalb dieses Artikels nicht unterstellt werden, dass Bauforscher keinen Computer für ihre Arbeit nutzen würden und Baubeschreibungen bzw. Befunderhebung nicht schon seit langem auch digital als Textdateien, Tabellen, Pixelbilder oder CAD-Pläne vorlägen. Hierbei bearbeitet der Computer in der Regel aber lediglich die reine Form. Die Bedeutung der Daten ist auf diese Weise dem Gerät jedoch nicht zu vermitteln. Im Gegensatz dazu ist mit digitalisierten Bau- und Befundbeschreibungen im engeren Sinne gemeint, dass systematisch kodierte Informationen in einer Syntax und Semantik vorliegen, die vor allem auch ihre maschinelle Interpretation erlaubt. Zur besseren Unterscheidbarkeit wird im Folgenden deshalb von „systematisch-digitalisierten“ oder „kodierten“ Bau- und Befundbeschreibungen gesprochen. Solche Informationen liegen oft – aber nicht notgedrungen – als Datenbanken vor.

In den letzten Jahrzehnten haben eine Reihe von Forschungsprojekten Datenbanksysteme für die Erfassung von Befunden bzw. Informationen zu historischen Gebäuden im Allgemeinen aufgebaut. Die Begeisterung und das Interesse der Fachcommunity sind bisher allerdings äußerst verhalten, und die Benutzung der Systeme ist auf Einzelprojekte begrenzt, sodass die Vorhaben trotz alledem bis heute eine Randerscheinung geblieben sind. Zumindest soweit es die Resonanz auf Tagungen und in Workshops vermuten lässt, ist die Mehrheit der Bauforscher und Denkmalpfleger offenbar der Ansicht, dass digitale Systeme für die Baubeschreibung und Befunderfassung zwar eine nette Spielerei seien, der Aufwand für ihren Aufbau und Betrieb jedoch keinesfalls deren Nutzen aufwiegen würde.

Im Gegensatz dazu hat sich in vielen Geisteswissenschaften inzwischen eine immer breiter werdende Community gebildet, die digitale Techniken für das jeweilige Fach gewinnbringend nutzbar zu machen versucht (Die Nutzung digitaler Techniken in den Natur- und Ingenieurwissenschaften erscheint jedermann ohnehin selbstverständlich.). Dazu zählen vor allem die Sprachwissenschaften, Geschichtswissenschaften, Politik-, Sozial- und Religionswissenschaften

aber auch die Kunst- und Bildwissenschaften, die sich unter dem Label der sogenannten Digital Humanities oder eHumanities (enhanced Humanities) zusammengefunden haben. Ihr Ziel ist laut DHd<sup>1</sup> der Versuch, „[...] die Prozesse der Gewinnung und Vermittlung neuen Wissens unter den Bedingungen einer digitalen Arbeits- und Medienwelt weiter zu entwickeln.“<sup>2</sup> Das Bundesministerium für Bildung und Forschung versteht unter eHumanities die „[...] Summe aller Ansätze, die durch die Erforschung, Entwicklung und Anwendung moderner Informationstechnologien die Arbeit in den Geisteswissenschaften erleichtern oder verbessern. Sie ermöglichen neue Kollaborationsformen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie innovative Forschungsansätze und schaffen damit neue Perspektiven in der Forschung.“<sup>3</sup> Angesichts von Spatial Turn und Material Turn wäre auch eine starke Gruppe von Bauforschern in den Digitalen Geisteswissenschaften zu erwarten. Doch unter 181 bei DHd gelisteten Digital-Humanities-Vorhaben in den letzten 10 Jahren kann nur ein einziges direkt dem Bereich Architekturgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege zugerechnet werden. Wenn die historische Bauforschung also einen Anschluss an dieses Forschungsumfeld oder auch nur einen Zugriff auf die entsprechenden Forschungsfördermittel gewinnen möchte, ist noch eine Menge Nachholarbeit zu leisten.

Aus diesem Grunde scheint es angezeigt, zunächst grundsätzlich den Nutzen digitaler Bau- und Befundbeschreibungen aber auch die regelmäßig vorgebrachten Kritikpunkte erläuternd im Einzelnen zu behandeln. Im zweiten Teil des Artikels werden anhand von zwei Fallbeispielen, die sich mit der Inventarisierung von jüdischen Friedhöfen beschäftigt haben, Systematik und Potenziale von kodierten Baubeschreibungen bzw. Befunderhebungen am konkreten Fall dargestellt. Zum Schluss sollen schließlich die Ergebnisse dieser Projekte auf die Bauforschung im Allgemeinen übertragen und auf diese Weise Szenarien und Perspektiven für die Anwendung digitaler Methoden in der Bauforschung gebildet werden.

### **Vorteile der digitalisierten Baubeschreibung und Befunderhebung**

Bei aller berechtigten Kritik an digitalen Systemen zur Beschreibung von Gebäudeteilen oder Befunden sollte das Potenzial, das in einem solchen Vorhaben liegt, nicht einfach beiseitegeschoben werden. Die Vorteile liegen

1. in einer Effizienzsteigerung der Arbeitsweise bei gleichzeitiger Senkung der Fehlerquote;
2. in den Vernetzungsmöglichkeiten von Informationen und Fachleuten; vor allem aber
3. in den vielfältigen Auswertungs- und Visualisierungsmöglichkeiten, mit deren Hilfe sich ganz neue Forschungsfelder bearbeiten lassen.

#### **Effiziente Erhebung:**

In der Papierform werden Bauteile und Befunde auf Befundblättern in Text und Bild beschrieben, in Übersichtsplänen markiert und in Kartierungen dargestellt. Das Befundblatt enthält eine Kurzbeschreibung, Interpretationen sowie eine oder mehrere Abbildungen. Im Kopf des Blattes sind Basisinformationen wie Inventarnummern, Lagebeschreibungen und Bearbeitervermerke angegeben. Übersichtspläne stellen noch einmal die Befundposition im Gebäudezusammenhang dar. Schließlich lassen sich Kartierungen bestimmter Aspekte des Gebäudes, seien es nun Materialien, Bearbeitungsspuren, Bauphasen oder Schäden, als systematische Visualisierungen ausgewählter Informationen bezeichnen. Eine Änderung bzw. Ergänzung an einer Stelle solcher mehrgliedriger Dokumentationen verursacht deshalb Folgekorrekturen bei allen anderen Instanzen, die einzeln abgeändert werden müssen. Dies führt zu einem vergleichsweise großen Aufwand in der Befunderhebung und stellt zugleich eine Fehlerquelle dar. Bei wohl strukturierten, digitalen Systemen sind die Daten hingegen in einer einzigen Quelle zusammengeführt. Eine Änderung dort wirkt sich automatisch auf alle Instanzen aus, sodass sich der Übersichtsplan, die Kartierung und das Befundblatt, um nur einige Möglichkeiten zu nennen, gleichsam synchron aktualisieren lassen, da die Informationen hier nicht redundant vorliegen.

Die übliche Praxis der Baubeschreibung und Befunddokumentation mit dem Ziel der Papierform besteht darin, vor Ort Kurznotizen, Skizzen oder Markierungen in vorhandenen Plänen anzufertigen, um danach das Material im Büro aufzubereiten und in eine „ordentliche“ Form zu bringen. Diese Praxis führt dazu, dass die Arbeitszeit am konkreten Sachgegenstand im Vergleich zur Aufarbeitung im Büro relativ kurz ausfällt. Dieser Umstand wird regelmäßig auch bei technisch gestützten Vermessungsverfahren kritisiert, bei denen ebenfalls der wesentliche Anteil der Bearbeitungszeit mehr und mehr ins Büro verlagert wird, der direkte Kontakt mit dem Objekt sich aber umgekehrt stetig verkürzt.

Gut ausgebaute digitale Systeme könnten demgegenüber einen gegenteiligen Effekt bewirken. Längst haben mobile Geräte verschiedenste Aufgaben in

unserem Alltag übernommen. Bei entsprechender Verbindung mit einem Datenbanksystem könnten mithilfe solcher Geräte auch Baubeschreibungen und Befunddokumentationen inklusive zugehöriger Befundfotos nahezu vollständig vor Ort eingegeben werden. Da sich alle abhängigen Dokumente mit vorgefertigten Templates gleichsam automatisch aus der gemeinsamen Datenquelle generieren lassen, entfällt die Nacharbeit im Büro nahezu vollständig. Eine Korrektur der Zieldokumente kann gleich im Anschluss an die Erhebung ebenfalls vor Ort durchgeführt werden.

Vernetzung der Informationen:

Ein weiterer Vorteil der Nutzung von Datenbanksystemen bzw. strukturierter Daten für die Dokumentation und Erforschung historischer Gebäude besteht in der Möglichkeit des kollaborativen Arbeitens. In der herkömmlichen Arbeitsweise erledigen die beteiligten Mitarbeiter oder Fachdisziplinen ihre Arbeitsschritte nacheinander oder produzieren Fragmente bzw. unterschiedliche Versionen, die im Nachhinein mühsam zusammengefügt werden müssen. Ein solches Arbeiten verbraucht nicht nur deutlich mehr Arbeitszeit, sondern verursacht ebenso unnötige Fehler. Datenbanksysteme erlauben hingegen die gleichzeitige Arbeit mehrerer Mitarbeiter an einer gemeinsamen Datenquelle. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass durch einen Bearbeiter eingegebene Informationen sofort für jeden anderen sichtbar sind. Auf diese Weise entfallen Doppeleingaben, gegenseitige Kontrolle wird ermöglicht, und schon bei der Datenerhebung wird ein Mehrwert offenbar. Dieser Aspekt scheint insbesondere vor dem Hintergrund immer komplexerer Vorgänge mit einer Vielzahl von beteiligten Fachdiensten und Gewerken in der Denkmalpflege wie auch angesichts der stetig wachsenden interdisziplinären Verbände in der akademischen Forschungslandschaft notwendiger denn je.

Doch das kollaborative Arbeiten bezieht sich nicht nur auf ein Vorhaben allein, sondern ermöglicht auch das Fortschreiben bzw. den Aufbau auf bereits bestehende Datensätze im Vorfeld durchgeführter Untersuchungen an historischer Architektur. Möchte beispielsweise jemand eine Forschungsthese zum Bürgerhausbestand in einer bestimmten Region überprüfen, so bleibt ihm nichts anderes übrig, als eine Vielzahl bestehender Raumbücher, vielleicht auch nur die Ergebnisberichte mühsam per Hand durchzuarbeiten, um die augenscheinlich relevanten Informationen einzeln zu extrahieren und neu anzuordnen, egal ob das Ausgangsmaterial nun analog in Papierform oder digital als PDF o.ä. vorliegt. Eine systematisch strukturierte digitale Baubeschreibung oder Befunderhebung

kann im Gegensatz dazu gleichsam mit einem Klick übernommen werden, ohne vermeintlich uninteressante Informationen zur Vermeidung ausufernden Umfangs mehrfach wegfiltern zu müssen. Die neuen Informationen und Erkenntnisse lassen sich einfach hinzufügen, so dass das Material stetig wächst und Dritten wiederum eine noch reichere Datenbasis zur Verfügung gestellt werden kann. Die Anwendung digitaler Methoden in der historischen Bauforschung kann demnach verhindern, dass jedes Vorhaben oder jede Baudokumentation ständig wieder bei null anfangen und ein Großteil der ohnehin wertvollen Ressourcen für eigentlich unnötige Vorarbeiten verschleudert werden muss.

Die Vernetzungsmöglichkeiten digitaler Systeme bilden jedoch nicht nur einen Vorteil für die Zusammenarbeit innerhalb der Fachcommunity selbst, sondern ermöglichen auch die Einbeziehung der Öffentlichkeit. In der bisherigen Praxis sind für den interessierten Laien Primärdaten aus Erfassungen historischer Gebäude kaum einsehbar. Die Informationen lagern in den Archiven der Denkmalämter, werden von den Bearbeitern intern ausgetauscht und allenfalls in Fachzeitschriften zugänglich gemacht. Sie sind der Allgemeinheit also grundsätzlich entzogen, die aber sowohl die historische Bauforschung wie auch die Denkmalpflege finanziert. Digitale Vernetzungsmöglichkeiten bieten auch hier das Potenzial, der Öffentlichkeit ohne Mehrarbeit, vor allem aber ohne Mehrkosten über das Internet Einblicke zu bieten.

Systematische Erschließung und Visualisierung der Informationen:

Der dritte und wohl wesentliche Vorteil bei der Nutzung digitaler Systeme für die Baubeschreibung und Befunderhebung historischer Architektur besteht in der systematischen Erschließung und Visualisierung der Informationen. Die Thematik ist eng mit der vorangehend erläuterten Effizienz und der Vernetzungsmöglichkeit verbunden.

Eine dichte Verlinkung des digitalen Materials ermöglicht schließlich auch eine ungehinderte und vielschichtige Navigation und Suche über verschiedene Medienformate hinweg. Egal welche Aspekte den Ausgangspunkt bilden, die Informationen lassen sich leicht in jeglicher Form sortieren, gruppieren und filtern, Referenzen können synchron dargestellt und Bearbeitungsvermerke hinzugefügt werden. So kann sich der Gefügekundler die Holzbauteile herausgreifen, der Architekt auf der Denkmalbaustelle die für ein bestimmtes Gebäudeteil relevanten Informationen auflisten lassen, der Architekturhistoriker auf eine spezifische Zeitschicht konzentrieren und die Denk-

malbehörden Teile der Dokumentation in ihr Genehmigungsverfahren einbinden. Durch Profile kann jeder Fachnutzer gleichsam seine individuelle Perspektive auf die Informationen erhalten und so die Konzentration auf das für ihn Wesentliche wahren.

Sofern die Daten systematisch strukturiert vorliegen (andernfalls nützt auch ihre digitale Form nur wenig), besteht das große Potenzial digitaler Baubeschreibungen und Befunderhebungen vor allem in der Möglichkeit ihrer dynamischen Visualisierung und automatisierten Auswertung. Mithilfe entsprechender Tools lassen sich ohne Aufwand eine Vielzahl von Diagrammen und Organigrammen oder Kartierungen in allen Maßstabsebenen zu unterschiedlichsten Aspekten des Denkmals generieren. Dies könnten unter anderem „klassische Darstellungen“ wie Befundübersichten, Baualters- und denkmalpflegerische Bindungspläne, Schadens- und Materialkartierungen o.ä. sein. Genauso ließe sich aber auch die chronologische Verteilung von Konstruktionsarten und Bauformen in Histogrammen visualisieren, aus relativchronologischen Angaben eine Harris-Matrix zur Abgrenzung von Bauphasen generieren oder Steinmetzzeichen in topographischen Karten zeitlich-räumlich auskartieren, um Wanderungsbewegungen der Handwerker zu registrieren. Solche Visualisierungen sind natürlich auch von Hand und gänzlich ohne elektronische Hilfe zu erstellen. Ihre Produktion ist jedoch mit einem relativ großen Aufwand verbunden, so dass sie normalerweise am Ende eines Vorhabens zur Illustration der Ergebnisse produziert werden. In digitalen Systemen können Visualisierungen jedoch auf Knopfdruck generiert und deshalb direkt in den Arbeitsprozess integriert werden. Bestimmte Vorannahmen lassen sich so vielleicht schon bei der Dateneingabe verwerfen und dafür bisher nicht bedachte Auffälligkeiten genauer verfolgen. Die Visualisierung der Inhalte von kodierten Baubeschreibungen und Befunderhebungen kann also nicht nur zur Darstellung von Ergebnissen dienen, sondern direkt auf die Hypothesenbildung einwirken und wird so zum Arbeitsmittel.

Ein besonderes Potenzial digital vorliegender Baubeschreibungen und Befunddokumentationen besteht in der Möglichkeit, Informationen beliebig kombinieren und überlagern zu können. Durch die Überlagerung von Gesteinsarten und Schadensbildern und ihrer Auskartierung in einer Wandansicht ließen sich beispielsweise dem Material immanente konservatorische Probleme nachweisen und sogleich eine Aufwandseinschätzung durchführen. Oder die Kombination von Profilverläufen, Bearbeitungsspuren und Steinmetzzeichen mit Georeferenzierung könnte den Bautechniktransfer einer bestimmten Epoche aufzeigen. Grund-

sätzlich sind beliebige Informationsverknüpfungen denkbar. Dieser Aspekt ist umso wichtiger, je mehr Beteiligte an einem Vorhaben arbeiten, sei es nun in der praktischen Denkmalpflege oder der Forschung. Der Nutzen systematisch-digitaler Baubeschreibungen und Befunderhebungen für die Forschung liegt also nicht darin, die herkömmliche Arbeitsweise in aufgenobelter Form digital zu reproduzieren, sondern Fragen zu beantworten und überhaupt neue Fragen zuzulassen, die mit analogen Mitteln niemals zu bearbeiten wären. Dies ist, wie oben erläutert, schließlich auch das erklärte Hauptziel der sogenannten Digital Humanities. Für die praktische Denkmalpflege liefern solche Datenbanksysteme zudem ein wirksames und dynamisches Werkzeug für ein langfristiges und nachhaltiges Denkmalmanagement.

### **Kritik an digitalen Systemen zur Bau- und Befundbeschreibung**

Trotz der unbestreitbaren Vorteile sehen sich digitale Systeme zur Bau- und Befundbeschreibung in der Fachcommunity einer breiten Kritik ausgesetzt:

- Nicht nur die Entwicklung, sondern auch die für Datenbanken notwendigen technischen Infrastrukturen verursachen für ihren Betrieb und die Wartung regelmäßige Folgekosten. Die unter ständigen finanziellen Kürzungen leidenden Denkmalämter können dafür in der Regel kein dauerhaftes Budget einstellen. Bei den Universitäten und Forschungsinstitutionen verhindert die zeitliche Befristung der Vorhaben den mittel- bzw. langfristigen Betrieb von Datenbanksystemen. Zudem ist die Langzeitarchivierung der Daten bisher weitgehend ungeklärt.
- Die durch Datenbanken geforderte Systematisierung scheint der Individualität jeden Denkmals entgegenzustehen und der von den Fachwissenschaftlern geforderte hohe Detaillierungsgrad der Informationseingaben nur mit „Tricksereien“ möglich zu sein. Letztere machen schließlich automatische Auswertungen fast unmöglich und damit den gesamten Datensatz nahezu unbrauchbar.
- Fehlende Visualisierungs- bzw. Auswertungskomponenten führen dazu, dass die beteiligten Fachleute keinen Mehrwert in diesen Systemen erkennen können und die Eingabe ihrer Daten nur allzu oft als zusätzliche und überflüssige Belastung empfunden wird.

Die genannten Nachteile und Probleme sind aber nicht automatisch mit der Nutzung digitaler Arbeitsweisen in der Bauforschung verbunden, sondern

können durch die Entwicklung geeigneter technischer aber auch fachwissenschaftlicher Mittel aus der Welt geschafft oder zumindest abgemildert werden. Deshalb bedürfen auch die Kritikpunkte einer genaueren Betrachtung:

**Aufwand für Entwicklung und Betrieb:**

Selbstverständlich verursacht die Entwicklung von Datenbanksystemen in der historischen Bauforschung einen großen Aufwand. Da solche Projekte bisher selten sind, leisten die Entwickler solcher Vorhaben grundsätzlich Pionierarbeit und können bisher in der Regel noch nicht auf eine große Breite bereits bestehender, vorgefertigter Komponenten zurückgreifen. Sie müssen also sowohl in technischer wie auch in konzeptioneller Hinsicht Neuland betreten. Erst wenn sich gängige Lösungen für Teilprobleme etabliert haben, wird der Aufwand für die Erstellung von Datenbanksystemen für die historische Bauforschung merklich sinken. Dieser Umstand muss von Projekten mit fachwissenschaftlichen Zielstellungen, die sich digitaler Systeme bedienen wollen, von vornherein einberechnet werden. Zum Vergleich sei die digitale Bildentzerrung erwähnt. Würde der Aufwand für die Entwicklung der Technik in die Erstellung einer Entzerrung von Bauteilen einberechnet werden, läge sicherlich der Schluss nahe, dass das Verfahren viel zu aufwendig sei und ein steingenaues Handaufmaß den gleichen Zweck bei weit geringeren Kosten erfüllen könnte.

Ein weiterer Faktor, der die Nutzung von Datenbanken in der historischen Bauforschung unpopulär macht, sind die dauerhaften Kosten für Wartung und Betrieb der auf technische Infrastrukturen angewiesenen Systeme. Dies ist eine Tatsache, die sich nicht von der Hand weisen lässt. Aber auch die Publikation von Ergebnissen in Fachzeitschriften, ihre Aufbewahrung in Bibliotheken und die Lagerung von Dokumenten in Archiven verursachen Kosten, auch dauerhafte Folgekosten. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die Institutionen und Behörden schon länger auf diesen Aufwand eingerichtet sind. Es handelt sich also um ein organisatorisches bzw. finanzpolitisches Problem, das mit Datenbanken direkt nichts zu tun hat.

Auf der anderen Seite ist insbesondere der Aufbau von technischen Infrastrukturen für die Forschung ein aktuelles und wichtiges Thema in der Forschungsförderungspolitik. Gerade jetzt ist also der richtige Zeitpunkt, solche Vorhaben anzugehen, um mittelfristig geeignete Grundlagen für die historische Bauforschung im digitalen Zeitalter aufzubauen. Die Schaffung von Möglichkeiten für die langfristige Datenaufbewahrung ist sogar im Koalitionsvertrag der amtierenden Bundesregierung festgeschrieben. Außerdem existieren

bereits umfangreiche technische Infrastrukturen auf nationaler und europäischer Ebene, in denen sich auch die historische Bauforschung engagieren könnte. In diesem Zusammenhang ist vor allem DARIAH (Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities) zu nennen.<sup>4</sup>

Schließlich ist auch zu hinterfragen, inwiefern für die Arbeit mit kodierten Baubeschreibungen und Befunderhebungen überhaupt Datenbanken notwendig sind. Ein laufender Datenbankserver spielt vor allem dann eine gewichtige Rolle, wenn dauerhaft das kollaborative Arbeiten verschiedener Beteiligter an einer gemeinsamen Datenquelle einen besonderen Stellenwert einnimmt. Die Nutzung von Auswertungs- und Visualisierungskomponenten ist davon aber grundsätzlich erst einmal genauso unabhängig wie die Herstellung systematisch strukturierter Daten selbst. Nicht ganz zeitgemäß ist sicherlich auch die Vorstellung, dass eine einzige oder wenige Datenbanken allumfassend Inhalte der historischen Bauforschung an einem zentralen Ort speichern. Vielmehr werden temporär vorhandene Datenbanken auf bestimmte Aspekte bzw. Aufgaben fokussieren und nur Teildaten aufnehmen, wohingegen andere Datenbanken gemeinsam gleichartige Bestände nutzen. Auch die rein lokale Arbeit mit kodierten Baubeschreibungen und Befunderhebungen in begrenzten Projekten oder ein wechselseitig lokales und servergebundenes Vorgehen bilden ein durchaus realistisches Szenario.

Was die historische Bauforschung deshalb benötigt, um den Entwicklungsaufwand für digitale Systeme entscheidend zu minimieren, ist vor allem eines: ein Austauschformat bzw. Normdaten oder gar einen Standard, der den reibungslosen Informationstransport zwischen unterschiedlichen Datenbanken und lokalen Applikationen bewerkstelligt und gleichzeitig für die Zwischenlagerung solcher Daten dienen kann. Hier sind vor allem die Bauforscher und Denkmalpfleger und weniger die Informatiker gefragt, um festzulegen, welche Informationen sie benötigen und in welcher Struktur diese letztlich vorliegen sollen.

**Individualität und Komplexität  
historischer Architektur:**

Selbstverständlich unterscheiden sich die Komplexität und der Aufbau einer gotischen Kathedrale deutlich vom gegenüberliegenden Bürgerhaus. Natürlich müssen beide mit verschiedenartigen Methoden und in unterschiedlicher Tiefe dokumentiert und erforscht werden. Doch Architektur im Allgemeinen ist stets höchst systematisch. Genauso sind auch die Architekturgeschichte und die historische Bauforschung schon lange vor der Erfindung des Computers systematisch

vorgegangen. Zur eindeutigen Bezeichnung von Bauteilen, Formen und Konstruktionsarten existiert ein ganzes Universum von fest definierten Fachbegriffen. Baubeschreibungen sind in Beschreibungsrichtungen wie „vom Großen ins Kleine“ und „von unten nach oben“ oder entlang der Haupterschließung organisiert. Befunddokumentationen bzw. Raumbücher zerlegen das Ensemble systematisch in Einzelgebäude, Gebäudeteile, Etagen, Räume, Wände und schließlich Befunde. Es mangelt also nicht an Organisationsformen, die für eine digitale Umsetzung grundsätzlich geeignet sind.

Datenbanken in Bauforschung, Denkmalpflege und Archäologie gehen zur Organisation der Informationen meist den Weg vom Großen ins Kleine. Der Sachgegenstand wird in immer kleinere Einheiten zerlegt. Es liegt in der Natur der Bauforschung, auch dem kleinsten Detail noch große Bedeutung beizumessen. In den aus Informatikern und Bauforschern zusammengesetzten Projektteams gibt es folglich zwei Gegenpole: die Bauforscher, die nach Differenzierung streben und die Informatiker, die eine möglichst vereinheitlichende Struktur durchzusetzen versuchen. Als technische Grundlage dienen in aller Regel relationale Datenbanken. Diese verteilen die Informationen auf verschiedene Tabellen, deren Beziehung durch Datensatz-ID's geregelt wird. Dabei gibt es 1:1-, 1:n- und n:n-Beziehungen. Letztere erfordern noch eine zusätzliche Tabelle, die allein die Verknüpfung sicherstellt. Diese Systeme sind jedoch nicht uneingeschränkt für kodierte Bau- und Befundbeschreibungen zu empfehlen: 1. Der Aufbau der Datenbank muss im Wesentlichen schon vor Arbeitsbeginn abgeschlossen sein. Nachträgliche Änderungen sind nur mit sehr hohem Aufwand möglich. Die Struktur der Daten kann also nur bedingt am konkreten Fall, sondern muss im Vorhinein rein hypothetisch geklärt werden. 2. Durch die Verteilung der Informationen auf verschiedene Tabellen ist ihr Zusammenhang gestört. Die Weitergabe der Daten an Dritte oder ihre Zwischenlagerung ist deshalb schwierig und die Nachnutzung ungewiss. 3. Das Streben nach einem hohen Detaillierungs- und Differenzierungsgrad verursacht recht komplexe Tangleflechte, die schließlich eben doch auf einen Individualfall zugeschnitten und damit nicht ohne weiteres übertragbar sind. Im Endeffekt frustrieren sie Informatiker und Bauforscher gleichermaßen – erstere, weil der Aufwand für Wartung sowie die Programmierung von Benutzeroberflächen und Abfragen hoch ist und letztere, weil die gewünschte Detailtiefe doch nicht erreicht werden kann.

Daher scheint es angebrachter, auf hierarchisch organisierte Systeme, sogenannte Triplestores oder

Graphdatenbanken zurückzugreifen. Architektur lässt sich auch als ineinander geschachteltes Geflecht einer endlichen Zahl ständig wiederkehrender Einzelkomponenten begreifen, wobei die Kathedrale einfach nur eine größere Anhäufung solcher Komponenten darstellt als das Bürgerhaus. Dann liegt es nahe die Einzelkomponente zum Ausgangspunkt zu machen und ihre Anordnung im hierarchischen Geflecht als möglichst wahres Abbild des tatsächlich vorhandenen Sachzeugnisses zu gestalten. Auf diese Weise hätte der Informatiker ein griffiges Grundmodul, auf dem er die Programmierung von Werkzeugen aufbauen könnte. Der Bauforscher hingegen wäre in der Lage, soweit zu differenzieren wie es ihm angemessen erscheint, ohne dass die Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten gefährdet wäre. Solche Daten sind dann auch leichter um weitere Aspekte zu ergänzen, fortzuschreiben bzw. auszudetaillieren und damit auch in höherem Maße nachnutzbar. Die hierarchische Strukturierung von kodierten Baubeschreibungen ist weiter unten anhand von Fallbeispielen noch einmal genauer besprochen.

Fehlende Auswertungs- und Visualisierungskomponenten:

Viele Datenbankprojekte in der Kunst- und Architekturgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege streben in der Regel danach, eine große Zahl von Informationen oder Dokumenten einfach nur systematisch zu organisieren und so deren Zugriff zu erleichtern. Sie verstehen sich also als Arbeitsinstrument, mit dessen Hilfe die Recherche einzelner Quellen erleichtert werden soll. Dies trägt sicherlich dazu bei, den Suchaufwand entscheidend zu verringern und die Arbeit von Bauforschern und Denkmalpflegern übersichtlicher und effektiver zu gestalten.

Das Innovationspotenzial digitaler Systeme für die Bauforschung und Denkmalpflege liegt aber nicht in der schnellen Suche von einzelnen Information oder Dokumenten, sondern in der Möglichkeit, Daten massenhaft mit quantitativen Methoden auszuwerten und die Ergebnisse in allen möglichen Visualisierungsformen darstellen zu können. Der Nutzen von Auswertungs- und Visualisierungswerkzeugen wurde oben bereits genauer erläutert und wird auch noch im Fallbeispiel weiter unten thematisiert. Die Aussagekraft von visualisierten Auswertungen wird schließlich umso größer, je mehr Daten deren Grundlage bilden. Eine Datenbank, die nur ein einziges, wenn auch komplexes Gebäude enthält, bietet zweifelsohne weit weniger Ansatzpunkte für Abfragen mit quantitativen Methoden als eine Gruppe von Bauwerken, ein systematisch wiederkehrendes Einzelphänomen oder gar die Zeugnisse einer ganzen Kulturlandschaft. Ein Einzelvorhaben allein

kann hier nur wenig bewirken. Nur die Fachcommunity in ihrer Gesamtheit ist auf Dauer in der Lage, größere Datenmengen zu produzieren. Das bedeutet, auch hier wird die Übertragbarkeit und Nachnutzbarkeit, also die Distributionsfähigkeit der Daten zum Dreh- und Angelpunkt einer künftig erfolgreichen Anwendung digitaler Systeme in der Bauforschung und Denkmalpflege.

Damit solche reichhaltigen, auswertbaren Datenmengen in Zukunft überhaupt zur Verfügung stehen können, ist wiederum vor allem eines nötig: die Bildung von Normdaten oder eines Standards für kodierte Bau- und Befundbeschreibungen, denn nur so ist die Interoperabilität zwischen voneinander unabhängigen Datenbanken oder lokalen Applikationen überhaupt realisierbar. Doch solche Austauschformate oder Standards entfalten nicht nur in Bezug auf die eigentlichen Daten einen Multiplikatoreffekt. Auch die Produktion von Eingabemasken, Abfrageroutinen und Visualisierungstools kann deutlich nachhaltiger gestaltet werden. Sofern dem Informatiker die Struktur der Daten bekannt ist – dies ist beim Vorhandensein von Normdaten- oder Standarddefinitionen der Fall, können solche Werkzeuge programmiert werden, auch ohne dass tatsächlich der ganze Informationsbestand vorliegt. Tools, die für ein bestimmtes Vorhaben produziert wurden, sind dann ebenfalls in anderen Projekten mit nur leichten Modifikationen wiederverwendbar, sofern auch diese Vorhaben die gleichen Normdaten- oder Standarddefinitionen nutzen. Der Entwicklungsaufwand minimiert sich folglich fortlaufend.

### **Fallbeispiel für kodierte Baubeschreibungen – die Inventarisierung jüdischer Friedhöfe**

Nachdem die Vor- und Nachteile der kodierten Bau- und Befundbeschreibungen gegeneinander abgewogen wurden, soll anhand von Fallbeispielen die Thematik konkreter dargestellt werden. Kodierte Baubeschreibungen bzw. Befunderhebungen werden seit 2010 vom Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte der Technischen Universität Berlin im interdisziplinären Verbund mit einer Vielzahl von Projektpartnern entwickelt, breit angewendet und mit quantitativen Methoden analysiert und visualisiert. Als Forschungsgegenstand dienen jüdische Friedhöfe aus neun Jahrhunderten.

Was haben aber jüdische Friedhöfe mit kodierten Bau- und Befundbeschreibungen zu tun, und sind sie nicht lediglich ein Randthema der Baugeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege?

Friedhöfe im Allgemeinen haben den Vorteil, dass ähnliche und miteinander vergleichbare architektonische Objekte vieltausendmal vorkommen. Sie sind also quantitativen Analysemethoden besonders zugänglich. Ein weiterer Vorteil liegt in der Tatsache, dass die Inschrift oder die vorhandenen Friedhofsregister nicht nur eine genaue Datierung zu jedem Objekt liefern, sondern darüber hinaus vielfältige Angaben zur geographischen Herkunft oder sozialen Stellung des Bestatteten, zum Auftraggeber und evtl. sogar zum bestellten Steinmetzen beinhalten. Jüdische Friedhöfe haben durch ihr ewiges Liegerecht zusätzlich die Besonderheit, dass für ihren gesamten Belegungszeitraum ein repräsentativer Querschnitt vorliegt, weshalb sie als herausragende, in Stein gemeißelte kulturhistorische Archive gelten können. Bei christlichen Friedhöfen dagegen ist aus älteren Epochen lediglich eine handverlesene Anzahl von Gräbern für Personen gehobener Stellung erhalten. Die Grabmale der einfachen Bevölkerung fehlen zumeist völlig, weshalb solche Friedhöfe kein repräsentatives Gesamtbild vergangener Kulturepochen liefern.

Grabsteine und Grabbauten können als Kleinarchitekturen (manchmal auch gar nicht so kleine Architekturen) gelten und unterliegen in ihrem Aufbau grundsätzlich den gleichen Regeln wie Gebäude, die sie im verminderten Maßstab und mit eingeschränkter Komplexität abzubilden versuchen. Grabmale weisen zwar keine Baufugen oder eine differenzierte Umbaugeschichte auf, lassen sich aber hervorragend für die Erforschung des Wandels von Typen und Formen heranziehen, geben Auskunft über Bezugsquellen und Distributionswege von Baumaterial und ermöglichen Einblicke in die Evolution und Verbreitung von Fertigungstechniken – alles Themen, die auch die Baugeschichte und Bauforschung interessieren. Da für die Herstellung der jüdischen Grabsteine nicht selten christliche Handwerker, manchmal sogar Dombauhütten engagiert wurden, lassen sich die Erkenntnisse zudem ohne weiteres auf die Architekturgeschichte im Allgemeinen übertragen.

Solche Friedhöfe stellen darüber hinaus aber auch eine Herausforderung für die praktische Denkmalpflege dar. Um ihrer kulturgeschichtlichen Bedeutung Rechnung zu tragen, sind einige solcher Anlagen in den letzten Jahren auf der Tentativliste des Bundes eingetragen worden. Digitale Systeme bilden hier eine Basis, um Handlungsbereiche präzise abzugrenzen, kurz-, mittel- und langfristige Instandsetzungsszenarien zu entwickeln, gezielte Eingriffe durchzuführen und ein dauerhaftes Monitoring zu gewährleisten, denn durch die Fähigkeit der Fortschreibung bieten Datenbanken hier ein dynamisches Werkzeug, mit des-

sen Hilfe eine Vielzahl von Beteiligten gleichzeitig eine gemeinsame Grundlage nutzen kann.

Jüdische Friedhöfe bilden demnach ein geeignetes Labor, um die Ansätze für die Kodierung von Bau- und Befundbeschreibungen zu entwickeln, anzuwenden, auszuwerten und auf diese Weise auch zu evaluieren. Im Folgenden sollen zwei dieser Projekte kurz vorgestellt werden.

Das erste Projekt von 2010 bis 2012 erfolgte in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – Landesdenkmalamt Berlin, der Jüdischen Gemeinde zu Berlin, der Stiftung Neue Synagoge Berlin – Centrum Judaicum und den Fachgebieten Geoinformationssysteme in der Landschaftsplanung sowie Pflanzenökologie/Ökosystemkunde der TU Berlin und stand unter dem Titel „Flächendeckende Inventarisierung des Jüdischen Friedhofs in Berlin-Weißensee zur Vorbereitung eines Antrags zum UNESCO-Weltkulturerbe“. Der 1880 gegründete Friedhof beherbergt heute fast 116.000 Grabstellen auf einer Fläche von rund 42 Hektar. Eine weitere Besonderheit besteht in der Tatsache, dass die Archivalien zu den Verstorbenen, die vielfältige Daten zu den Personen und Grabstellen aufzeichnen und in Lageplänen vermerken, fast vollständig bis heute erhalten geblieben sind. Von jeder Grabstelle wurden diese Archivdaten aufgenommen, Baubeschreibungen des Grabsteins angefertigt, Angaben zu den Inschriften gesammelt, die Gesteinsarten bestimmt und Zustandseinschätzungen vorgenommen. Die Inventarisierung beinhaltet aber auch mehrere Photographien jeder Grabstelle und einen digitalen Lageplan, in dem jede Grabposition mit den zugehörigen Informationen interaktiv verknüpft ist. Zu jeder der fast 116.000 Grabstellen wurden auf diese Weise etwa 50 verschiedene Angaben gesammelt. Dem stand eine Finanzierung von etwa 3,90€ pro Grabstelle gegenüber. Es versteht sich von selbst, dass eine solche Aufgabe mit konventionellen Mitteln nicht realisierbar ist. Hauptziel dieses Projekts war es deshalb, einen möglichst effizienten Erhebungsprozess zu entwickeln und solche Daten zu produzieren, die einer Auswertung mit quantitativen Methoden zugänglich sind. Dazu wurde eine Datenbank aufgebaut und während der Eingabe stetig optimiert, ein GIS-System geschaffen sowie ein Arbeitsablauf entwickelt, der die erforderliche Effizienz gewährleistete und möglichst viele Fehlerkontrollmechanismen beinhaltete. Die Auswertung des Materials erbrachte zahlreiche neue Erkenntnisse zur kulturgeschichtlichen Entwicklung des Friedhofs auf der einen Seite und dient auf der anderen aber auch als wertvolle Basis für ein differenziertes Instandsetzungs- und Instandhaltungskonzept. Die Ergebnisse des Projekts

sind nicht Gegenstand dieses Artikels und können an anderer Stelle nachgelesen werden.<sup>5</sup>

Ein zweites Projekt mit dem Titel „Relationen im Raum – Visualisierung topographischer Klein(st)strukturen“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen einer eHumanities-Förderlinie finanziert.<sup>6</sup> Es gehört zu den externen Demonstratoren von DARIAH.de. Im Projektverbund zwischen dem Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte der TU Berlin, dem Salomon Ludwig Steinheim-Institut für deutsch-jüdische Geschichte in Essen, dem Institut für Kultur und Ästhetik digitaler Medien der Leuphana-Universität Lüneburg und der Daasi GmbH in Tübingen wurde ein Visualisierungstool entwickelt, mit dem Partner der jüdischen Kulturwissenschaften, der Epigraphik, der Baugeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege auf Grundlage einer Vielzahl von Daten mithilfe eines Webtools Datenauswertungen leicht selbst durchführen und vor allem visualisieren können, um Arbeitshypothesen aufzustellen, zu überprüfen und evtl. auch zu verwerfen. Die Hauptaufgabe dieses Projekts bestand weder in der flächendeckenden Erhebung von jüdischen Friedhöfen noch in der Herstellung von Datenbankbenutzeroberflächen für die Eingabe von Informationen, sondern allein in der Entwicklung geeigneter Auswertungs- und vor allem Visualisierungswerkzeuge. Die Informationen der Fachwissenschaftler aus der Baugeschichte und Epigraphik liegen dabei in eigenen, in der jeweiligen Einrichtung verorteten Beständen vor und werden nur zum Zweck der Visualisierung noch einmal in einer gemeinsamen, hierarchisch organisierten Datenbank aggregiert. Es blieb folglich den Fachwissenschaftlern weitestgehend selbst überlassen, wie sie ihre Daten strukturieren und aufnehmen.

Den Epigraphikern steht dazu mit der TEI (Text Encoding Initiative) ein bereits seit Jahrzehnten allgemein anerkannter und breit angewendeter digitaler Standard zur Verfügung.<sup>7</sup> Da auf den bearbeiteten Referenzfriedhöfen in Hamburg-Altona, Bonn-Schwarzrheindorf, Dormagen, Krefeld-Hüls, Mülheim/Ruhr, Heiligenhaus und Essen-Werden anders als in Berlin-Weißensee keine Archivalien zur Verfügung stehen, extrahierten die Epigraphiker aus den Inschriften auch strukturierte Informationen zur Datierung des Grabsteins und zu den bestatteten Personen, so dass sich die Bauforscher gänzlich auf die architektonischen Merkmale konzentrieren konnten. Letztere hatten nicht die Möglichkeit, auf Normdatendefinitionen wie die TEI zurückzugreifen, die den Anforderungen an eine präzise Auswertung mit quantitativen Methoden gerecht geworden wären.<sup>8</sup> Deshalb wurde auf Grundlage der Erfahrungen in Weißensee ein eigenes System

aufgebaut und fortlaufend weiterentwickelt, das im Folgenden genauer erläutert wird.

Dateiformate und Anordnung der Informationen:

Zunächst war es notwendig, ein geeignetes System oder Datenformat für die Kodierung von Bau- bzw. Befundbeschreibungen auszuwählen. Da im Projekt „Relationen im Raum“ die Bauforscher aufgrund der Projektstruktur weitgehend autonom vorgehen konnten und nur wenige Mitarbeiter mit der Dateneingabe beschäftigt waren, wurde von vornherein auf den Aufbau eines Servers und einer Datenbank mit speziellen Eingabemasken verzichtet. Stattdessen sind die Informationen in sogenannten XML-Dateien (Extensible Markup Language) aufgezeichnet. Solche XML-Dateien haben eine ganze Reihe von Vorteilen:

1. Das Format ist sowohl menschen- wie auch maschinenlesbar.
2. XML-Dateien bieten nahezu unendliche Strukturierungsmöglichkeiten, ohne die Informationen auf verschiedene Tabellen verteilen zu müssen. Der Zusammenhalt der Daten innerhalb einer Datei ist stets gewährleistet.
3. XML-Dateien benötigen weder Server, noch Datenbanken und können wie jede andere Datei lokal gespeichert, verschoben, kopiert und per E-Mail oder wie auch immer weitergegeben werden. Sie bieten aber ungeachtet dessen eine Struktur, die mithilfe entsprechender Schnittstellen leicht in Datenbanken übernommen werden kann.
4. Mit SVG (Scalable Vector Graphics) existiert ein Vektorzeichenformat, das direkt von XML abgeleitet ist und in den meisten Internetbrowsern problemlos angezeigt werden kann – ein für die Baugeschichte und Bauforschung besonders wichtiger Aspekt, der die Grenze zwischen Text- und Planzeichnungsinformation überwindbar macht.
5. Mit XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformation) können mit entsprechenden Templates XML-Dateien in beliebige Zieldokumente umgewandelt werden. So lassen sich aus einer in XML kodierten Bau- und Befundbeschreibung quasi auf Knopfdruck Befundblätter als PDF-Dokument, Tabellen, Fließtexte, Kartierungen in Plänen (als SVG), topographische Karten in Geodiensten und schließlich ganze Webseiten generieren – also alle Dokumenttypen, die der Bauforscher in seiner täglichen Arbeit gewohnt ist.
6. XML ist kein proprietäres Format, dessen Fortbestand vom Erfolg eines Softwareherstellers und seiner Versions- und Lizenzpolitik abhängig wäre. Im Gegenteil, XML ist vom W3C (World Wide Web Consortium) definiert und empfohlen und wird in

der ganzen Breite des Internets vielfach angewendet. Das künftige Überleben des Formats ist also zumindest mittelfristig gesichert.

Die genannten sechs Eigenschaften machen XML-Dateien zum perfekten Austauschformat für systematisch-digitalisierte Bau- und Befundbeschreibungen und damit zum idealen Distributionswerkzeug für das Wissen der Baugeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege.

Doch die Anwendung von XML-Dateien liefert noch nicht automatisch ein Strukturprinzip für die Kodierung von Informationen. Dies wird durch die sogenannten XML-Schemata<sup>9</sup> sichergestellt, die gleichsam die Semantik für die Informationen definieren und ihre Validierung sicherstellen. Hier ist also die eigentliche Systematik der digitalen Bau- und Befundbeschreibungen geregelt. Im Projekt „Relationen im Raum“ wurde durch die Bauforscher der TU Berlin ein solches Schema entwickelt und für die Verwendung durch Dritte über das Internet publiziert.<sup>10</sup>

Das Schema bedient sich im Wesentlichen nur des einfachen Grundelements <object>,<sup>11</sup> das durch eine Reihe von Attributen qualifiziert wird, die die eigentlichen Informationen enthalten. Dazu zählen:

1. eine Inventarnummer (@invnr<sup>12</sup>) als eindeutiger Bezeichner für ein Objekt. Im Fall von Grabsteinen ist dies die Grabmalnummer. Bei Gebäuden können genauso Raum-, Wand- und Befundnummern hinterlegt werden.
2. eine „Kategorie“ bzw. „Klasse“ (@category), die ganz allgemein die Art eines Elements bezeichnet, also ob es sich um das große Ganze oder ein Einzelelement, ein Ornament, eine Spezifizierung, einen Befund oder dergleichen handelt. Die Kategorie dient bei quantitativen Abfragen dazu, eine einfache Vorsortierung durchzuführen.
3. ein Typ (@type), um die konkrete Art eines Objekts einer bestimmten Kategorie zu bezeichnen. Als Beispiele seien bezogen auf einen Grabstein „Stele“, „Tafel“ oder „Ädikula“, die Einzelelemente betreffend „Sockelzone“, „oberer Abschluss“, „Oberfläche“ oder auch „Eckaufsätze“ genannt. Mithilfe des Typs kann bei Auswertungen auf bestimmte Inhalte präzise zugegriffen werden.
4. eine Form (@form), die schließlich dem Objekt eines bestimmten Typs qualitative Eigenschaften zuordnet. Die Paarung von Typ und Form bildet die Hauptquelle für die vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten.
5. die Attribute Plastizität (@plasticity) und Anzahl/Grundform (@quantity-combination), die vorrangig aber nicht ausschließlich für die Beschreibung von Ornamenten gedacht sind und mit Werten wie

„erhaben“ oder „vertieft“ bzw. „gedoppelt/gekuppelt“ oder „einzeln“ und „mehrfach“ gefüllt sind.

6. eine Attributgruppe zu den Abmessungen eines Objekts mit den Einzelattributen @height, @width, @depth und @unit.
7. Eine Attributgruppe zur Integrität mit den Attributen @existent, @insitu und @fragment, deren Anwendung speziell für Friedhöfe gedacht ist und die eine präzise Zustandsbewertung nicht ersetzen sollen.

Das Schema bedient sich neben dem <object> noch weiterer Grundelemente wie <material>, <condition>, <symbolism> oder <comment> mit jeweils eigenen Attributen, die hier aus Platzgründen nicht erläutert werden können.

Das Grundelement <object> ist natürlich noch nicht allein in der Lage, eine komplexe Architektur, nicht einmal einen einfachen Grabstein differenziert zu beschreiben. Der entscheidende Vorteil des Schemas beruht auf der Möglichkeit, das XML-Element <object> mittels Rekursion beliebig oft sich selbst unterordnen zu können. Auf diese Weise entsteht ein hierarchisch gegliederter Baum von Teilelementen, mit dem sich die Systematik des ebenso strukturierten Sachzeugnisses ziemlich genau abbilden lässt.<sup>13</sup> Wie bereits erwähnt, können mithilfe von SVG auch Vektorzeichnungen im XML-Code abgebildet werden. Auch Pläne lassen sich so zerlegen und die einzelnen Zeichnungselemente der entsprechenden Ebene im hierarchischen Baum direkt zuordnen.

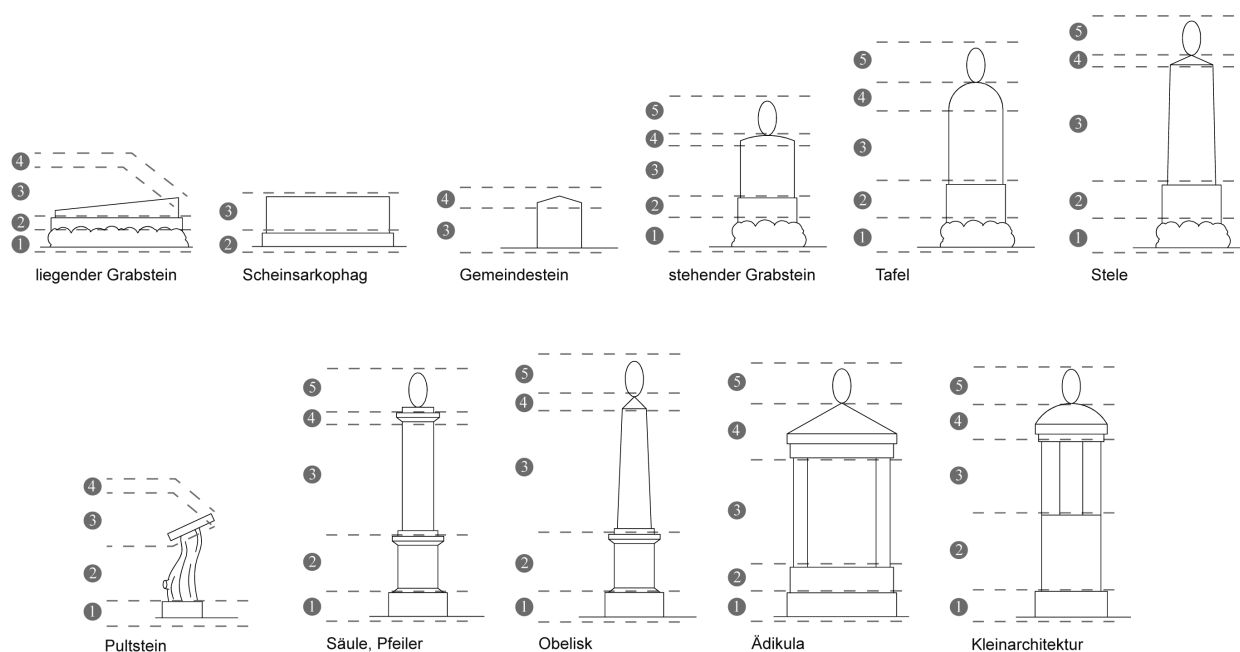
Das erläuterte XML-Schema wird in den Kopf der eigentlichen XML-Datei eingebunden und legt fest, in welcher Form die Informationen anzuordnen sind. Jede Eingabe wird anhand des Schemas fortlaufend validiert. Abweichungen von der vorgegebenen Struktur werden dann im Editor sofort als Fehler markiert.<sup>14</sup> Um einen möglichst einheitlichen, der quantitativen Auswertung zugänglichen Datensatz zu erhalten, wurde von den Bauforschern zusätzlich ein Vokabular ausgearbeitet und durch sogenannte enumerations ebenfalls im Schema festgeschrieben. Dadurch sollen unterschiedliche Schreibweisen und Fehlzuordnungen vermieden werden, die die Qualität der Abfragen beeinträchtigen. Mithilfe des Schemas können zwar eine Menge Fehlerquellen ausgeschlossen werden, es lässt sich damit aber noch nicht die Sinnhaftigkeit von Zuordnungen prüfen. Wenn beispielsweise einem Objekt der Kategorie „Grabmal“ ein Typ „oberer Abschluss“ zugeordnet wird, ist dies dem Schema gemäß nicht falsch, denn der Begriff „oberer Abschluss“ ist als gültige Bezeichnung eines Objekttyps festgelegt – nur eben in Zusammenhang mit der Kategorie „Einzelelement“ und nicht in Kom-

bination mit dem gesamten Grabmal. Um aber auch den Kontext solcher Informationen prüfen zu können, dienen zusätzlich – ebenfalls in XML geschriebene – sogenannte Schematron-Dateien, die desgleichen im Kopf der XML-Datei referenziert sind. Hier prüfen zahlreiche Regeln die Richtigkeit von Begriffskombinationen, markieren entsprechende Fehler und geben dem Bearbeiter automatisch Empfehlungen für die Korrektur der Daten.<sup>15</sup>

Systematik der kodierten Bau- und Befundbeschreibung:

Nachdem Format und die hierarchische Baumstruktur der kodierten Bau- und Befundbeschreibungen erläutert worden sind, wird im Folgenden geklärt, wie dieser Rahmen nun tatsächlich mit Inhalten gefüllt werden kann.

Die oberste Ebene der hierarchisch organisierten Baubeschreibung bildet die ungeteilte Gesamtheit des Objektes selbst. Im Fall jüdischer Friedhöfe handelt es sich dabei um das einzelne Grabmal, sei es nun ein Grabstein oder ein als Familiengrabstätte dienender Grabbau. Auf dieser Ebene können dem Objekt der Kategorie „Grabmal“ nicht nur eine Inventarnummer und verschiedene Abmessungen zugeordnet, sondern das Sachzeugnis kann darüber hinaus durch die Zuweisung eines „Bautyps“ näher spezifiziert werden. Bei Grabsteinen zählen dazu beispielsweise „Stele“, „Tafel“, „Pultstein“, „Obelisk“ oder „Scheinsarkophag“, bei Grabbauten „dreiseitige Rahmenarchitektur“, „Wandgrab“ oder „Schmuckgitter“. Die Typisierung erfolgt anhand eindeutiger Merkmale, wie der Ausrichtung („liegend“ oder „stehend“), den Proportionsverhältnissen der Abmessungen oder dem Gefüge von Einzelbauteilen, die in einem Organigramm im Sinne einer Taxonomie angeordnet, eine eindeutige Zuordnung sicherstellen.<sup>16</sup> Sofern die Abmessungen eines Grabsteins im Datensatz angegeben sind, können die bereits angesprochenen Schematron-Regeln auch automatisch Proportionsverhältnisse berechnen, so wenigstens einen Teil der Bestimmungsmerkmale prüfen und die Richtigkeit der Typenzuordnung sicherstellen. Die Typisierung des Grabmals hat den Vorteil, dass mit einem einzigen Begriff gleich eine ganze Reihe von Merkmalen erhoben werden kann. Insofern ist diese Angabe sehr effizient und erlaubt vielfältige Auswertungen, beispielsweise zur Chronologie bestimmter Grabformen oder ihrer lokalen und regionalen Verteilung. Der Nachteil liegt hingegen darin, dass die Information statisch ist und nachträglich weder vertiefende Differenzierungen, noch Gruppierungen zu neuen Typen vorgenommen werden können.



1 Einteilung verschiedener Grabsteintypen in die Zonen: 1. Unterbau, 2. Sockelzone, 3. Mittelteil/Schaft, 4. oberer Abschluss und 5. Aufsatz.

Um hier detailliertere, zugleich aussagekräftige Informationen zu erhalten, wurde schon im Weißensee-Projekt jeder Grabstein in eine Reihe bestimmter Teilobjekte zerlegt. Da bei Grabsteinen weniger der Grundriss, als vielmehr die Ansichtsperspektive den Hauptaspekt der Architektur bildet, diente auch diese Sichtweise zur Abgrenzung von Einzelelementen. Dazu wurde jeder Grabsteintyp in genau definierte, horizontal ausgerichtete Zonen eingeteilt (Abb. 1). Dies sind von unten nach oben:

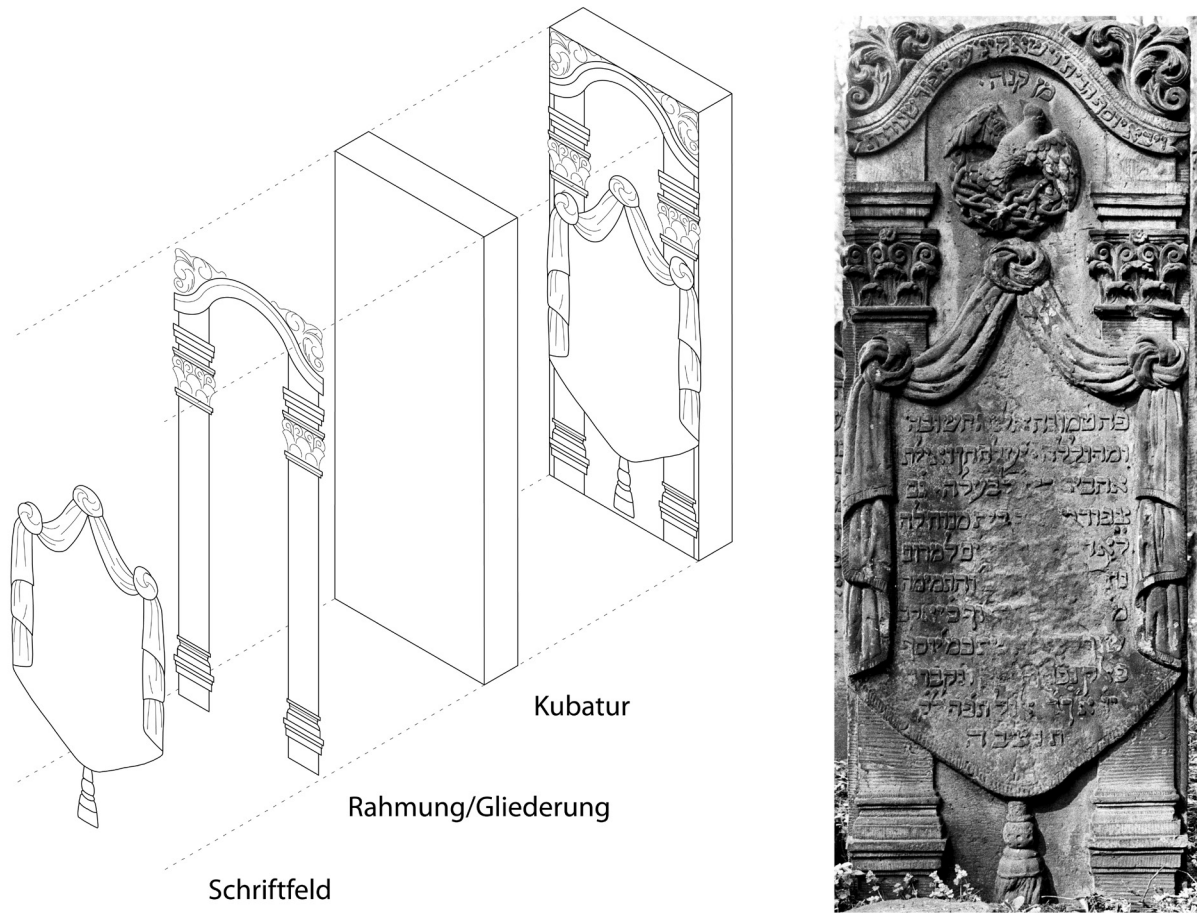
1. der „Unterbau“
2. die „Sockelzone“
3. der „Mittelteil/Schaft“
4. ein „oberer Abschluss“
5. der „Aufsatz“.

Diese Zonen lassen sich nicht nur bei Grabsteinen wiederfinden, sondern haben ihre Gültigkeit auch bei anderen Architekturgattungen wie antiken Tempel- und barocken Schlossfassaden oder Einzelbauteilen wie Säulen und Altartafeln. Während bei Grabsteinen „Unterbau“ und „Aufsatz“ nur selten vorkommen und „Sockelzonen“ schon häufiger auftreten, sind „Mittelteil/Schaft“ und „oberer Abschluss“ eigentlich zwingend vorhanden. Jede Zone lässt sich nun mit einem separaten Formmerkmal qualifizieren. So können z. B. dem „oberen Abschluss“ verschiedene Bogenformen wie „Rund-“, „Segment-“ oder „Korbbogen“ aber auch „gerade“, „dreieckig“ und dergleichen zugeordnet wer-

den. Ein analoges Vorgehen bietet sich auch bei den anderen Zonen.

In der kodierten Baubeschreibung wird die Zonierung eines Grabmals durch rekursives Unterordnen von <object>’s dargestellt. Einem <object> der Kategorie „Grabmal“ und dem Typ „Stele“ ist somit eine Sequenz weiterer <object>’s untergeordnet, die sich durch die Kategorie „Einzelelement“ als Teilobjekte auszeichnen. In ihrem Typen-Attribut befindet sich die Bezeichnung der entsprechenden Zone („Unterbau“, „Sockelzone“ etc.) und im Formattribut das qualifizierende Merkmal wie „gerade“, „Rundbogen“, „gestuft“ und dergleichen. Durch die Bestimmung dieser Zonen ergeben sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten für quantitative Auswertungen. Sie garantieren so einen differenzierten Blick auf das Sachzeugnis.

Viele Grabmale lassen sich mit Hilfe der Zonierung bereits befriedigend detailliert beschreiben, dies gilt aber nicht für Grabmale des 17. und 18. Jhs. Insbesondere in dieser Zeit zeigen sich bei aufwendigen Grabsteinen verschiedene übereinanderliegende Ebenen, so als wären mehrere voreinander stehende Grabsteine zu einem gemeinsamen Objekt verschmolzen. Jede dieser Schichten weist ihre eigenen Zonen mit individuellen Formmerkmalen auf. In Abb. 2 gibt es beispielsweise drei „obere Abschlüsse“: einen „geraden“, einen „karniesbogenförmigen“ und einen „Vorhangbogen“. Auch dieser Umstand lässt sich schließlich im XML-Code



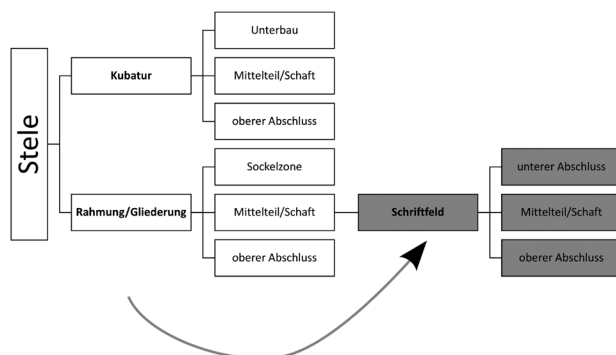
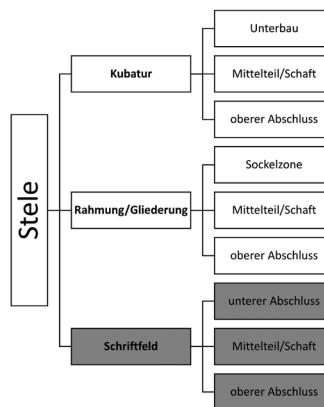
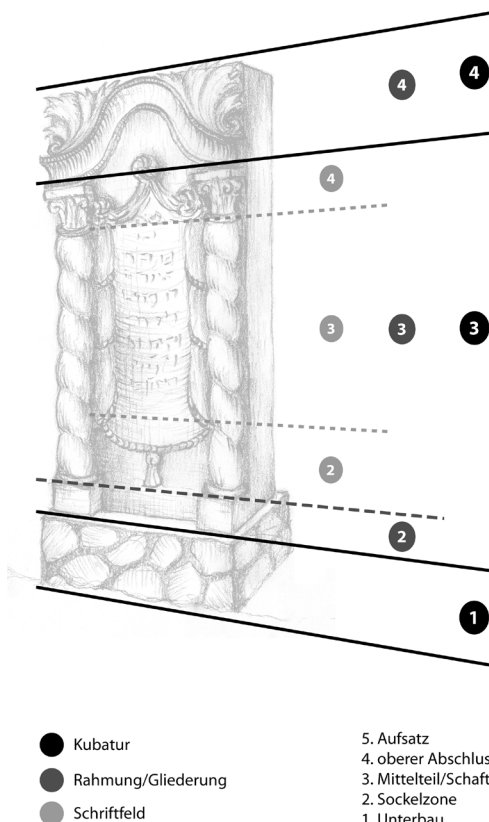
2 Einteilung komplexer Grabsteine in mehrere übereinanderliegende Schichten (Kubatur, Rahmung/Gliederung und Schriftfeld), die ihrerseits in Zonen separiert werden können.

durch Rekursion des XML-Elements <object> ausdrücken. Das gesamte Grabmal wird dazu zunächst von hinten nach vorn in die Schichten (Kategorie: „Einzelelement“) „Kubatur“, „Rahmung/Gliederung“ und „Schriftfeld“ eingeteilt, denen jeweils die korrespondierenden Zonen subordiniert sind. Entsprechende Formattribute qualifizieren demnach bis zu 15 systematisch untergliederte Einzelelemente.

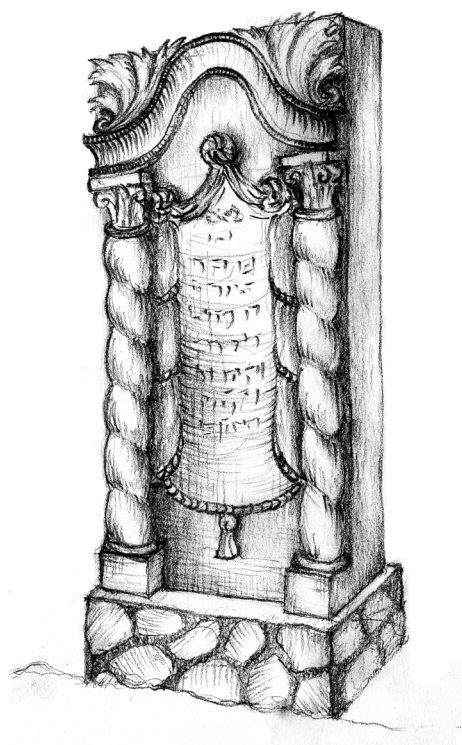
Bei den gleichen Grabsteinen des 17. und 18. Jhs. zeigt sich aber mitunter auch, dass die Zonen in den Schichten nicht unbedingt immer genau parallel übereinanderliegen. In Abb. 3 ist ein Grabstein skizziert, bei dem zwar die „Kubatur“ und die „rahmende architektonische Gliederung“ etwa deckungsgleich angeordnet sind, das „Schriftfeld“ mit all seinen Zonen sich jedoch gänzlich innerhalb des „Mittelteil/Schafts“ der anderen Schichten erstreckt. Auch diese wichtige Information sollte im Inventar berücksichtigt sein, und auch hier kann wieder die Rekursion des XML-Elements <object> nutzbar gemacht werden, ohne auch nur eine einzige Zusatzinformation eingeben zu

müssen. Dazu bleibt der Teilbaum zum „Schriftfeld“ (die Schicht mit den entsprechend untergeordneten Zonen) nicht parallel zu den anderen Schichten und als direkte Teilinstanz des Grabmales angeordnet, sondern wird so verschoben, dass er als Einzelelement des „Mittelteil/Schafts“ der anderen Zonen kenntlich wird (siehe Abb. 3). Auf diese Weise spiegelt der Code die Hierarchie der architektonischen Elemente am Sachzeugnis detailgetreu wider. Informationsträger in der kodierten Baubeschreibung ist also nicht nur das XML-Element <object> mit seinen Attributen selbst, sondern auch seine Stellung im hierarchischen Geflecht der Teilobjekte.

Der Detaillierungsgrad der kodierten Baubeschreibung bleibt jetzt aber nicht auf die 15 dargestellten Einzelelemente beschränkt, sondern es lassen sich beliebige weitere Unterteilungen vornehmen. Bei jeder einzelnen Zone können ohne Weiteres die „Seiten-“, „Ober-“ und „Unterkanten“ beschrieben (z. B. „konkav“, „unregelmäßig“ oder „profilert“), Oberflächenmerkmale zugewiesen (z. B. „scharriert“, „bossiert“ etc.) oder



3 Relationen der Zonen in den Schichten zueinander. Die Hierarchie der Komponenten am Grabmal wird durch die Anordnung der Elemente im XML-Baum den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend detailgetreu ausgedrückt (unten rechts).



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<?xml-model href="http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR_gravestonedescription.sch" type="application/xml"
schematypens="http://purl.oclc.org/dsdl/schematron"?>
<gravestonedescription xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR_gravestonedescription.xsd" country="de"
location="hha">
<object invnr="1111" category="Grabmal" type="Stele" existent="true" insitu="true" fragment="false">
<object category="Einzelement" type="Kubatur">
<object category="Einzelement" type="Unterbau" form="gerade">
<object category="Einzelement" type="Oberfläche" form="Bruchsteinimitat"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Mittelteil/Schaft" form="gerade"/>
<object category="Einzelement" type="oberer Abschluss" form="gerade"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Rahmung/Gliederung" form="architektonisch gegliedert" plasticity="erhaben">
<object category="Einzelement" type="Sockelzone" form="gerade">
<object category="Ausprägung" type="Postament"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Mittelteil/Schaft">
<object category="Ausprägung" type="Säule"/>
<object category="Einzelement" type="Sockelzone" form="korinthisch">
<object category="Ausprägung" type="Basis"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Mittelteil/Schaft" form="gedreht"/>
<object category="Einzelement" type="oberer Abschluss" form="korinthisch">
<object category="Ausprägung" type="Kapitell"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Schriftfeld" form="Tuch" plasticity="erhaben">
<object category="Einzelement" type="Grundriss" form="konvex"/>
<object category="Einzelement" type="unterer Abschluss" form="Korbbogen">
<object category="Spezifizierung" type="Scheitelaufsatz/-hervorhebung" form="Quaste"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="Mittelteil/Schaft" form="gerade">
<object category="Einzelement" type="Seitenkanten" form="Falten"/>
</object>
<object category="Einzelement" type="oberer Abschluss" form="Vorhangbogen">
<object category="Spezifizierung" type="Scheitelaufsatz/-hervorhebung" form="Knoten"/>
<object category="Spezifizierung" type="Eckaufsätze/-hervorhebungen" form="Knoten"/>
</object>
</object>
<object category="Einzelement" type="oberer Abschluss" form="Karniesbogen">
<object category="Ausprägung" type="Profil/Gesims"/>
<object category="Spezifizierung" type="Eckaufsätze/-hervorhebungen" form="Akroterion/Palmette"/>
</object>
</object>
</object>
</gravestonedescription>
```

4 XML-Code-Beispiel für den auch in Abb. 3 behandelten Grabstein. Im Kopf der Datei sind die Schemen für die Validierungsregeln eingebunden. Die Hierarchie der Komponenten wird durch Einrücken und Umklammern dargestellt. Die XML-Elemente <object> enthalten die beschreibenden Attribute.

Ornamente erfasst werden. Auch das XML-Element `<material>` kann in den Code-Baum eingeflochten werden, um die materielle Vielfalt der Grabsteine präzise zu erfassen. Es ist aber genauso gut möglich, eine der fünf Zonen (einer Schicht) wiederum in Unterzonen einzuteilen. Dies erlaubt beispielsweise bei Pilastern und Halbsäulen, die sich oft im „Mittelteil/Schaft“ der Schicht „Rahmung/Gliederung“ befinden, eine abermalige Zonierung in „Basis“, „Schaft“ und „Kapitell“. Prinzipiell können Elemente so weit unterteilt werden, wie es dem Bearbeiter beliebt, ohne dabei auch nur im Mindesten die Systematik oder die Auswertungsmöglichkeiten zu beeinträchtigen (Abb. 4). Auf der anderen Seite kann sich die digitalisierte Baubeschreibung aber auch nur auf bestimmte Teilaspekte konzentrieren. Stehen in einem Vorhaben beispielsweise nur die „oberen Abschlüsse“ der Grabsteine im Fokus, so wird eben nur diese Zone tatsächlich beschrieben, wohingegen die übrigen einfach beiseitegelassen werden. Auch solche unvollständigen Beschreibungen sind aus technischer Sicht valide und einer quantitativen Auswertung nicht minder zugänglich. Sie können dann problemlos selbst oder durch Dritte nach und nach ergänzt werden, um mehr und mehr Informationen zu akkumulieren. Auch dieser Aspekt macht kodierte Baubeschreibungen der dargestellten Art zu einem wirksamen Wissensdistributionswerkzeug.

Die Idee der systematisch abgestuften Differenzierung, die für Einzelelemente vorgestellt wurde, lässt sich schließlich auch auf Formmerkmale selbst anwenden. Komplexe Formen können durch sogenannte „Spezifizierungen“ (Kategorie = „Spezifizierung“) näher bestimmt werden. Als „Spezifizierung“ werden hier Zusatzmerkmale verstanden, die eine Form zwar modifizieren, ihren Grundcharakter dabei aber nicht wesentlich verändern. Diese „Spezifizierungen“ werden ebenfalls durch das Typ-Form-Modell systematisiert. Da es sich gleichermaßen um `<object>`s handelt, lassen sie sich, wie auch die Einzelelemente im hierarchischen Geflecht präzise platzieren. Die systematisierte Bestimmung von Grundformen durch „Spezifizierungen“ entfaltet vor allem bei quantitativen Analysen ihre besondere Wirksamkeit. Auf diese Weise lassen sich einerseits Grundformen wie „Rund-“ oder „Karniesbögen“ herausfiltern, ohne dabei zu beachten, ob sie „Eckaufsätze“ bestimmter Formen besitzen oder „gestreckt“, „überzogen“ bzw. „gedrückt“ modifiziert sind. Auf der anderen Seite können aber auch lediglich „Eckeinziehungen“ herausgefiltert werden, ohne dabei in Betracht zu ziehen, ob die Grundform als „Rund-“, „Segment-“ oder „Korbogen“ ausgebildet ist. Die Tabelle in Abb. 5, die nur einen kleinen Auszug von









































„Spezifizierungen“ bei Bogenformen wiedergibt, ist also sowohl vertikal wie auch horizontal abfragbar.

Möglichkeiten der Auswertung:

Wie bereits mehrfach hervorgehoben wurde, liegt die Stärke systematisch-digitalisierter Baubeschreibungen in der Möglichkeit, große Datenmengen mit quantitativen Methoden ohne größeren Aufwand auswerten zu können. Bereits einfache Einzelinformationen bergen hierbei ein enormes Potenzial. In Abb. 6 ist beispielsweise eine Karte wiedergegeben, die die Herkunfts-orte von etwa 70.000 Bestatteten auf dem Jüdischen Friedhof Berlin-Weißensee darstellt. Obwohl es sich lediglich um eine einzelne Angabe (Geburtsort) aus den Friedhofsarchivalien handelt, erlaubt die Darstellung einen differenzierten Blick auf die geographische Vernetzung des Berliner Judentums und seiner Migrationsbewegungen.

Noch vielversprechender sind allerdings die vielfältigen Möglichkeiten bei der Verknüpfung mehrerer Informationen in einer gemeinsamen Abfrage. Hierzu liefert Abb. 7 ein Beispiel. Es handelt sich um die Kombination des Bestattungs- bzw. Steinsetzungsdatums aus den Archivalien mit dem zugehörigen Grabmaltyp (in diesem Fall die „Tafel“) und seiner Materialität. Es zeigt sich, dass Gesteine zur Herstellung von „Tafeln“ in Weißensee von der Eröffnung 1880 bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs aus innerdeutschen Bezugsquellen stammten wie beispielsweise Marmor aus Schlesien (Großkunzendorf) und Sandstein aus Sachsen (Cotta/Reinhardshof). Seit 1915 erobern jedoch aus Skandinavien importierte dunkle Hartgesteine mehr und mehr den Markt. Sie werden vermutlich schon aus dem Steinbruch als Halbfabrikate ausgeliefert. In der Zeit der Nazidiktatur waren diese Bezugsquellen anscheinend nicht mehr erreichbar, denn in den späten 1930er und 1940er Jahren verdrängt vor Ort produzierter Kunststein den Naturstein zunehmend.

Gerade die hierarchisierte Beschreibung wie sie im Projekt „Relationen im Raum“ ausgearbeitet wurde, lässt sich nicht nur zur Kombination unterschiedlicher Aspekte einsetzen, sondern eignet sich durch ihre abgestufte Detaillierung vor allem für die Entwicklung und Überprüfung neuer Thesen und Fragestellungen. Genauso wie bei der Eingabe vom Gesamtobjekt zum Einzelteil vorangeschritten wird, kann auch bei Auswertungen zunächst eine einfache Frage im oberen Teil des Baums ansetzen und schrittweise durch Hinzuziehung von Detailspekten ausdifferenziert werden. Dies soll im Folgenden anhand von Beispielabfragen zum Jüdischen Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf illustriert werden. Die Ergebnisse der Abfragen sind dabei in Form von Plankartierungen, Tortendiagrammen und

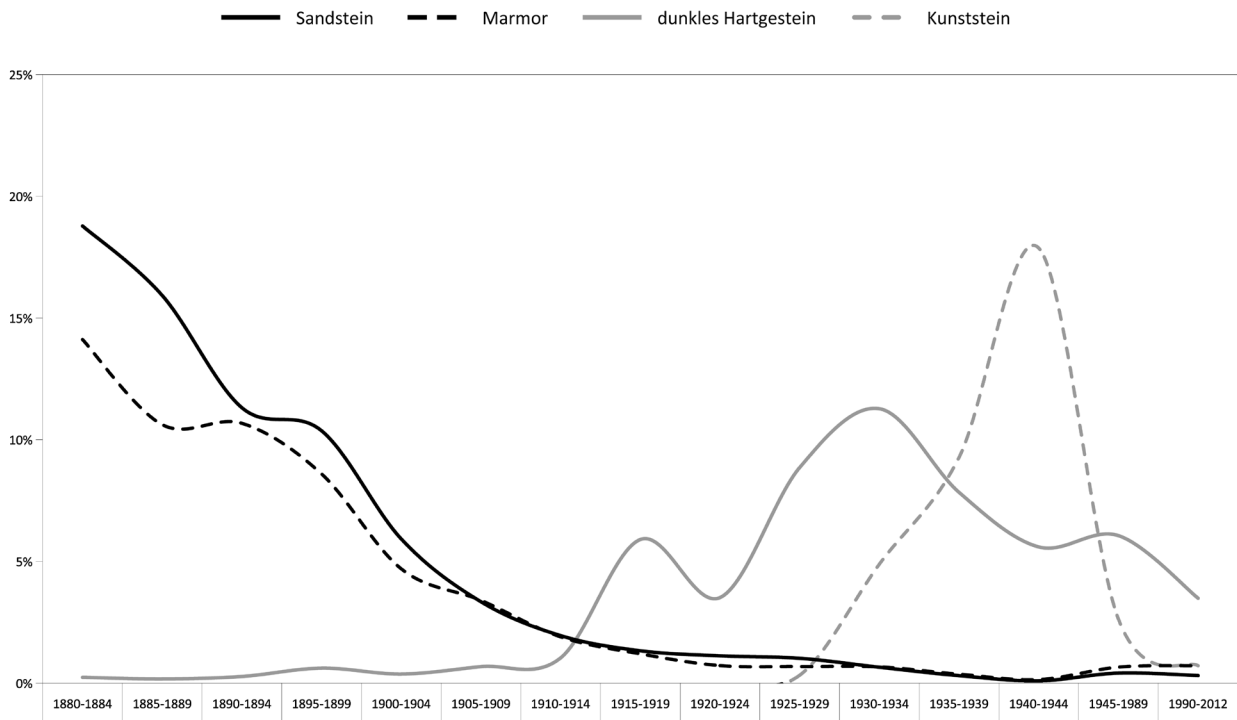
Typ	Form	Rundbogen	Segmentbogen	Korbbogen	Karniesbogen	gerade	dreieckig	Kielbogen	Vorhangbogen
reine Bogenform ohne Spezifizierung									
geschulterte Ecken	konvex								
	konkav								
Eckerweiterung/ -reduzierung	eingezogen								
Eckaufsätze/ -hervorhebungen	Akroter								

5 Beispielhafter Auszug aus einer Spezifizierungstabelle für ausgewählte Bogenformen. Die Spezifizierungen sind in Zeilen, die Grundformen in Spalten dargestellt.



6 Die wichtigsten Geburtsorte von etwa 70.000 auf dem Jüdischen Friedhof Berlin-Weißensee bestatteten Personen; geographische Visualisierung der Angabe „Geburtsort“ aus dem Sterberegister.

### Material der Tafeln

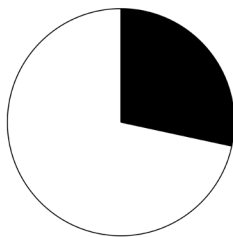
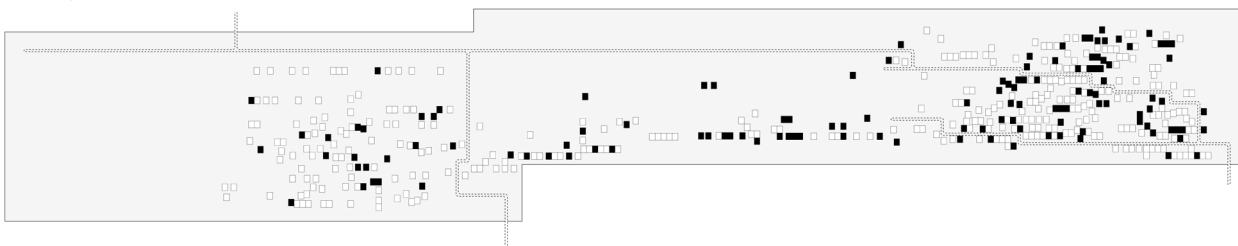


7 Materialien des Grabsteintyps „Tafel“ auf dem Jüdischen Friedhof Berlin-Weißensee im Histogramm. Zeitliche Zuordnung der verwendeten Gesteinssorten 1880–2012.

### ALTER JÜDISCHER FRIEDHOF IN BONN-SCHWARZRHEINDORF

obere Abschlüsse in Kubatur:

- Rundbogen
- andere/nicht sichtbar



8 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Visualisierung von Abfrageergebnissen in Plänen und Diagrammen: „Rundbögen“ im „oberen Abschluss“ der Schicht „Kubatur“.



9 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Varianten von „Rundbögen“ anhand zweier Beispiele.  
links: „einfacher Rundbogen“, rechts: „Rundbogen mit eingezogenem Kämpferbereich“.

Histogrammen visualisiert. Diese Visualisierungen wurden mittels Transformationsskripten (XSLT) und JavaScript aus der Datenquelle automatisch generiert.

Den augenscheinlichsten Unterschied zwischen jüdischen Grabsteinen verschiedener Epochen bildet die Form des „oberen Abschlusses“. Eine erste Beispielabfrage sucht deshalb zunächst dort „Rundbögen“ (in der Schicht „Kubatur“), da es sich bei ihnen um die wohl häufigste Variante handelt. Die Visualisierung der Abfrage in Abb. 8 zeigt, dass fast 29% der Grabsteine solche Abschlüsse aufweisen. Im Histogramm ist zudem eine klare chronologische Verteilung sichtbar. In der ersten Hälfte des 18. Jhs. enden in Bonn mehr als 90% aller Grabsteine mit Rundbögen, und diese Form erlebt in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. eine Renaissance (37%). Wird also ein unbeschrifteter oder nicht lesbarer Grabstein bzw. ein Fragment gefunden, das einen „Rundbogen“ am „oberen Abschluss“ aufweist, ist zunächst unklar, ob das Objekt der ersten Hälfte des 18. oder der zweiten Hälfte des 19. Jhs. zuzuweisen ist. Um eine genauere Datierung zu erzielen, kann

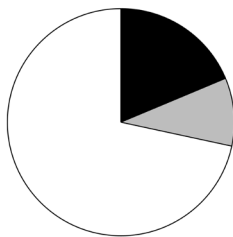
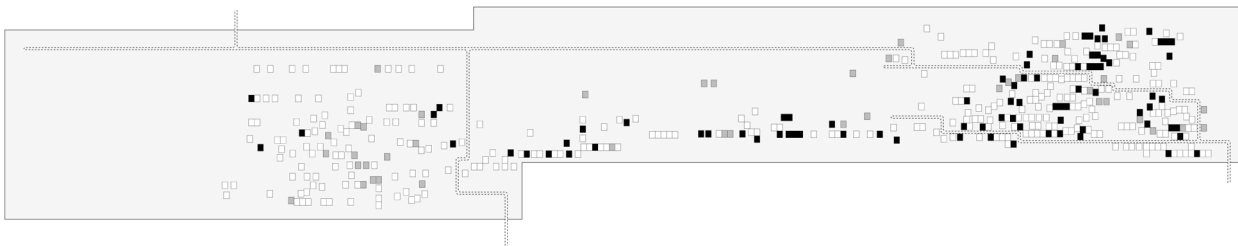
die Abfrage durch Hinzunahme weiterer, hierarchisch untergeordneter Kriterien ausdifferenziert werden.

Bei genauerer Betrachtung des Grabmalbestands fallen Unterschiede innerhalb der Gruppe der rundbogig abschließenden Grabsteine auf (Abb. 9). Auf der einen Seite gibt es Grabsteine, bei denen der Rundbogen direkt aus den Seitenkanten des „Mittelteil/Schafts“ entspringt. Bei anderen setzt jedoch eine horizontale Einziehung auf der Kämpferlinie den „Rundbogenabschluss“ deutlich vom „Mittelteil/Schaft“ des Grabsteins ab. Eine erneute, verfeinerte Abfrage sucht deshalb noch einmal nach „Rundbögen“ im „oberen Abschluss“ der „Kubatur“, unterscheidet dabei aber in solche, bei denen keine weitere Formspezifizierung untergeordnet ist und in andere, bei denen das Merkmal vom Typ „Eckerweiterung/-reduzierung“ mit der Form „eingezogen“ subordiniert wurde. Das Ergebnis zeigt Abb. 10. Im Kreisdiagramm wird deutlich, dass „eingezogene Rundbögen“ mit 19% fast doppelt so oft vorkommen wie die einfachen, nicht eingezogenen „Rundbögen“, die einen Anteil von etwa 10% ausma-

ALTER JÜDISCHER FRIEDHOF IN BONN-SCHWARZRHEINDORF

obere Abschlüsse in Kubatur:

- Rundbogen - eingezogen
- Rundbogen - nicht eingezogen
- andere/nicht sichtbar

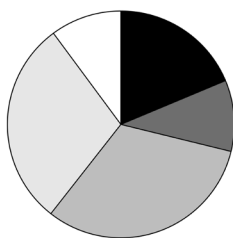
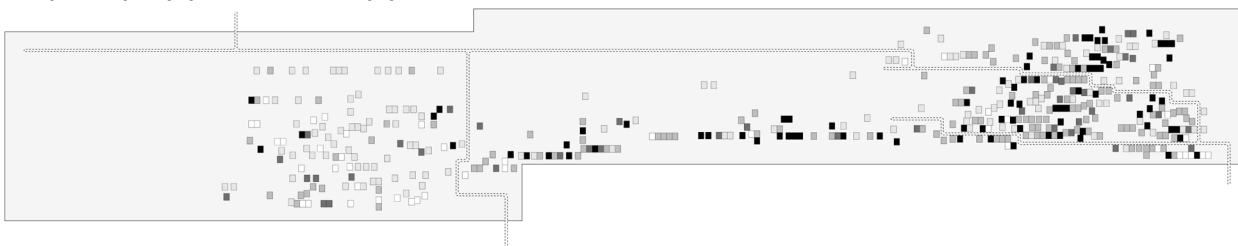


10 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Visualisierung von Abfrageergebnissen in Plänen und Diagrammen: „Rundbögen“ im „oberen Abschluss“ der Schicht „Kubatur“ inklusive der subordinierten „Spezifizierung“ vom Typ „Eckerweiterung/-reduzierung“ der Form „eingezogen“.

ALTER JÜDISCHER FRIEDHOF IN BONN-SCHWARZRHEINDORF

obere Abschlüsse in Kubatur:

- Rundbogen - eingezogen
- Segment-/Korbbogen - eingezogen
- Karniesbogen
- andere - nicht eingezogen
- nicht vorhanden/nicht sichtbar



11 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Visualisierung von Abfrageergebnissen in Plänen und Diagrammen: diverse Bogenformen im „oberen Abschluss“ der Schicht „Kubatur“.



12 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf und Jüdischer Friedhof Hamburg-Altona, Darstellung diverser Formen von „Rahmungen“ bzw. „architektonischen Gliederungen“.

chen. Einen noch deutlicheren Einfluss hat die Hinzunahme der „Spezifizierung“ auf das Histogramm. Hier wird jetzt endgültig klar, dass die „eingezogene“ Variante des „Rundbogens“ vor allem in der ersten Hälfte des 18. Jhs. auftritt, während die Renaissance der „Rundbögen“ in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. von ihrer einfachen, nicht eingezogenen Version getragen wird. Mithilfe dieser Information können schriftlose Grabsteine oder Fragmente mit Rundbogenabschluss schließlich relativ sicher einer bestimmten Epoche zugeordnet werden und liefern so verlässliche Anhaltspunkte für die Rekonstruktion der oftmals zerstörten jüdischen Friedhöfe.

Das für „Rundbögen“ genauer dargestellte Vorgehen der schrittweisen Ausdifferenzierung von Merkmalen in Abfragen kann in gleicher Weise auch für andere Bogenformen durchgeführt werden (Abb. 11). Manchmal spielen hier untergeordnete „Spezifizierungen“ eine Rolle. In anderen Fällen führen sie jedoch zu keiner sinnvollen Differenzierung der Ergebnisse.

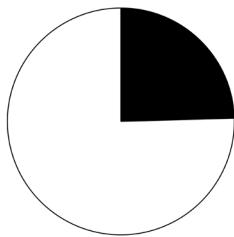
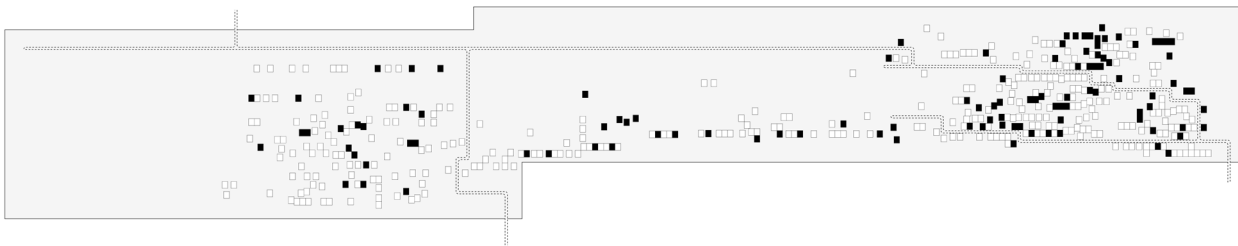
Entscheidend ist, dass die Bearbeiter durch solche Auswertetools in die Lage versetzt werden, Thesen testen zu können. So lassen sich klar abgegrenzte Zeiträume für Moden bestimmter Abschlussformen Schritt für Schritt aufdecken. Solche Formreferenzkurven erlauben gezielte Analogieschlüsse in weiten Bereichen der Kunst- und Architekturgeschichte, die zudem mit quantitativen Methoden wissenschaftlich belegt werden können.

Das hier für die Formen „oberer Abschlüsse“ dargestellte Vorgehen lässt sich natürlich auch auf andere Bereiche des Grabsteins ausdehnen, da auch hier zahlreiche Daten vorliegen. Ein zweites, verkürzt dargestelltes Beispiel widmet sich den „Rahmungen“ bzw. „architektonischen Gliederungen“, die in ganz unterschiedlicher Form und Zusammensetzung manche Grabsteine umgrenzen (Abb. 12). Auch bei diesem Aspekt verschafft eine einfache Abfrage, die zunächst überhaupt das Vorhandensein solcher Elemente prüft, einen ersten Überblick.

ALTER JÜDISCHER FRIEDHOF IN BONN-SCHWARZRHEINDORF

obere Abschlüsse in Kubatur:

- Rahmungen
- andere/nicht sichtbar

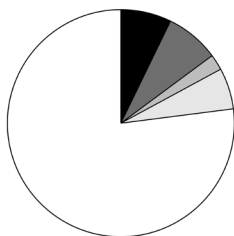
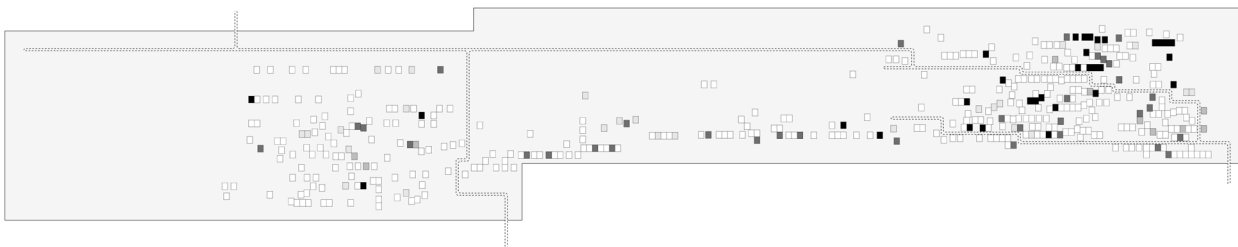


13 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Visualisierung von Abfrageergebnissen in Plänen und Diagrammen: allgemeine Abfrage zum Vorhandensein der Schicht „Rahmung/Gliederung“.

ALTER JÜDISCHER FRIEDHOF IN BONN-SCHWARZRHEINDORF

obere Abschlüsse in Kubatur:

- erhaben - gestuft/profiliert
- vertieft - linienförmig
- vertieft - diamantiert
- erhaben/vertieft - einfach
- ohne/andere Rahmungen



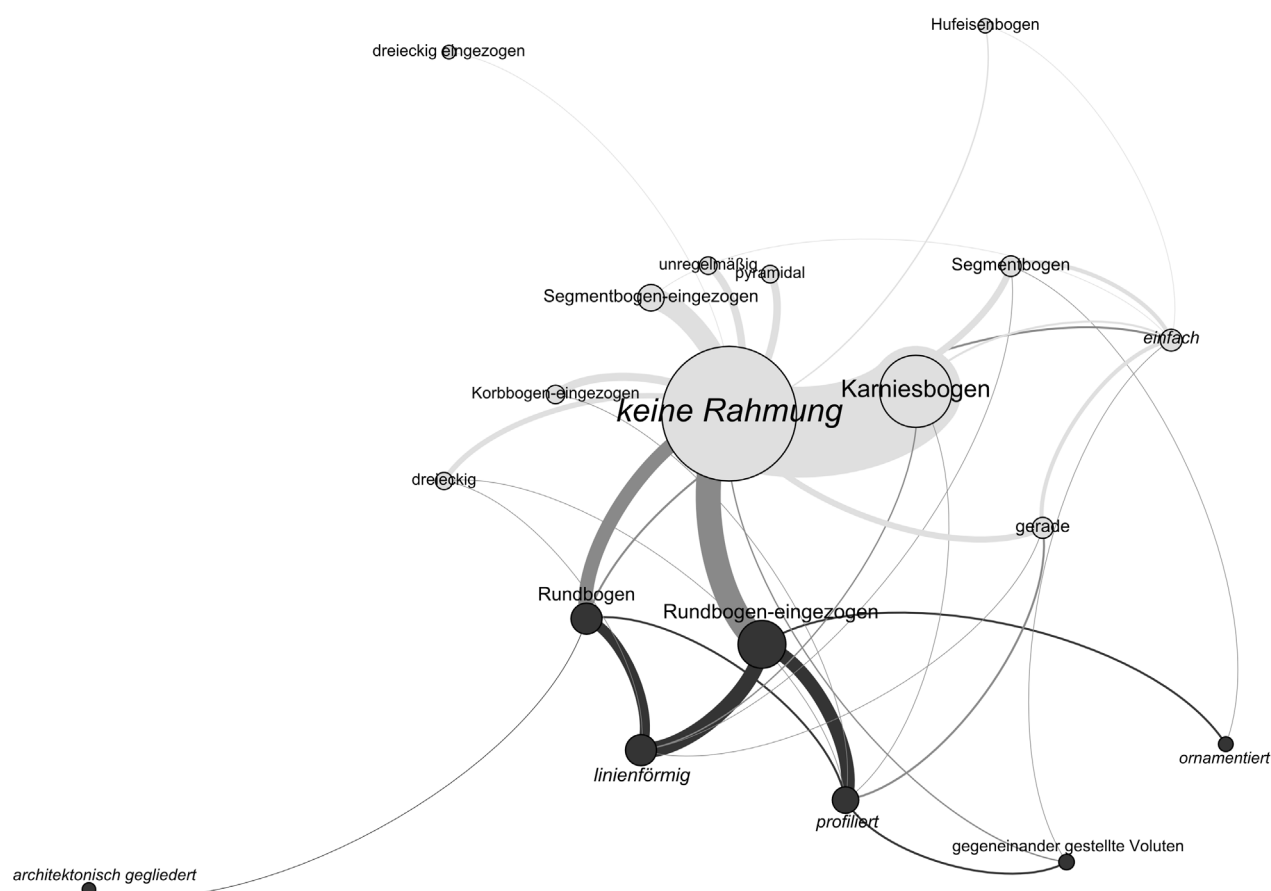
14 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Visualisierung von Abfrageergebnissen in Plänen und Diagrammen: spezifizierte Darstellung verschiedener Rahmungsformen.

Die in Abb. 13 dargestellte Analyse offenbart bereits erste Erkenntnisse. Obwohl nur etwa ein Viertel aller Grabsteine in Bonn-Schwarzrheindorf solche „Rahmungen“ aufweist, konzentriert sich ihre Verwendung abermals auf bestimmte Zeitabschnitte, wie im Histogramm sichtbar ist. Im 17. Jh. besitzen mehr als 90% aller Grabsteine „Rahmungen“. In der ersten Hälfte des 18. Jhs. sind es immerhin noch mehr als zwei Drittel. In der zweiten Hälfte des 18. und in der ersten Hälfte des 19. Jhs. scheint die Form mit weniger als 10% nahezu vollständig aus der Mode gekommen zu sein. Wie schon bei den „Rundbogenabschlüssen“ beobachtet, lässt sich aber auch bei „Rahmungen“ eine Renaissance des Gestaltungsmittels in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. nachweisen (immerhin 30%). Ebenfalls wie im vorangegangenen Beispiel besteht aber noch keine Möglichkeit der sicheren Datierung. Abermals müssen also untergeordnete Merkmale wie „Plastizität“, „Ornamente“ oder „Grundformen“ mit ihren „Spezifizierungen“ einbezogen werden, um verfeinerte Ergebnisse zu erhalten. Durch Ausprobieren im Visualisierungstool können schrittweise solche

Merkmale herausgesucht werden, die die Aussagen sinnvoll differenzieren können.

Im Ergebnis (Abb. 14) gibt es dann eine Überraschung. Differenzierbar werden vor allem die älteren „Rahmungsformen“ vor 1750. Während im 17. Jh. mehr als 80% aller Grabsteine „erhabene“, „gestufte“ oder „profilerte Rahmungen“ aufweisen, werden diese in der ersten Hälfte des 18. Jhs. von einfachen, „vertieften Linien“ abgelöst, die die Kanten des Grabsteins umziehen. Die Renaissance der „Rahmungen“ in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. lässt sich allerdings nicht weiter verfeinern. Sie wird von einer Mischung verschiedener Varianten getragen, aus denen allerdings zwei deutlich hervorstechen. Dazu zählt:

- die „vertiefte Rahmung“, die vollständig mit einer „Diamantierung“ ornamentiert ist und offenbar nur in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. verwendet wurde und
- die „erhabene Rahmung“, deren Querschnitt einfach bleibt (nicht „gestuft“ und nicht „profiliert“) und die überwiegend in die zweite Hälfte des 19. Jhs. (10%), vor allem aber ins 20. Jh. (fast 15%) datiert.



15 Jüdischer Friedhof Bonn-Schwarzrheindorf, Netzwerkanalyse mit Gephi zur Kombination der Merkmale „oberer Abschluss“ (reguläre Buchstaben) und „Rahmung“ (kursive Letters). Die Nähe der Knoten und die Stärke der Kanten symbolisieren die Intensität der Wechselbeziehungen. Automatisch von der Anwendung gefundene Cluster sind in hell- und dunkelgrau hervorgehoben.

Neben den beispielhaft dargestellten, für das Projekt „Relationen im Raum“ erarbeiteten Visualisierungen von Auswertungsergebnissen lassen sich natürlich noch weitere Darstellungsarten verwenden. Da die in XML vorliegenden Daten mithilfe von XSLT in alle möglichen anderen Formen transformiert werden können, steht auch die ganze Bandbreite bereits durch Dritte in anderen Vorhaben erstellter Werkzeuge bereit. Um auch hier ein Beispiel zu zeigen, wurde das Netzwerkanalysetool „Gephi“ genutzt. Dieses Werkzeug ist eigentlich für die Visualisierung sozialer Netzwerke gedacht und stellt die Intensität von gegenseitigen Beziehungen in graphischen Übersichten dar. Gephi kann dabei auch sehr große Datenmengen verarbeiten und steht als Open-Source-Software der Wissenschaft kostenlos zur Verfügung. Das Werkzeug ist vor allem deshalb für das behandelte Forschungsfeld interessant, weil sich damit nicht nur Beziehungen von Personen, sondern eben auch Beziehungen von Einzel-elementen, Formen und dergleichen untersuchen lassen. Zur Illustration der Wirkungsweise werden hier die oben getrennt abgefragten Einzelmerkmale „obere Abschlüsse“ und „Rahmungen“ miteinander kombiniert.

Die mit Gephi gewonnene Darstellung in Abb. 15 ist folgendermaßen zu interpretieren: Die Häufigkeit bestimmter Merkmale wird durch die Größe der entsprechenden Knoten (Punkte) symbolisiert. Das Merkmal „oberer Abschluss“ ist dabei mit regulären Buchstaben, das der „Rahmung“ durch kursive Lettern bezeichnet. Die Nähe der Knoten und die Stärke der Kanten (Verbindungslinien) stellt hingegen die Häufigkeit einer Wechselbeziehung dar. Darüber hinaus kann Gephi Cluster, d. h. Gruppen von Knoten und Kanten, die häufiger miteinander in Beziehung stehen, selbsttätig analysieren und hervorheben. Das Programm hat in der Beispielabfrage zwei solcher Cluster gefunden und den einen hellgrau, den anderen dunkelgrau markiert (Kanten zwischen den Clustern sind mittelgrau dargestellt). Das Ergebnis ist durchaus erhellend. Es zeigt sich, dass „Rahmungen“ egal welcher Ausprägung fast stets in Kombination mit „Rundbögen“ vorkommen, während Abschlüsse anderer Bogenformen so gut wie niemals zusammen mit solchen „Rahmungen“ verwendet wurden. Die quantitative Analyse ist insbesondere deshalb interessant, weil es offenbar keine Rolle spielt, ob es sich dabei um die „klassischen“ Formen des 17. und der ersten Hälfte des 18. Jhs. handelt („eingezogene Rundbögen“ und „profilerte, erhabene“ sowie „linienförmige, vertiefte Rahmungen“) oder ihre jeweilige Renaissance in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. (einfache „Rundbögen“). Über die Gründe lässt sich nur mutmaßen. Vielleicht wurden sowohl

„Rahmungen“ wie auch „Rundbogenabschlüsse“ in der zweiten Hälfte des 19. Jhs. als traditionelle Merkmale erkannt und wieder wertgeschätzt. Insofern handelt es sich um eine echte Renaissance, in der die Formen sich vermutlich nicht rein zufällig wiederholen.

## Perspektiven für die Bauforschung

In diesem Artikel wurde dargestellt, dass die Entwicklung und Anwendung kodierter Bau- und Befundbeschreibungen für die Erhebung und visualisierte Auswertung von jüdischen Friedhöfen ein geeignetes Instrument darstellen. Die erfolgreiche Nutzung solcher Mittel ist aber nicht nur auf dieses Randthema der Baugeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege begrenzt. Gerade im Projekt „Relationen im Raum“ war es ein erklärtes Ziel, die Informationsstruktur gegenüber der Aufnahme des Weißenseer Friedhofs so weiterzuentwickeln, dass sie grundsätzlich auch auf historische Architektur im Allgemeinen übertragen werden kann.

Weil im Zusammenhang mit Grabsteinen die Beschreibungsstruktur bisher vor allem aus einer ansichtsbezogenen Sichtweise heraus angewendet worden ist, sind auch solche Forschungsthemen zunächst naheliegend. Strukturell verwandt erscheinen hier vor allem Typologie, Zusammensetzung, Form und Konstruktion von Giebelfassaden mittelalterlicher und neuzeitlicher Bürgerhäuser. Da im Projekt „Relationen im Raum“ das Hauptziel in der Erstellung eines interaktiven Kartierungswerkzeugs bestand, könnten die Inhalte sogleich in Stadtplänen visualisiert werden. Auch einzelne Bauteile, die sich vor allem durch ihren Ansichtsaspekt charakterisieren, wie mittelalterliche Portale, gotische Maßwerke oder barocke Fensterrahmungen wären der Erfassungsstruktur sicherlich nahezu unmittelbar zugänglich. Lediglich bei einer Erweiterung des im XML-Schema eingebundenen, auf Grabsteine zugeschnittenen Vokabulars gilt das gleiche auch für besonders systematisch gegliederte Architekturteile wie die genannten Maßwerke oder Dach- und Fachwerke, selbst wenn letztere nicht ausschließlich aus einer Ansichtsperspektive heraus beurteilt werden können.

Bei allen anderen Objektarten würde eine grundrissbezogene Betrachtungsweise sicherlich vorgezogen werden. Doch auch dies ist mit dem modularisierten Strukturprinzip problemlos denkbar. Denn durch das Beschreibungsschema werden vielfältige Interpretationen des hierarchischen Architekturaufbaus nicht technisch begrenzt und damit allein von den Fachwis-

senschaftlern durch Konventionen geregelt. Ein Kirchenbau, um nur ein komplexes Beispiel zu nennen, könnte zunächst in Westwerk, Langhaus, Querschiff und Chor mit Qualifizierung der Einzelteile durch formale Merkmale gegliedert werden (z. B. Chor: gestaffelt, Langhaus: basilikal usw.). Allein mit diesem geringen Detailgrad ließen sich bei Vorhandensein größerer Datenmengen zahlreiche Aussagen zur typologischen Entwicklung von Kirchenbauten gewinnen. So z. B. liegen die recht einheitlichen und schlecht datierten Feldsteinkirchen Norddeutschlands in großen Mengen vor. Ihre Zusammensetzung aus Einzelbauteilen, vielleicht auch das Verhältnis ihrer Abmessungen topographisch auskartiert und mit der Chronologie des Landesausbaus im Mittelalter überlagert, könnte hier sicherlich neue Ansatzpunkte für die Datierung dieser Architektur liefern. Der Weitertransport von Bautypologien im Filiationsgeflecht der Zisterzienser ist ein vergleichbares Beispiel, zu dessen Erforschung ein extrem hoher Differenzierungsgrad der kodierten Beschreibungen ebenfalls erst einmal nicht zwingend erforderlich scheint, bei dem im Gegensatz dazu Visualisierungen in Karten und Filiationsorganigrammen vermutlich eine große Aussagekraft entfalten würden.

Für komplexere Betrachtungen von Kirchenbauten, um bei dieser Architekturgattung als Beispiel zu bleiben, wäre aber sicherlich eine weit detailliertere Unterteilung notwendig – das Langhaus in Schiffe, die Schiffe in Kompartimente, die Kompartimente in Wände, die Wände in Schichten und Zonen, die schließlich weitere Einzelbauteile und Befunde beinhalten, die sich natürlich ebenfalls fortlaufend untergliedern lassen. Bei solchen komplexen Gebäuden muss ein streng hierarchisches Schema vielleicht auch durch Querverweise ergänzt werden, denn die zu einem Raum gerichtete Oberfläche einer Wand findet beispielsweise ihr Gegenstück im Nachbarraum. Falls auf allen Ebenen einer solchen Struktur auch noch beschreibende Formmerkmale angegeben werden, ergibt sich eine Quelle mit nahezu unendlichen Auswertungsmöglichkeiten. Sollen neben den rein typologischen bzw. formalen Aspekten auch noch andere Informationen hinzukommen, sind mehrere hierarchisch oder anders gegliederte parallel angeordnete Strukturen denkbar, z. B. ein typologisch/formaler Baum, ein konstruktiver Baum, ein relativchronologischer Baum etc., die sich durch Querverweise miteinander in Beziehung setzen lassen.

Aber auch wenn sich der Bearbeiter nicht einem rigiden Vokabular unterwerfen und auf gut formulierte Beschreibungstexte nicht verzichten möchte, steht es ihm frei, seinen Fließtext in das XML-Element einzugeben oder auch nur externe Referenzen einzubinden und die Angabe von Formmerkmalen in Attributen zu

unterlassen. Dann erfüllt die Struktur immer noch als interaktives Such- bzw. Navigationsinstrument einen Zweck. Selbst die nachträgliche Auszeichnung vorhandener Fließtexte mit XML-Tags würde der Forschung eine wertvolle digitale Datenbasis liefern können. Dies ist eine Praxis, die vor allem in den textbasierten Geisteswissenschaften vielfach angewendet wird.

Angesichts der Komplexität der hier skizzierten Perspektiven ist sich der Autor bewusst, dass die vollständige und differenzierte Erfassung eines komplexen Gebäudes gemäß den vorgestellten Datenstrukturen durch einzelne freie Bauforscher, die Inventarisierungs- bzw. Bauforschungsabteilungen der Denkmälämter oder wissenschaftliche Mitarbeiter in universitären Forschungsprojekten nicht geleistet werden kann, sondern allenfalls in Ausnahmefällen möglich erscheint. Doch sobald einheitliche Erfassungsschemata existieren und von der Fachcommunity genutzt werden, erhalten auch fragmentarische Eingaben von Beginn an einen gültigen Platz im Gesamtsystem, so dass verschiedene Erfassungsvorhaben sinnvoll aufeinander aufbauen können. Jedes Vorhaben kann somit einen Ast, einen Zweig oder auch nur ein Blatt hinzufügen, die in ihrer Summe schließlich einen Baum wachsen lassen. Deshalb soll zum Schluss dieses Artikels ein Aufruf stehen, Metadatenstandards, Normdaten oder Konventionen für die Bauforschung und Denkmalpflege zu entwickeln, die es künftig erlauben, in gemeinsamer Arbeit nach und nach das ohnehin vorhandene Wissen systematisch zusammenzufügen. Dass in einem solchen Vorgehen ein enormes Potenzial und ein außerordentlicher Mehrwert für die Fachcommunity liegen könnten, sollte hier gezeigt werden.

- 1 Dachverband der „Digital Humanities im deutschsprachigen Raum“.
- 2 <<http://www.dig-hum.de/digitale-geisteswissenschaften/>> (05.03.2018).
- 3 <<http://pt-dlr-gsk.de/de/992.php>> (05.03.2018).
- 4 <<https://de.dariah.eu>> (05.03.2018).
- 5 Siehe dazu vor allem Tobias Rütenik – Tobias Horn – Elgin von Gaisberg – Isabelle Arnold, 115.628 Berliner. Der Jüdische Friedhof Weißensee – Dokumentation der flächendeckenden Erfassung der Grabstätten, Beiträge zur Denkmalpflege in Berlin 40 (Petersberg 2013); siehe auch Elgin von Gaisberg – Johannes Cramer – Tobias Horn – Sarah Kuznicki-Fischer – Tobias Rütenik – Anja Tuma, Der Fall Berlin-Weißensee. Der größte noch bestehende jüdische Friedhof Europas im Spannungsfeld zwischen Kultort und Denkmalpflege, in: Claudia Theune – Tina Walzer (Hrsg.), Jüdische Friedhöfe. Kultstätte, Erinnerungsort, Denkmal (Wien 2011) 211–233 und Johannes Cramer – Tobias Rütenik – Elgin von Gaisberg – Sarah Kuznicki-Fischer – Tobias Horn – Anja Tuma – Isabelle Arnold, Der Jüdische Friedhof Weißensee. Inventarisierung eines Bau-, Kultur- und Kunstdenkmalensembles, in: ICOMOS Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland – Landesdenkmalamt Berlin (Hrsg.), Jüdische Friedhöfe und Bestattungskultur

- in Europa – Jewish Cemeteries and Burial Culture in Europe, ICOMOS – Hefte des deutschen Nationalkomitees 53 (Berlin 2011) 34–45.
- 6 Siehe dazu vor allem <<https://wiki.de.dariah.eu/display/RIR-PUB/RiR>> (05.03.2018).
  - 7 <<http://www.tei-c.org/index.xml>> (05.03.2018).
  - 8 Selbstverständlich wurden zunächst vorhandene Standards zur Beschreibung von kulturellem Erbe auf ihre Anwendbarkeit geprüft, darunter EDM (Europeana Data Model), MIDAS-Heritage (United Kingdom Historic Environment Data Standard), CARARE 2.0 metadata schema (Connecting ARchaeology and ARchitecture in Europeana) sowie CIDOC-CRM (CIDOC = Comité international pour la documentation; CRM = Conceptual Reference Model). Alle Systeme, mit Ausnahme von CIDOC-CRM, erlauben nur sehr begrenzt die für Kodierung von Architektur notwendige systematische Zerlegung eines Objektes in beliebig viele Teilobjekte. Bei CIDOC-CRM wurden die höchst abstrakte und sehr komplexe Grundidee sowie die Schwierigkeit, quantitative Methoden erfolgreich anzuwenden, zum Ausschlusskriterium. Zudem ist CIDOC-CRM eventzentriert; benötigt wird hingegen ein objektzentriertes Modell.
  - 9 Abkürzung: XSD (XML Schema Definition).
  - 10 Das Schema kann unter <[http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR\\_gravestonedescription-1.1.xsd](http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR_gravestonedescription-1.1.xsd)> (05.03.2018) von jedermann heruntergeladen und für eigene Zwecke eingebunden und weiterentwickelt werden.
  - 11 Die spitzen Klammern dienen in XML zur Auszeichnung von Elementen.
  - 12 Das @-Symbol dient in der Dokumentation von XML-Dateien sowie in der Abfragesprache X-Path (nicht im Code selbst) zur Bezeichnung eines Attributs eines Elements.
  - 13 Die systematische hierarchische Zerlegung eines Gebäudes in Einzelelemente macht sich auch das Projekt „MonArch“ zunutze. Das Vorgehen wird dort als Partonomie bezeichnet.

- 14 Für die Eingabe der Daten wurde oXygen XML-Editor der Firma SyncRo Soft benutzt, ein Programm, das sich in weiten Teilen der Digital Humanities durchgesetzt hat.
- 15 Auch diese Schematron-Regeln stehen in ihrer letzten Version unter <[http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR\\_gravestonedescription-1.1.sch](http://baugeschichte.a.tu-berlin.de/bg/RiR/RiR_gravestonedescription-1.1.sch)> (05.03.2018) allgemein zur Verfügung.
- 16 Weiterführende Informationen zur Grabmaltypologie finden sich unter: <<https://wiki.de.dariah.eu/display/RIRPUB/Baugeschichtliches+Inventarisierungssystem>> (05.03.2018).

#### **Anschrift:**

Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik  
Otto-Friedrich-Universität Bamberg  
Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien  
Am Zwinger 6, 96047 Bamberg  
tobias.arera-ruetenik@uni-bamberg.de

#### **Bildnachweis:**

Abb. 1: Inventarisierung des Jüdischen Friedhofs Berlin-Weißensee, Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte, Technische Universität Berlin, Isabelle Frase – Verfasser.  
Abb. 2–4. 6–8. 10. 11. 13–15: Relationen im Raum, Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte, Technische Universität Berlin, Verfasser  
Abb. 5: Relationen im Raum, Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte, Technische Universität Berlin, Olga Zenker – Verfasser  
Abb. 9: Andreas Hemstege  
Abb. 12: Andreas Hemstege – Bert Sommer