

Innovation in der Bauwirtschaft
Innovation in the Building Industry

**Band 5 Reflexe der immateriellen
 und materiellen Kultur**

Herausgegeben von
Eva-Maria Seng und Frank Göttmann

Eva-Maria Seng und Frank Göttmann (Hrsg.)

Innovation in der Bauwirtschaft Innovation in the Building Industry

Wesersandstein vom 16. bis 19. Jahrhundert
Weser Sandstone from the 16th to the 19th Century

Architektur und Digital Humanities
Architecture and Digital Humanities

De Gruyter

Gedruckt mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
Printed with the generous support of Bundesministeriums für Bildung und Forschung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

ISBN 978-3-11-053790-1
e-ISBN (PDF) 978-3-11-053891-5
ISSN 2199-4331

Library of Congress Control Number: 2021932236

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de>.

© 2021 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Übersetzungen/Translations: Dr. Mirko Wittwar und Paul Duschner M. A.

Cover illustration: Leiden, Rathaus, Fassade, 3D-Modell, Punktwolke mit niedriger Vermaschung

Typesetting: LVD GmbH, Berlin

Printing and binding: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

www.degruyter.com

Inhaltsverzeichnis / Table of Contents

Vorwort 9

Preface 13

WESER-SANDSTEIN – DAS PROJEKT

WESER SANDSTONE – THE PROJECT

Eva-Maria Seng und Frank Göttmann

Das Forschungsprojekt Wesersandstein (WeSa) und die Tagung „Dokument, Objekt, Genese“ im interdisziplinären Kontext 19

The Research Project Weser Sandstone (WeSa) and the Conference “Document, Object, Genesis” in an Interdisciplinary Context 47

Reinhard Keil und Gero Zahn

Ko-Aktive Modellierung. Ein Ansatz für die Forschungskoooperation in den Digital Humanities 81

Co-Active Modelling. An Approach at Research Cooperations in the Digital Humanities 104

Joachim Backes, Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst

Digitale Modelle als Werkzeuge des Erkenntnisgewinns und der Vermittlung von Forschungsergebnissen. Inhalte, Verfahren und Ergebnisse im Projekt WESA 129

Digital Models as Tools for Gaining Insights and the Communication of Research Results. Contents, Methods and Results of the WESA Project 143

Michael Ströhmer

Wirtschaftliche Aspekte des internationalen Sandsteinhandels in Nordwesteuropa. Präfabrikation – Logistik – Preise (1560–1740) 165

Economic Aspects of the International Sandstone Trade in Northwest Europe. Prefabrication – Logistics – Prices (1560–1740) 214

Wiebke Neuser

Sandsteinhandel und persönliche Netzwerke. Netzwerkbetrachtungen zur Untersuchung eines transregionalen Material- und Wissensaustauschs im nordwestdeutsch-niederländischen Raum in der Frühen Neuzeit **295**

Sandstone Trade and Personal Networks. Considering on Networks in the Context of an Analysis of a Transregional Exchange of Material and Knowledge in the Northwest German and Dutch Region in the Early Modern Age **315**

Teresa Brandt

Zwischen Privatisierung und Institutionalisierung. Der Monopolhandel mit Sollingsteinen im 17. und 18. Jahrhundert **347**

Between Privatisation and Institutionalisation. The Monopoly on Trade in Solling Stones in the 17th and 18th Centuries **358**

Ralf Otte

Dach- und Bodenplatten aus dem Solling. Normiertes und veredeltes Steinhandelsmaterial aus der vorindustriellen Zeit **371**

Roof and Paving Slabs from the Solling. Normed and Refined Stone Trade Material from the Pre-Industrial Age **387**

KULTUR- UND WISSENSTRANSFER UND INNOVATION IN DER BAUWIRTSCHAFT TRANSFER OF CULTURE AND KNOWLEDGE AND INNOVATION IN BUILDING CONSTRUCTION

Stefan Bürger

Neues von der Albrechtsburg in Meißen. Beobachtungen zu bautechnischen Innovationen der Zeit ab 1470 **411**

New Insights into the Albrechtsburg in Meissen. Observations on Constructional Innovations in the Period after 1470 **422**

Michael North

Kultureller Austausch. Die Migration niederländischer Architekten und Bildhauer in den Ostseeraum (16. und 17. Jahrhundert) **447**

Cultural Exchange. The Migration of Dutch Architects and Sculptors to the Baltic Sea Region (16th and 17th Centuries) **459**

Reinhold Reith

Barocke Baukonjunktur und Migration im Bauhandwerk vom 17. bis zum 19. Jahrhundert. Mit besonderer Berücksichtigung des süddeutschen sowie des voralpinen und alpinen Raumes **475**

The Economic Situation of the Building Trade in the Baroque Period and the Migration of Builders in the 17th – 19th Centuries. With Special Emphasis on the South German, Pre-alpine and Alpine Lands **489**

Andreas Tacke

Der Maler als Wandergeselle. Eine handwerksgeschichtliche Perspektive zum Kultur- und Wissenstransfer in der Kunst **509**

The Painter as a Journeyman. The Transfer of Culture and Knowledge in the Fine Arts from a Craft-Historical Perspective **515**

OBJEKT, DOKUMENT UND DIGITAL HUMANITIES

OBJECT, DOCUMENT AND DIGITAL HUMANITIES

Stephan Hoppe

Das Architekturmodell im digitalen Zeitalter. Neue Ansprüche an die digitale Visualisierung des historischen gebauten Raumes **527**

The Architectural Model in the Digital Age. Opportunities and Challenges for the Digital Visualisation of Historical Architecture **543**

Marc Grellert

[virtuelle] Objekte + digitale Anwendungen in Museen. Ein Werkstattbericht **573**

[Virtual] Objects + Digital Applications in Museums. A Report on Work in Progress **584**

Dominik Lengyel/Catherine Toulouse

Zur Visualisierung archäologischer Hypothesen **605**

On the Visualisation of Archaeological Hypotheses **616**

Joachim Veit

Musikdokumente: Aspekte ihrer Modellierung im Kontext digitaler Editionen **649**

Musical Documents: Aspects of their Modelling in the Context of Digital Editions **658**

Ralph Knickmeier

Taktiler Sehen im Digitalen Museum **675**

Tactile Vision at the Digital Museum **680**

Manfred Thaller

Die nächste Grenze. OCR für Handschriften – und die methodischen Folgen **695**

The Next Limit. OCR for Manuscripts – and the Methodical Consequences **710**

INFORMATIK: PROGRAMME UND SYSTEME

COMPUTER SCIENCES: PROGRAMS AND SYSTEMS

Burkhard Freitag

Von der raumbezogenen Modellierung zur Modellierung des Raumes **729**

From Space-related Modelling to the Modelling of Space **736**

Andreas Henrich und Tobias Gradl

Integration von Forschungsdaten. Wie können Forschungsinfrastrukturen helfen? **749**

The Integration of Research Data. How Can Research Infrastructures Help? **763**

Autorenverzeichnis / List of Contributors **787**

Personen- und Ortsregister / Index of Persons and Locations **799**

Bildnachweise / Picture Credits **811**

Internet / Website **815**

VORWORT

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Wesersandstein als globales Kulturgut – Innovation in der Bauwirtschaft und deren weltweite Verbreitung in vorindustrieller Zeit (16.–19. Jahrhundert)“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Zeitraum von 2014–2016 gefördert. Geleitet wurde das Projekt von Prof. Dr. Eva-Maria Seng (Lehrstuhl für Materielles und Immaterielles Kulturerbe). Die Durchführung realisierten in Zusammenarbeit die weiteren Antragsteller Prof. Dr. Frank Göttmann (Lehrstuhl für Geschichte der Frühen Neuzeit) und Prof. Dr. Reinhard Keil (Lehrstuhl für Kontextuelle Informatik, alle Universität Paderborn) sowie Dr.-Ing. Marc Grellert und Dr.-Ing. Mieke Pfarr-Harfst (Fachbereich Digitales Gestalten, TU Darmstadt).

Das Verbundprojekt ging gegen Ende des Förderzeitraums am 10./11. Oktober 2016 mit einer Tagung an der Universität Paderborn an die Öffentlichkeit. Ziel war es zum einen gewesen, das Unternehmen vorzustellen und die erreichten Ergebnisse zu diskutieren. Zum andern sollten diese aufgrund der Vorträge von Kunsthistorikern, Historikern, Informatikern und Architekten in einen weiteren sachlichen, theoretischen und methodischen Kontext eingebettet werden. Die dabei anzusprechenden konkreten Aspekte, Fragen und Vorgehensweisen sollte der Tagungstitel „Dokument, Objekt, Genese. Digital Humanities und Kunst- und Kulturgeschichte. Das Projekt Wesersandstein im interdisziplinären Kontext“ erschließen und repräsentieren.

Das Forschungsprojekt war der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) aufgelegten Förderlinie „Die Sprache der Objekte – Materielle Kultur im Kontext gesellschaftlicher Entwicklungen“ verpflichtet, die darauf abzielte, die Genese von Objekten und das damit verbundene Innovationspotential im sozialen Kontext zum Gegenstand geisteswissenschaftlicher Forschung im Verbund mit technikorientierten Disziplinen zu machen.¹ Freilich entspricht dieser Ansatz ganz und gar der Auffassung der Projektinitiatoren, dass jegliche Forschung von dem Gegenstand – durchaus höchst unterschiedlicher Ausprägung – ausgehen muss, an den aktuelle Fragen heranzutragen sind. Diese müssen mittels zu entwickelnder spezieller methodischer Verfahren, notwendig besonders bei einem interdisziplinär angelegten Unternehmen, geklärt und die Ergebnisse dokumentiert werden. Die hier gewählten Begriffe „Dokument, Objekt, Genese“ sprechen die unterschied-

lichen Seiten des Forschungs-, Darstellungs- und Vermittlungsprozesses an: So steht „Dokument“ sowohl für das Material als Quelle der Forschung als auch für die Dokumentation und Repräsentanz der Befunde und Ergebnisse. „Objekt“ verweist sowohl konkret auf den materiellen Gegenstand oder immateriell auf das Phänomen oder einen Sachverhalt des Immateriellen als auch auf den komplexen Forschungsgegenstand als solchen. „Genese“ bezeichnet sowohl dessen historische Dimension als auch den Forschungsprozess selber. Der nun veröffentlichte Band soll die Brücke schlagen zwischen der Projektarbeit und der Abschlusstagung. Um dies auszudrücken, wurde der Titel „Innovation in der Bauwirtschaft. Wesersandstein vom 16. bis 19. Jahrhundert. Architektur und Digital Humanities“ gewählt.

Neben der engen Zusammenarbeit zwischen den drei Verbundpartnern Kunst-/Wirtschaftsgeschichte (Universität Paderborn), Kontextuelle Informatik (Universität Paderborn) und Digitales Gestalten (TU Darmstadt) stellten für die Kunst- und Wirtschaftshistoriker im Projektverlauf die besuchten 27 Archive im In- und Ausland wichtige Partner für die Erschließung neuen Wissens dar. Darüber hinaus wurde mit Prof. Dr. Uta Halle und Dr. Dieter Bishop, Landesarchäologie Bremen sowie mit dem Focke-Museum Bremen zusammengearbeitet. In Bad Bentheim waren das Sandsteinmuseum und in Obernkirchen das Museum für Bergbau und Stadtgeschichte sowie in Steinfurt das Fürstliche Archiv Burgsteinfurt für die Forschung von außerordentlicher Bedeutung. Die Projektmitarbeiter profitierten von der Unterstützung des niedersächsischen Landesamts für Denkmalpflege in Hannover sowie des dortigen Geozentrums. Auch die Auskünfte der Mitarbeiter des Nienburger Stadtmuseums (Lapidarium) und der Dörverdener Kirchengemeinde (Pfarrarchiv) waren für die wissenschaftliche Arbeit von besonderer Bedeutung. In den Niederlanden wurde Kontakt zu Mitarbeitern des Leidener Museums Lakenhal, besonders zu nennen Kurator Prosper de Jong, ebenso aufgebaut wie zu dem dortigen Bauhistoriker Edwin Orsel, Erfgoed Leiden en Omstreken. Darüber hinaus entwickelte sich eine enge Zusammenarbeit mit niederländischen Wissenschaftlern des Bureau voor Monumenten en Archeologie van de gemeente Amsterdam beziehungsweise mit Prof. Dr. Gabri van Tussenbroek, Universität Amsterdam und Dr. Merlijn Hurx, Universität Utrecht. Es wurde u. a. auch auf bisher unpubliziertes Material des freien Bauhistorikers Hein Hundertmark, Utrecht zurückgegriffen. Zur Untersuchung des internationalen Verbreitungsgrades des Forschungsgegenstandes trug die persönliche Zusammenarbeit mit der Unterwasserarchäologie der australischen Provinz Western Australia und dem zugehörigen Ausstellungsort Shipwreck Galleries Fremantle, vor allem Dr. Jeremy N. Green, ebenso bei wie der Kontakt mit dem Museum of Western Australia in Geraldton, wobei Catherine Belcher und Leigh O'Brien zu nennen sind.

In Zusammenhang mit dem thematischen Schwerpunkt der Visualisierung der Schiffstypen und deren Beladungen wurde die Zusammenarbeit mit Dr. Lars Kröger, Deutsches Schifffahrtsmuseum Bremerhaven gepflegt. Diese Zusammenarbeit war insbesondere für den Projektbereich Digitales Gestalten von großem Nutzen. Außerdem wurde auf

der technischen Ebene der intensive Austausch mit Kollegen des i3mainz an der Hochschule Mainz gesucht, um mit ihnen die Herausforderungen des photogrammetrischen Verfahrens zu diskutieren. Nicht unerwähnt soll die laufende, in Ansatz und Zielvorstellung völlig andersgeartete Initiative der Historischen Kommission für Westfalen bleiben, im Raum Westfalen punktuell Standorte des Bauens mit Sandstein zu erfassen.

Neben den genannten unterstützenden Institutionen steht eine ganze Reihe weiterer Personen, bei denen wir uns für ihren vielfältigen Rat und Hilfe bedanken möchten. In alphabetischer Folge seien genannt: Michael Hilbert, Münsterbauamt Ulm, Dr. Willi Kramer, Landesarchäologie Schleswig-Holstein, Prof. Dr. Sunhild Kleingärtner und Jun.-Prof. Dr. Ruth Schilling, beide Deutsches Schifffahrtsmuseum Bremerhaven.

Den Mitgliedern des Beirats, der das Forschungsunternehmen begleitete, Prof. Dr. Elisabeth Kieven, Bibliotheca Hertziana Rom, Prof. Dr. Martin Warnke, Universität Lüneburg, Prof. Dr. Krista de Jonge, Katholische Universität Löwen, Dr. Stefan Winghart, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege Hannover und Prof. Dr. Konrad Ottenheim, Universität Utrecht verdanken wir fruchtbare Hinweise, kritische Nachfragen und konstruktive Diskussionen.

Dr. Christopher Wertz und Dr. Kerstin Lutteropp haben unserem Projekt als Projektkoordinatoren des Projektträgers, des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) stets hilfreich und verständnisvoll zur Seite gestanden.

Als Referenten und nicht im Band vertretene Beiträger der Tagung und als Teilnehmer der Podiumsdiskussion hatten sich dankenswerterweise zur Verfügung gestellt: Prof. Dr. Gregor Engels, Prof. Dr. Eyke Hüllermeier, beide Institut für Informatik, Universität Paderborn sowie Prof. Dr. Lothar Schilling, Universität Augsburg. Ganz besonders aber ist allen Referentinnen und Referenten der Tagung zu danken, die mit ihren profunden Beiträgen den vorliegenden Sammelband bereichert haben.

Folgenden ständigen und temporär tätigen Mitarbeitern des Forschungsprojektes ist für ihr nachhaltiges Engagement im großen wie im kleinen zu danken, ohne das die Forschungsergebnisse nicht hätten erreicht werden können: Dipl.-Ing. Joachim Backes, Julian Beiteke, Dennis Bienkowski, Dr. Teresa Brandt, Paul Duschner M.A., Doris Hartmann M.A., Martin Leser, Wiebke Neuser M.A., Dipl.-Inf. Andreas Oberhoff, Ralf Otte M.A., Kristina Rentschler, Stella Schröder, Marco Silvestri M.A., Prof. Dr. Michael Ströhmer, Sabine Tomas M.A., Marie-Luise Welz M.A., Dipl.-Inf. Gero Zahn.

Wenn nun endlich der vorliegende Sammelband in deutscher und englischer Sprache erscheinen kann, so ist dies nicht zuletzt der akribischen Übersetzungstätigkeit von Dr. Mirko Wittwar und Paul Duschner M.A. zu verdanken sowie der verständigen und engagierten Betreuung der Drucklegung durch die Mitarbeiterinnen des Gruyter Verlages Dr. Katja Richter, Dr. Anja Weisenseel und Arielle Thürmel.

Alle Projektbeteiligten hegen die Hoffnung, auf dem beschrittenen Forschungsfeld sowohl sachlich, theoretisch und begrifflich sowie methodisch weitere Forschungen zu inspirieren und zu ermutigen. Mit Genugtuung sehen die Initiatoren auch auf die Tatsache zurück, dass das Verbundprojekt „Wesersandstein als globales Kulturgut“ die häufig gefor-

derte, praktisch aber selten eingelöste Interdisziplinarität in der Sache eines gemeinsamen Gegenstandes, im wissenschaftlichen Austausch über Disziplinargrenzen hinweg und vor allem auch in der produktiven Zusammenarbeit recht unterschiedlich sozialisierter Forscher einen Ertrag gezeitigt hat, der sich sehen lassen kann.

Paderborn, im Frühjahr 2020

Eva-Maria Seng, Frank Göttmann, Reinhard Keil, Marc Grellert, Mieke Pfarr-Harfst

PREFACE

The interdisciplinary research project “Weser Sandstone as a Global Cultural Good – Innovation in Building Construction and Its Worldwide Spread in the Pre-Industrial Age (16th – 19th Centuries)” was funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) in the years 2014–2016. The project was headed by Prof. Dr. Eva-Maria Seng (Chair of Tangible and Intangible Cultural Heritage). The implementation was carried out jointly by the further applicants Prof. Dr. Frank Göttmann (Chair of Early Modern History) and Prof. Dr. Reinhard Keil (Chair of Contextual Computer Science, all at the University of Paderborn) as well as Dr.-Ing. Marc Grellert and Dr.-Ing. Mieke Pfarr-Harfst (Dept. Digital Design, TU Darmstadt).

The joint project was presented to the public by a conference held at the University of Paderborn at the end of the funding period, on October 10th/11th, 2016. One aim was to publicise the project and to discuss the achieved results. Also, with lectures delivered by art historians, historians, computer scientists and architects, these results were to be embedded into a broader scholarly, theoretical and methodical context. The conference title, “Document, Object, Genesis. Digital Humanities and the History of Arts and Culture”, was chosen to infer and represent the concrete aspects, questions and approaches under discussion.

The research project was committed to the BMBF’s funding line “Die Sprache der Objekte – Materielle Kultur im Kontext gesellschaftlicher Entwicklungen (The Language of Objects – Material Culture in the Context of Societal Developments)” which, in cooperation with technology-oriented disciplines, aimed at making the genesis of objects and the connected innovation potential within the social context the subject of humanities research.¹ As a matter of fact this approach is perfectly in line with the opinion of the initiators of the project, namely that any research must take the object – which may certainly have most different forms – as its starting point and examine it in the light of current scholarly questions. These must be clarified with the help of special, to be developed methodological procedures which are necessary especially in the case of an interdisciplinary endeavour, and the results must be documented. The here chosen terms “document, object, genesis” address the various aspects of the processes of research, portrayal and communi-

cation: Thus, “document” refers both to the material as a source for research and to the documentation and representative nature of findings and results. “Object” refers both to the tangible object in concrete terms or intangibly to the phenomenon or an intangible fact, as well as to the complex research topic as such. “Genesis” refers both to the latter’s historical dimension and to the research process itself. The now published volume shall build a bridge between the project work and the final conference. To express this, the title of “Innovation in Building Construction. Weser Sandstone from the 16th to the 19th century. Architecture and Digital Humanities” was chosen.

Apart from the close cooperation between the three project partners Art and Economic History (University of Paderborn), Contextual Computer Science (University of Paderborn) and Digital Design (TU Darmstadt), the 27 German and international archives which were visited in the course of the project were important partners in the generating of new insights. Furthermore, there was a cooperation with Prof. Dr. Uta Halle and Dr. Dieter Bischof from the Landesarchäologie Bremen as well as with the Focke-Museum, Bremen. At Bad Bentheim, the Sandsteinmuseum was of major significance for our research, as was the Museum für Bergbau und Stadtgeschichte (Museum of Mining and Municipal History) in Obernkirchen and the Fürstliches Archiv (Princely Archive) Burgsteinfurt at Steinfurt. The members of the project staff benefitted from support by the Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege (Lower Saxony Board of Monument Preservation) in Hannover and by the Geozentrum (Geo-Centre) there. The information provided by the staff members of the Nienburger Stadtmuseum (Lapidarium) and by the Parish of Dörverden (Parish Archive) was also of particular significance for our scholarly endeavours. In the Netherlands, contacts were established with staff members of Lakenhal Museum in Leiden – to be mentioned in particular is the curator, Prosper de Jong – and to the historian of architecture there, Edwin Orsel of Erfgoed Leiden en Omstreken. Furthermore, a close cooperation developed with Dutch scientists at the Bureau voor Monumenten en Archeologie van de gemeente Amsterdam as well as with Prof. Dr. Gabri van Tussenbroek, University of Amsterdam, and Dr. Merlijn Hurx, University of Utrecht. Among other things, we made use of previously unpublished material by the freelance historian of architecture Hein Hundertmark, Utrecht. Particularly helpful for the analysis of the international dissemination of the objects of our research was the personal cooperation with members of the Dept. of Maritime Archaeology of the Province of Western Australia, Australia, and the department’s exhibition venue, Shipwreck Galleries Fremantle, above all Dr. Jeremy N. Green. The same can be said about our contacts with the Museum of Western Australia at Geraldton, where in particular Catherine Belcher and Leigh O’Brien deserve to be mentioned.

When it came to the thematic focus of the visualisation of types of ships and their loading, we were able to work together with Dr. Lars Kröger of the Deutsches Schifffahrtsmuseum Bremerhaven. This cooperation was particularly helpful for the project’s field of digital design. Furthermore, on the technological level, an intensive exchange was sought with our colleagues of i3mainz at the Hochschule Mainz to discuss the challenges posed by the pho-

togrammetric method. Not to remain unmentioned is the ongoing, though in approach and aim entirely different initiative of the Historical Commission for Westphalia to record individual places of construction with sandstone within the area of Westphalia.

Apart from the above-mentioned institutions, we would like to express our thanks to quite a number of other people for their advice and help in so many cases. In alphabetical order, they are: Michael Hilbert, Münsterbauamt Ulm, Dr. Willi Kramer, Landesarchäologie Schleswig-Holstein, Prof. Dr. Sunhild Kleingärtner and Jun.-Prof. Dr. Ruth Schilling, both Deutsches Schifffahrtsmuseum Bremerhaven.

We are grateful to the members of the advisory board accompanying the research project, Prof. Dr. Elisabeth Kieven, Bibliotheca Hertziana, Rome, Prof. Dr. Martin Warnke, University of Lüneburg, Prof. Dr. Krista de Jonge, Catholic University of Leuven, Dr. Stefan Winghart, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege, Hannover, and Prof. Dr. Konrad Ottenheim, University of Utrecht, for fertile advice, critical questions and constructive discussions.

As the project coordinators of the project promoter Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Dr. Christopher Wertz and Dr. Kerstin Lutteropp constantly provided support and understanding.

We also want to thank those conference contributors and panellists not contributing to the volume: Prof. Dr. Gregor Engels, Prof. Dr. Eyke Hüllermeier, both from the Institute of Computer Science, University of Paderborn, as well as Prof. Dr. Lothar Schilling, University of Augsburg. Our particular gratitude, however, goes out to all the speakers at the conference who with their profound contributions have enriched the here presented volume.

We also express our thanks to the following permanent and temporary staff members of the research project without whose active commitment, both on the large and small scale, the here presented research results would never have been achieved: Dipl.-Ing. Joachim Backes, Julian Beiteke, Dennis Bienkowski, Dr. Teresa Brandt, Paul Duschner M. A., Doris Hartmann M. A., Martin Leser, Wiebke Neuser M. A., Dipl.-Inf. Andreas Oberhoff, Ralf Otte M. A., Kristina Rentschler, Stella Schröder, Marco Silvestri M. A., Prof. Dr. Michael Ströhmer, Sabine Tomas M. A., Marie-Luise Welz M. A., Dipl.-Inf. Gero Zahn.

That now, finally, this volume can appear in the German and the English language is due not least to the meticulous translation work by Dr. Mirko Wittwar and Paul Duschner M. A. as well as the understanding and dedicated supervision of the printing by the employees of the de Gryter publishing house Dr. Katja Richter, Dr. Anja Weisenseel and Arielle Thürmel.

All participants in the project hope to inspire and encourage further research in this field on a factual, theoretical, conceptual and methodological level. Among other things, the initiators are pleased to see that the cooperation project “Weser Sandstone as a Global Cultural Good” has demonstrated the often demanded yet in practice only rarely realized interdisciplinarity in the service of a common topic, via scholarly and interdisciplinary

exchange and most of all due to the productive cooperation of quite differently educated researchers. The results are worth seeing.

Paderborn, Spring 2020

Eva-Maria Seng, Frank Göttmann, Reinhard Keil, Marc Grellert, Mieke Pfarr-Harfst

Anmerkung

- 1 Art. I, 1 UNESCODie Ausschreibung des BMBF-Programms im Frühjahr 2012 gibt u. a. die Fragen vor, „wann und warum bestimmten Objekten Innovationspotential zugeschrieben wird und wie neuartige Objekte sozial und kulturell hervorgebracht werden. Welche Innovationen setzen sich unter welchen Bedingungen durch – weshalb aber werden andere ignoriert, missverstanden oder vergessen? Oder wie wird Technologie über Objekte transferiert und in neuen gesellschaftlichen Kontexten beispielsweise verfremdet?"; <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-738.html> (19.07.2018); Beschreibung der Förderlinie unter: https://www.bmbf.de/pub/Sprache_der_Objekte.pdf (19.07.2018).

WESER-SANDSTEIN – DAS PROJEKT
WESER SANDSTONE – THE PROJECT

Eva-Maria Seng und Frank Göttmann

DAS FORSCHUNGSPROJEKT WESERSANDSTEIN (WESA) UND DIE TAGUNG „DOKUMENT, OBJEKT, GENESE“ IM INTERDISZIPLINÄREN KONTEXT

1. Idee

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte interdisziplinäre Verbundprojekt „Wesersandstein als globales Kulturgut (WeSa) – Innovation in der Bauwirtschaft und deren weltweite Verbreitung in vorindustrieller Zeit (16. – 19. Jahrhundert)“ ging gegen Ende des Förderzeitraums am 10./11. Oktober 2016 mit einer Tagung an der Universität Paderborn an die Öffentlichkeit. Ziel war es zum einen gewesen, das Unternehmen vorzustellen und die erreichten Ergebnisse zu diskutieren. Zum andern sollten diese aufgrund der Vorträge von Kunsthistorikern, Historikern, Informatikern und Architekten in einen weiteren sachlichen, theoretischen und methodischen Kontext eingebettet werden. Die dabei anzusprechenden konkreten Aspekte, Fragen und Vorgehensweisen sollte der Tagungstitel „Dokument, Objekt, Genese. Digital Humanities und Kunst- und Kulturgeschichte. Das Projekt Wesersandstein im interdisziplinären Kontext“ erschließen und repräsentieren.

Das Forschungsprojekt ist der vom BMBF aufgelegten Förderlinie „Die Sprache der Objekte – Materielle Kultur im Kontext gesellschaftlicher Entwicklungen“ verpflichtet, die darauf abzielte, die Genese von Objekten und das damit verbundene Innovationspotential im sozialen Kontext zum Gegenstand geisteswissenschaftlicher Forschung im Verbund mit technikorientierten Disziplinen zu machen.¹ Freilich entspricht dieser Ansatz ganz und gar der Auffassung der Projektinitiatoren, dass jegliche Forschung von dem Gegenstand – durchaus höchst unterschiedlicher Ausprägung – ausgehen muss, an den aktuelle Fragen heranzutragen sind. Diese müssen mittels zu entwickelnder spezieller methodischer Verfahren, notwendig besonders bei einem interdisziplinär angelegten Unternehmen, geklärt und die Ergebnisse dokumentiert werden. Die hier gewählten Begriffe „Dokument, Objekt, Genese“ sprechen die unterschiedlichen Seiten des Forschungs-, Darstellungs- und Vermittlungsprozesses an: So steht „Dokument“ sowohl für das Material als Quelle der Forschung als auch für die Dokumentation und Repräsentanz der Befunde und Ergebnisse. „Objekt“ verweist sowohl konkret auf den materiellen Gegenstand oder immateriell auf das Phänomen oder einen Sachverhalt des Immateriellen als auch auf den komplexen For-

schungsgegenstand als solchen. „Genese“ bezeichnet sowohl dessen historische Dimension als auch den Forschungsprozess selber.

Methodisch spiegelt sich zugleich in jenen drei Begriffen eine übergeordnete Forschungsstrategie, die in jüngerer Zeit unter dem Signum der Digital Humanities theoretisch und praktisch aufgrund informationstechnischer Innovationen neue Wege zu gehen sucht. Denn Digital Humanities initiieren und intensivieren die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen. Das gilt nicht nur auf der Ebene der Arbeitsmittel, -methoden und -organisation, sondern auch hinsichtlich der Formulierung von Forschungsstrategien und integralen Erkenntniszielen. Die sachliche und theoretische Vernetzung unterschiedlicher Disziplinen, Ansätze und Gegenstände also wird in dem vorliegenden Band hinsichtlich ihrer Bedingungen, Möglichkeiten und Grenzen im Umfeld jenes Verbundprojektes erprobt und diskutiert – allgemein auf den Punkt gebracht, geht es so gesehen um: Digital Humanities und Kunst- und Kulturgeschichte.

2. Das Projekt – Anlass

Der Anlass für das Projekt bildeten mehrere mehr oder weniger zufällige archäologische Funde als Ausgangsmaterial – die beiden wichtigsten:

2.1 Befund 1: Das Tor der Zitadelle von Batavia 1629

Im Jahr 1976 machte man vor der westaustralischen Küste einen spektakulären Fund: das Wrack des 1629 gesunkenen Handelsschiffes Batavia der niederländischen VOC (Vereenigde Oostindische Compagnie). An Bord befand sich ein vorgefertigter Bausatz eines Portals, von dem 137 Einzelteile mit einem Gewicht von 37 Tonnen geborgen werden konnten (Abb. 1).

Das entdeckte Portal war von der VOC Amsterdam in Auftrag gegeben worden und für die niederländische Zitadelle in Batavia, dem heutigen Jakarta bestimmt.² Gefertigt war es nach landläufiger Meinung aus Bentheimer Sandstein, gebrochen in Gruben an der heutigen deutsch-niederländischen Grenze. Markierungen auf den Steinblöcken sollten den Aufbau beziehungsweise den Versatz des Tores an seinem Bestimmungsort steuern. Die Amsterdamer Kammer der VOC hatte das Portal am 13. August 1628 bei Amsterdamer Steinmetzen geordert, die dafür Sandstein in Bentheim bestellt haben sollen. Am 28. Oktober stach die Batavia von Texel, dem Überseehafen der VOC, in See in Richtung Südostasien. Den beauftragten Amsterdamer Handwerkern blieben damit ganze zehn Wochen, um einen Portalentwurf auszuarbeiten, das Baumaterial zu bestellen und gegebenenfalls den Bausatz selbst anzufertigen oder anfertigen zu lassen und die Fracht hochseetüchtig zu verladen. Veranschlagt man für die Fahrt von Bentheim nach Texel auf verschiedenen Land- und Wassertransportwegen und Zwischenstationen etwa zwei Wochen, so verblieben für den Planungs- und Fertigungsprozess nur noch acht Wochen.

2.2 Befund 2: Die Steinfunde aus der Havarie von Weserlastkähnen in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts

1995 wurden an der Mittelweserschleife bei der Ortschaft Rohrsen in der Weser zwei gesunkene Lastkähne mit Sandsteinladung entdeckt. Sie konnten 1998/1999 geborgen werden. Es handelte sich dabei um zwei 1769 havarierte Kähne von 3 bis 5 m Breite und 30 und 40 m Länge, deren flachbodige Konstruktion von auffallend starken Hölzern auf spezielle Lastkähne für schwere Transporte hinweist. Die Wracks trugen eine Steinlast ausschließlich grob behauener Sandsteine aus den Brüchen von Obernkirchen. Geborgen werden konnten 77 Stück Blockstein und 15 Brunnenfragmente mit einem Gewicht von rund 40 Tonnen (Abb.2). Der Fund umfasste segmentförmige Brunnenringabschnitte, Sandsteinquader, vermutlich Grabsteine, sowie Sandsteinquader mit Meisterzeichen von Bremer Steinmetzen.³

3. Fragen und Ziele

3.1 Allgemein und übergreifend

Die beiden archäologischen Funde führten zu ineinandergreifenden Fragen, die Ziele und Methoden des Projektes bestimmten: Unter räumlicher Perspektive war der interregionale und weltweite Transport von Fassaden, ganzer Bauten und Bauteilen aus Wesersandstein zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert zu untersuchen. Den Beginn unseres Untersuchungszeitraumes markiert der zunehmende überregionale Steinhandel seit dem 16. Jahrhundert aus den Brüchen insbesondere des Oberwesergebiets und die nachweisbare Frühform eines präfabrizierten Seriensteins; das Ende der Eisenbahnbau und damit die Verlagerung der Steintransporte auf die Schiene in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Als Voraussetzung eines derartigen Transfers war in sachlicher Hinsicht von einer Präfabrikation der Bauelemente und von einem modularisierten Bauen auszugehen. Ein Hauptaugenmerk der Untersuchung lag damit auf dem Thema Präfabrikation, also der teilweisen oder vollständigen Vorabfertigung von Sandsteinelementen im Steinbruch oder in spezialisierten Betrieben fernab der Baustelle.

Transfer und Präfabrikation wiederum basierten auf dem Ineinandergreifen mehrerer Teilbereiche: betriebswirtschaftlich und technisch auf einer Verflechtung der Produktion an unterschiedlichen Standorten, logistisch auf einer stabilen Transportinfrastruktur hinsichtlich der Routen und der Organisation sowie mental und medial auf einem Wissens- und Kulturtransfer. Kurz, das übergeordnete Ziel des interdisziplinären Verbundprojektes richtete sich auf die Erforschung der materiell-technischen, der handels- und betriebswirtschaftlichen und kulturellen Zusammenhänge bei dem Abbau, der Produktion, dem Transport, der Verbreitung und dem Verbau von Sandstein aus dem Oberweser- und Vechtegebiet. Ebenso konnten immaterielle Aspekte herausgearbeitet werden, die implizit wie explizit geradezu in den Stein eingeschrieben waren. Die hier im Mittelpunkt stehenden

nordwestdeutschen Sandsteinvorkommen aus dem Oberwesergebiet und der Grafschaft Bentheim wurden im Projekt unter dem Begriff „Wesersandstein“ zusammengefasst (Abb. 3). Aufgrund seiner hervorragenden Materialeigenschaften wurde er in weiten Teilen des Alten Reiches sowie darüber hinaus in großem Ausmaß als Baumaterial für eine stattliche Anzahl von Bauwerken eingesetzt (Abb. 4). Insofern Materialeigenschaften und Verwendung räumliche Dimensionen aufweisen, konstituieren und integrieren sie einen bestimmten Untersuchungsraum.

Mit der skizzierten Ausrichtung beabsichtigte das Forschungsvorhaben, sowohl im geistes- und kulturwissenschaftlichen Bereich unterschiedliche Perspektiven, die bisher gesondert untersucht worden sind, interdisziplinär zu vereinen (Kunst-, Architektur- und Wirtschaftsgeschichte) als auch durch die Einbeziehung der kontextuellen Informatik und der CAD-basierten Computersimulation der Architekten diesen Ansatz allererst zu verwirklichen. Sachlich, methodisch und theoretisch bedeutete dies eine Verbindung von materiellen und immateriellen Daseinswirklichkeiten und somit eine Gesamtschau der wirtschaftlichen Verflechtungen und des kulturellen Austausches zwischen dem 16. und dem 19. Jahrhundert.

Um Forschungsprozesse zu initiieren und neue Erkenntnisse zu erzielen, wurden höchst heterogene Quellen, Objekte und Medien identifiziert, erhoben, aufbereitet und miteinander in Beziehung gesetzt. Die besondere Herausforderung bestand also in der integrativen Erhebung und Auswertung höchst unterschiedlicher archäologischer, archivalischer, physikalischer, wirtschaftlicher und architektonischer Befunde.

Das Material Sandstein bildete somit den Ausgangspunkt für die Erforschung grenzüberschreitender Bau- und Transferprozesse. Gewissermaßen sollte die Sprache der Sandsteinobjekte in ihrer unterschiedlichen Ausformung entschlüsselt werden. Aufgrund der Sondierungen in der Anfangsphase des Projektes und ergänzt im weiteren Verlauf, erstreckten sich die Forschungen konkret vor allem auf folgende Gebäude: Rathaus Amsterdam, Rathaus Antwerpen, Bremen-Börse, -Gewerbehause, -Schütting, -Stadtwaage, Rathaus Leiden, Bausatz für ein Festungsportal in Batavia/Jakarta (Fremantle, Steine aus dem Wrack der Batavia; Geraldton, Rekonstruktion des Portals von Batavia); sowie Steinprovenienzen: Bentheimer sowie Obernkirchener Sandstein, Sollinger Buntsandstein aus dem dritten geografischen Untersuchungsgebiet des Sandsteinabbaus und -handels. Dieses liegt in Niedersachsen östlich der Weser und umfasst hauptsächlich den heutigen Landkreis Holzminden.

3.2 Präfabrikation und modularisiertes Bauen

Was ist angesichts der aufgeworfenen Forschungsfragen und -ziele unter Präfabrikation zu verstehen? Gewöhnlich nimmt die Kunst- und Baugeschichte das fertige Bauwerk ins Visier, fragt nach dessen Baugenese, d. h. danach, wer den Entwurf erstellt hat, wer der Auftraggeber war, wo der Bauablauf beginnt und wie die Errichtung des Bauwerks vonstat-

ten ging. Die Frage nach dem Material spielte dabei eine nachgeordnete Rolle, da man allgemein davon ausging, dass steinreiche Gegenden in Stein bauten und steinarme Gegenden Fachwerkbauten oder Ziegelbauten errichteten. Materialhandel und Materialbeschaffung schienen dabei nur in höchst begrenztem Maße für Zierformen – wie den Spolien der Antike – aufgrund des Gewichts des Materials sowie der Transportbedingungen möglich zu sein. Für das 19. Jahrhundert und damit die Industrialisierung verbindet man den Begriff der Präfabrikation mit Eisen-Glas-Konstruktionen wie insbesondere dem Kristallpalast in London, der zur ersten Weltausstellung 1851 in Modulbauweise errichtet wurde. Er wurde in weniger als fünf Monaten nach einem Entwurf des Gärtners und Botanikers Joseph Paxton im Londoner Hydepark als eine flachgedeckte Haupthalle mit tonnengewölbter Querhalle aus Gusseisen und Glas errichtet. Der Bau bestand dabei aus vorgefertigten – präfabrizierten – Standardteilen (Säulen, Tragbalken etc. aus Gusseisen, rundbogige Dachbinder aus Lagenholz, Holzsäulen und Flachglasplatten), die auf die Baustelle geliefert und dort zusammengesetzt wurden.⁴

Unsere Forschung nun ging von der These aus, dass das Prinzip einer Errichtung von Bauten durch Präfabrikation schon in der Frühen Neuzeit galt, nämlich im Zeitraum vom 16. bis ins 19. Jahrhundert und damit in der vorindustriellen Zeit. Somit ist Präfabrikation bei diesem Ansatz auch nicht durch die Verbreitung und großtechnische Verwendung von Baumaterialien wie Gusseisen und Glas bedingt, sondern erfolgt mit den traditionellen Baumaterialien Naturstein, Backstein und Holz. Diese Feststellung bedeutete nun aber, dass nicht das schon fertige Bauwerk im Zentrum der Forschungsbemühungen stehen konnte, sondern faktisch der Weg dorthin, wobei gemäß des BMBF-Rahmenprogramms „Sprache der Objekte“ von dessen Material ausgegangen wurde. Daher wurden insbesondere der Verarbeitungsprozess, der Bruch und die Formate der Steine, Halbfertigprodukte, die Bestellvorgänge und Lieferung, Transportwege, Ladekapazitäten und der Finanztransfer in den Blick genommen. Entsprechend setzten die Forschungen nicht beim Auftraggeber, sondern beim Auftragnehmer an, den Stücklisten, der Bestellung von Bauelementen, deren externer Fertigung am fremden Lieferort. Man könnte angesichts einer derartigen Reihung quasi von einer verlängerten Werkbank im Herstellungsprozess von Bauten in der Frühen Neuzeit sprechen. Zentrale Faktoren sind bei einer solchen arbeitsteiligen Fertigungskette die benötigte Zeit beziehungsweise die koordinierten Zeitabläufe, die Transportwege sowie das Netzwerk der beteiligten Akteure. Deren dispositive Fähigkeiten hinsichtlich Planung und Organisation bilden die notwendige Voraussetzung, um derart komplexe Wirtschafts-, Verwaltungs- und Finanzvorgänge bei der Durchführung anspruchsvoller Bauprojekte zu bewältigen. Dass Präfabrikation indessen nicht zu uniformen Bauten führen muss, zeigen die untersuchten Beispiele.

Ist Präfabrikation allein schon ein wichtiges Element eines rationelleren Bauens, so wird dieses Prinzip durch die Zusammenfassung präfabrizierter Elemente zu Baugruppen, Modulen, zugleich aber durch eine Parallelisierung und Bündelung der Bauabläufe in seiner Wirksamkeit gesteigert. Hoher Standardisierungsgrad und Vorfertigung reduzieren die Bauzeit. Produktionsabläufe im Werk – also in unserem Falle Steinbruch und Steinmetz-

betrieb – und auf der Baustelle können parallel oder zeitlich genau aufeinander abgestimmt erfolgen. Es versteht sich von selbst, dass solche Vorteile ohne eine genaue technische Planung des Produktes und der organisatorischen Abläufe nicht realisiert werden können. Die sogenannten dispositiven Fähigkeiten der Hauptakteure bilden einen entscheidenden Faktor bei der Bewältigung komplexer Bauaufgaben.⁵

3.3 Korrespondierende Einzelziele und Perspektiven

Die Forschungsfragen waren in fachlicher Zusammenarbeit zwischen den Kunst- und Wirtschaftshistorikern der Universität Paderborn, denen die grundlegende Aufgabe zukam, die historischen Sachverhalte zu klären und die archivalischen Materialien zu erheben, der Kontextuellen Informatik (Universität Paderborn) und dem Bereich Architektur/Digitales Gestalten (Technische Universität Darmstadt) zu beantworten.

Die Projektpartner der Architektur sollten mittels digitaler Visualisierungstechnologien und speziell digitaler 3D-Modelle die materiellen, immateriellen und archivalischen Quellen zusammenführen und auf dieser Grundlage deren Konsistenz überprüfen. Durch die Verwendung unterschiedlicher digitaler Visualisierungstechnologien, wie zum Beispiel dem photogrammetrischen Verfahren, sollten Bauwerke und deren Fassaden aufgenommen sowie dokumentiert und durch den Abgleich mit archivalischen Quellen neue Erkenntnisräume erschlossen werden. Mit der Erzeugung digitaler 3D-Modelle als Werkzeuge der Wissensgenerierung und damit Forschungstools erhoffte man sich neue Erkenntnisse etwa hinsichtlich der Steingrößen, der These der Vorfabrikation, aber auch zu Transportwegen sowie Personennetzwerken.

Das durch photogrammetrische Aufnahmen generierte Material, die 3D-Simulationen sowie die historischen Quellen sollten durch den Projektpartner Informatik mittels agiler Datenmodellierung an die Bedürfnisse des Projekts angepasst und in einer Datenbank zusammengeführt werden. Die Datenbank war zudem als Unterstützungsumgebung zu konzipieren, welche die projektspezifischen Anforderungen an Eingabeunterstützung, Suchfunktionen und hermeneutischer Close-Reading-Forschungsunterstützung realisierte und letztendlich auch die Möglichkeit zur Präsentation von Forschungsergebnissen bot.

Durch die solcherart zwischen den Partnern verzahnte Forschungsarbeit sollten unterschiedliche Möglichkeiten zur Beantwortung der Forschungshypothesen eine größere Wirkung entfalten können und Verbindungen und Wechselwirkungen analysierbar werden, die sonst nur schwer greifbar gewesen wären.

3.4 Chancen und Grenzen von Untersuchungsverfahren

Im Vorfeld des eigentlichen Forschungsprozesses hatte man sich zunächst mit einigen gängigen Auffassungen auseinanderzusetzen, die bis dahin Bild und Wahrnehmung des Forschungsgegenstandes in der Öffentlichkeit bestimmt hatten. Zudem waren von den beteiligten Disziplinen integrierende Untersuchungsansätze und Darstellungsweisen zu

entwickeln, um dem komplexen Gegenstand gerecht zu werden. Auf derartige Probleme seien nur einige Schlaglichter geworfen und die damit einhergehenden Dilemmata angesprochen:

3.4.1 Die Steine und ihre Mythen

Vielfach finden sich auf den Homepages von Museen, Steinbruchbetrieben und Internet-eintragungen Bauten aufgeführt, deren Bausteine aus einem unserer beiden Hauptherkunftsgebiete Obernkirchen und Bentheim stammen sollten. Das prominenteste Beispiel stellt das Weiße Haus in Washington dar, bei dem Obernkirchner Sandstein als Baumaterial gedient habe, ebenso wie im Falle der Kathedrale von Baltimore. Solche Angaben ließen sich wie auch in anderen Fällen trotz intensiver Recherchen nicht verifizieren.

Überhaupt erwiesen sich Steinprovenienzen aus verschiedenen Gründen als nicht oder nicht eindeutig zuordenbar: Zum ersten wurden Steine unterschiedlichster Provenienzen an ein und demselben Bauwerk versetzt; klärende Materialproben müssten demnach von jedem Stein genommen werden. Zum zweiten ist ein Großteil der historischen Brüche heute geschlossen, weshalb in der Regel kein Abgleich zwischen Steinprobe und Steinbruch erfolgen kann. Eine weitere Schwierigkeit besteht zum dritten darin, dass sich innerhalb eines Steinbruches häufig verschiedene mineralogische Zusammensetzungen nachweisen lassen. Gerade an unserem Ausgangsbeispiel des Bataviaportals stellten sich diese Ungewissheiten als evident heraus: Die vorliegenden untersuchten Materialproben stammen allesamt nicht vom Bausatz, sondern von zusätzlich im Museum von Fremantle (Australien) vorhandenen Steinen, deren Verwendungszweck und Bezug zum Portal nicht geklärt sind beziehungsweise sich nicht klären lassen.⁶ Das bedeutet, dass die rein mineralogische Steinprovenienz als Faktor der Klärung des überregionalen Bauprozesses nur bedingt taugte.

3.4.2 Möglichkeiten und Grenzen der 3D-Visualisierungen

Die Photogrammetrie ermöglicht bei bestehender historischer Bausubstanz beziehungsweise bei architektonischen Objekten die Identifizierung und Vermessung von Einzel-elementen, von deren Häufigkeit, deren Maßen, deren räumlicher Lage und dreidimensionaler Gestalt etc. Auf der Grundlage solcher Befunde können mittels Simulationen gegebenenfalls Überlieferungslücken geschlossen und virtuelle Rekonstruktionen erstellt werden, die freilich einer intensiven Quellenkritik unterzogen werden müssen. So setzt etwa eine photogrammetrisch nicht erfassbare Gesteinstiefe im Mauerverbund einer 3D-Visualisierung deutliche Grenzen. Diese bildet lediglich den Ist-Zustand des Gebäudes ab, dessen historische Genese und Veränderungen aber erst noch nachvollzogen werden müssen. Andererseits bietet eine Visualisierung freilich die Chance, ein verlorenes Bauwerk sozusagen wieder erstehen zu lassen, sofern geeignetes archivalisches Quellenmaterial – Pläne, Risse, Materiallisten – vorliegt und auch Informationen zu Standardmaßen

von verwendeten Steinen und architektonischen Trage- und Zierelementen zu erhalten sind. Kurz, die virtuelle Rekonstruktion birgt die grundsätzliche Möglichkeit, archivalische Überlieferungslücken auf indirektem Wege über eine animierte Simulation schließen zu können.

3.4.3 Interdisziplinarität unter der Perspektive der Digital Humanities

Die Forschung des hier vorgestellten Projekts wie auch die im vorliegenden Band dokumentierte Abschlusstagung beruhen auf der Zusammenarbeit zwischen Vertretern der Wirtschafts-, Kunst- und Kulturgeschichte, Informatik und Architektur. Diese Zusammenarbeit verwirklicht sich unter den Vorzeichen der sogenannten Digital Humanities, und zwar nicht einfach formal aufgrund der Verwendung von Mitteln und Verfahren der Informationstechnologie, sondern als theoretisches und methodisches Instrumentarium der Vernetzung von Wissenschaftlern, Methoden und Gegenständen zur Generierung von Befunden, Erkenntnissen und Einsichten, welche auf andere Weise bislang kaum erreichbar schienen, und deren Dokumentation und Präsentation.

Konkret bestand eines der Ziele in der fachübergreifenden Erarbeitung der oben schon erwähnten multifunktionalen Datenbank als digitales Forschungstool mit vielfältigen Visualisierungsmöglichkeiten, wobei nach Möglichkeit eine Überwindung der Grenzen von Fachsprachen und Denkweisen geleistet werden sollte. Allerdings taten sich dabei zwei scheinbare Widersprüche zwischen den herkömmlichen historischen Methoden und Aussagen und der Informationstechnik/Kontextuellen Informatik auf:

Erstens erzeugten die Grundlagen, Arbeitsweisen und Ziele der Informatik einen Zwang zur Eindeutigkeit historischer Aussagen für die Entwicklung und Konstruktion einer Datenbank sowie das Einpflegen historischer Befunde (BIT-Logik: „0 oder 1“, kein $\frac{1}{2}$ möglich). Das bedeutet einen Verlust von Interpretationsspielräumen für den Historiker, der aufgrund des Charakters seiner Quellen mit Aussagewahrscheinlichkeiten unterschiedlichen Grades arbeiten muss. In der Konsequenz müssen folglich Konjunktive wie Varianzen, Wahrscheinlichkeiten, Wertungen, ja Spekulationen den technischen Vorgaben der Software angepasst werden und verändern so ihren Aussagestatus in Richtung einer, letztlich zweifelhaften, Eindeutigkeit. Auf der anderen Seite freilich ermöglicht die Datenbank eine Vorstrukturierung großer Datenmengen nach Variablen wie Maßangaben und Datierungen und deren automatisierte Konvertierung beziehungsweise Vereinheitlichung sowie eine Vernetzung von Personen und Objekten mittels Transaktionen.

Des weiteren kann das digitale Gestalten vorher nicht sichtbare Zusammenhänge offenlegen, zumindest die Thesenbildung darüber evozieren, günstigenfalls zu einer historischen Typenbildung beitragen. Eine Visualisierung historischer Befunde ist aufgrund von Überlieferungslücken tendenziell mehrdeutig (Beispiel Kran- und Schiffs-Rekonstruktionen⁷). Modelle und Rekonstruktionen basieren in den meisten Fällen auf Annäherungen und Idealtypen, die eine mehr oder weniger hohe Plausibilität für sich in Anspruch nehmen können.

Wie ist mit den genannten Widersprüchen methodisch umzugehen? Folgende Lösungsstrategien wurden im interdisziplinären Diskurs verfolgt: Zunächst gehörte dazu die Schaffung von historisch fundierten Plausibilitäten im virtuellen Raum. Die (Re-)Konstruktion historischer Umgebungen unterliegt dabei einer eigenen strengen Sachlogik, welche einzelne Objekte, Akteure und deren Transaktionen in immanente Zusammenhänge bringt. Somit entstehen neue Experimentierfelder, auf deren Grundlage erst eine Verifizierung beziehungsweise Falsifizierung von Forschungsthese jenseits der individuellen Vorstellungskraft einzelner Historiker möglich ist.

Derartige systemimmanente Logiken werfen sodann in der Regel neue, bisher unbeachtete Fragestellungen auf. So beschäftigte uns sehr intensiv das Problem der Plausibilität von Befrachtungstechniken beim Schiffstransport nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten und wechselnden topographischen Gegebenheiten – eine zentrale logistische Frage für das Funktionieren des vernetzten Bauprozesses.

Resümierend, das ist die Erfahrung aus der Zusammenarbeit im Forschungsprozess, führt Interdisziplinarität insgesamt über einen multiperspektivischen Ansatz zu einem hohen Näherungsgrad an die wünschbare sachliche Objektivität, die verbunden ist mit einem hohen Maß von Transparenz des gesamten Forschungsgeschehens aufgrund der begleitenden ständigen Dokumentation der Forschungsmittel und -verfahren. Das bedeutet zudem eine Überwindung diverser methodischer Blindheiten und somit nicht zuletzt eine Gewinn an hermeneutischer Reflektiertheit.

4. Forschungslage

4.1 Wirtschafts- und Kunstgeschichte

In der wissenschaftlichen Forschung wird bereits seit längerer Zeit die wirtschaftliche Bedeutung des Weserhandels für die Region der ehemaligen Grafschaften Schaumburg, aber auch für die Hansestadt Bremen untersucht. Allerdings wurde dem durch den Handel mit dem Baumaterial Sandstein angeregten interkulturellen Austausch weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Noch in den 1980er Jahren stellte beispielsweise Heinrich Rüthing fest, dass die Weser als kostengünstige Transportmöglichkeit keinen weitreichenden Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung dieser Region gehabt habe.⁸ Derartige Auffassungen wurden erst durch die Arbeiten des Weserrenaissance-Museums Schloss Brake für die im Jahr 2000 eröffnete Ausstellung „Weser – Einfluß in Europa“ kritisch beleuchtet. Der Ausstellungskatalog⁹ sowie der Tagungsband¹⁰ dienten dem Forschungsprojekt als Ausgangspunkt für die eigenen Untersuchungen. Die Bedeutung des Sandsteins für die Wirtschaftskraft von Holstein-Schaumburg greift der Artikel von Georg Heil auf.¹¹ Dieses Handelsgut aus dem Oberwesergebiet lässt sich demnach schon in der beginnenden Neuzeit bis in die heutigen Niederlande, Belgien, Skandinavien oder Polen nachweisen.¹² Auf den späteren Zeitraum beziehen sich insbesondere die Dissertation von Paul Hündorf¹³ zur Struktur der Obernkirchener Steinhauerzunft sowie die Arbeiten Johann Fockes¹⁴ zu den Bremer Werk-

meistern. Die Publikation von Rudolf Krumsiek¹⁵ gewährt Einblick in die wirtschaftliche Bedeutung der Sandsteinbrüche für den jeweiligen Landesherrn bis ins 19. Jahrhundert. Die Forschung zum transregionalen Handel mit Bentheimer Sandstein gründet sich insbesondere auf die Arbeiten von Heinrich Voort, der in zahlreichen Aufsätzen über die Verbreitung des Bentheimer Sandsteins sowie die Organisation seines Abbaus schrieb.¹⁶ Der Wissens- und Materialtransfer, insbesondere in das Gebiet der heutigen Niederlande, stellt einen Schwerpunkt der Arbeiten von Koen Ottenheim und Krista de Jonge dar, die zusammen die Schriftenreihe *Architectura Moderna* herausgeben.¹⁷ Diese Arbeiten bildeten den Ausgangspunkt, um kulturelle Transferleistungen auch im Rahmen des Handels mit Obernkirchener und Bentheimer Sandstein zu untersuchen. Darüber hinaus wurden niederländische Forschungsergebnisse zur Netzwirkbildung im Steinhandel und in der Steinbearbeitung rezipiert und als Beispiele für die eigenen Forschungsfragen herangezogen.¹⁸ Die neuesten Veröffentlichungen über die wirtschaftliche Bedeutung des Sandsteinhandels im Gebiet von Weser und Vechte sowie über den Transfer von Wissen und architektonischer Formensprache wurden über die gesamte Projektlaufzeit weiterverfolgt und flossen zusammen mit der Auswertung der archivalischen Quellen in die projekteigenen Forschungsergebnisse ein.

4.2 Architektur

Digitale 3D-Modelle werden als Medium der Vermittlung von Forschungsergebnissen im Kontext des kulturellen Erbes bereits seit über 30 Jahren eingesetzt. Obwohl als Vermittlungsmethode etabliert, steht die Diskussion über deren Verwendung in wissenschaftlichen Geneseprozessen und als Forschungswerkzeug noch am Anfang.¹⁹ Es existieren derzeit weder verbindliche Standards, Vorgehensweisen oder Methodologien noch standardisierte Verfahren in Bezug auf einzelne Forschungsfragen.²⁰ Lediglich im Bereich des SFM-Verfahrens (Structure-From-Motion) findet man erste Schritte einer Standardisierung durch die Einführung und Verbreitung notwendiger Software. Das heißt aber, dass die inhaltliche wie auch technische Vorgehensweise und Methodik im Forschungskontext stets neu angepasst und hinterfragt werden müssen.²¹ Ebensowenig kann auf Standardwerke in der Fachliteratur zurückgegriffen werden, vielmehr erfolgt der Austausch innerhalb dieser sehr jungen wissenschaftlichen Disziplin über den persönlichen Kontakt zwischen den Wissenschaftlern zum Beispiel auf Kongressen und Tagungen²² oder über die aus diesem Anlass veröffentlichten Publikationen.

4.3 Informatik

Als Hauptaufgabe der Projektpartner aus der Kontextuellen Informatik war vorgesehen, eine forschungsunterstützende Datenbankstruktur zu schaffen und spezielle Forschungswerkzeuge zur Verfügung zu stellen. Sachlich war die Quellenerschließung aus der Kunst- und Wirtschaftsgeschichte leitend. Deren Ergebnisse waren möglichst vollständig in eine

speziell implementierte relationale Datenbank aufzunehmen, wobei jedoch eine spätere Anpassung möglich sein sollte. Dieser Ansatz wurde modifiziert, und zwar zugunsten der „agilen Datenmodellierung“ im Rahmen der Open Source Web-Anwendung Omeka (omeka.org), eines auf Speicherung digitaler Sammlungen spezialisierten, webbasierenden Content Management Systems. Dies musste unter den spezifischen Bedingungen des WeSa-Projektes durch inhaltsneutrale Forschungsunterstützungswerkzeuge zur vertiefenden Datenanalyse unter Einbeziehung von Elementen einer „agilen Datenmodellierung“ ergänzt werden. In Digital Humanities Projekten wird dies häufig erforderlich durch zum Teil erst spät im Projektverlauf erzielte beziehungsweise gegebenenfalls erweiterte Quellenbefunde und darauf basierende veränderte oder auch neue Forschungshypothesen.²³ Grundsätzlich stützt sich die Realisation einer derartigen Umgebung zur Forschungsunterstützung aus Sicht der Kontextuellen Informatik auf die Theorie der hypothesengeleiteten Technikgestaltung. Kern ist hierbei, dass beim interaktiven Umgang mit Computern erzwungene Sequenzialität nach Möglichkeit zu vermeiden beziehungsweise zu reduzieren ist.²⁴ Kurz, die für das WeSa-Projekt relevante Forschungslage im Bereich der Informatik ist gekennzeichnet zum einen durch das Content Management System Omeka, zum anderen durch das Verfahren der „agilen Datenmodellierung“.

5. Methoden und Verfahren

Die oben dargelegten Forschungsfragen repräsentieren ein komplexes Bündel vielgestaltiger Objekte, Sachverhalte und Personenbeziehungen. Um diese vernetzten Faktoren zu erfassen und in komplexen Zusammenhängen zu analysieren, erschien in methodischer Hinsicht die Modellierung der Bau- und Transportprozesse als sehr aussichtsreich für den Erkenntnisfortschritt. Konkret dienen photogrammetrisch und informationstechnisch erstellte virtuelle Bild- und Datenmodelle als Forschungstools, um etwa Steine und Bauteile, Bauabläufe und Bauverfahren zu identifizieren und zu erklären. Um freilich das Material und die Ergebnisse der Forschungen strukturiert dokumentieren und präsentieren zu können, war die schon erwähnte Datenbank einzurichten, welche insbesondere mit zusätzlichen integrierten informationstechnischen Werkzeugen ihrerseits zu einem zentralen Forschungsinstrument wurde.

5.1 Photogrammetrik und virtuelle Rekonstruktion

Im folgenden werden darauf beziehungsweise sowohl der technische als auch der wissenschaftliche Stand kurz umrissen und die jeweiligen Wissensquellen dargestellt. Als technische Grundlage wurde auf gängige SFM-Verfahren (Structure-From-Motion) und die dafür zur Verfügung stehende Software²⁵ zurückgegriffen. Diese damit verbundene Vorgehensweise, das Einlesen der Bilder in die entsprechende Software und die Verarbeitung zu einer Punktwolke, ist ein weitgehend automatisierter Prozess, der auch bereits umfassend in der Literatur beschrieben worden ist.²⁶

In Bezug auf die Weiterverarbeitung der Punktwolken in 3D-Modellierungsprogrammen und die damit verbundenen Herausforderungen konnte sowohl in der Methodik als auch auf technischer Ebene auf Erfahrungswerte vorangegangener Projekte Bezug genommen werden. Als Beispiele hierfür sind einige am FG DDU (Fachgebiet Digitales Gestalten der Technischen Universität Darmstadt) durchgeführte Projekte zu nennen, in denen die Kooperationspartner ihre Forschungsergebnisse in Form von Punktwolken zur Verfügung gestellt haben und diese als Grundlage für die weitere Rekonstruktion des jeweiligen historischen Gebäudes verwendet wurden.²⁷

Die Besonderheit des WeSa-Projektes bestand allerdings darin, die Punktwolken in sogenannte Blockmodelle zu transferieren, um später daraus die Steinlisten generieren und Einzelsteine identifizieren zu können. Diese Blockmodelle wurden durch individuelles Programmieren geeigneter Schnittstellen (Skripten) gelöst; auf vorhandene Lösungen konnte hierbei nicht zurückgegriffen werden (Abb. 5 und 6). Dies war letztlich nur möglich aufgrund der großen einschlägigen Erfahrungen der Mitarbeiter am FG DDU und deren Kompetenz im Umgang mit der Programmierung solcher Schnittstellen in 3D-Programmen.

Die Anbindung der 3D-Modelle an die Datenbank erfolgte über eine WebGL-Technologie (Web Graphics Library), die ebenfalls in vorangegangenen Forschungsprojekten²⁸ angewandt worden war. Auch hier beruht das Gelingen auf der langjährigen Erfahrung auf dem Gebiet der 3D-Modelle am FG DDU. Dieses Vorgehen wurde ergänzt durch den engen Austausch und steten Abgleich mit der am Projekt beteiligten Informatik hinsichtlich der Datengrößen und weiteren technischen Details sowie der Implementierung in die Datenbank.

Wie bereits oben (4.2) erwähnt, steht die wissenschaftliche Erkenntnis in Bezug auf die Verwendung digitaler 3D-Modelle als Forschungswerkzeug im Anwendungsgebiet noch am Anfang. Im Projekt WeSa wurden in Bezug auf die Fassadenmodelle als auch die Transportwege virtuelle Räume geschaffen, in welche die Forschungen eingebettet werden konnten.

5.2 Die WeSa-Datenbank

Ein grundsätzliches Problem bei dem skizzierten mehrdimensionalen Vorgehen bestand aufgrund der heterogenen, verschränkt sachlich-textlichen Quellenlage für die interpretatorisch notwendige Integration der Einzelbefunde. Daher musste gewährleistet sein, Untersuchungsverfahren während des Forschungsprozesses fortwährend an den sich verändernden Kenntnisstand anzupassen und entsprechend modifizieren zu können. Um diesen Bedingungen möglichst Rechnung zu tragen, folgten wir dem von der Informationswissenschaft entwickelten Prinzip der sogenannten Agilen Datenmodellierung. Diese erlaubt es, die Mehrdeutigkeit der Daten aufgrund der heterogenen Quellenlage zu erfassen und der Interpretation zugänglich zu machen. Dieses erforderte zum einen, die Kommunikationsfähigkeit zwischen den beteiligten Disziplinen fachlich und begrifflich herzustellen. Angesichts einer Quellenlage, die sich erwartbar ständig qualitativ und quantitativ ändern konnte, mussten zum zweiten die entwickelten Werkzeuge und die Speicherstrukturen

inhaltlich und bezüglich des Kontextes neutral gehalten werden. Zum dritten waren die Eingabemasken so zu strukturieren, dass durch eine gestufte Erfassung der Quelleninformationen sozusagen deren Komplexität reduziert wurde und die so freigelegten Einzelkomponenten einer automatischen Weiterverarbeitung zugänglich gemacht wurden oder umgekehrt eine komplexe Suchroutine eingesetzt werden konnte. Und schließlich musste zum vierten die Datenbank je nach den sich im Zuge des interdisziplinären Forschungsprozesses ergebenden Anforderungen flexibel weiterentwickelt werden können.²⁹

Für das Forschungsprojekt WeSa konkret realisiert wurde dieses Konzept in Form einer koaktiven Datenbank, die für jeden interessierten Forscher auf der Webseite des Arbeitsbereiches Kulturerbe an der Universität Paderborn erreichbar ist.³⁰ In der an die Bedürfnisse des Projekts angepassten Omeka-Datenbank werden Ergebnisse präsentiert und die archivalischen Quellengrundlagen dokumentiert. Das durch photogrammetrische Aufnahmen generierte Material sowie die 3D-Simulationen und Digitalmodelle sind ebenfalls aufgenommen. In der Datenbank können sowohl die im Forschungsprojekt erarbeiteten Ergebnisse und die entsprechenden Grundlagenmaterialien eingesehen werden als auch, nach persönlicher Anmeldung, auf Daten und Materialien für eigene Forschungsarbeiten zugegriffen werden.³¹

6. Ergebnisse

Als übergeordnetes Ziel hatte sich das WeSa-Projekt die Erforschung der wirtschaftlichen und kulturellen Zusammenhänge bei Abbau, Produktion, Transport und Verbau der unter dem von uns geprägten Oberbegriff „Wesersandstein“ zusammengefassten Sandsteine aus dem Oberweser- und Vechtegebiet vorgenommen. Während der dreijährigen Forschungszeit wurden Ergebnisse generiert, welche exemplarisch diese Zusammenhänge über drei Jahrhunderte (1560–1850) hinweg sichtbar machen. Dabei wurden anhand von fünf ausgewählten Referenzobjekten (Rathaus von Antwerpen, Rathausfassade Leiden, Sandsteinportalfund des Batavia-Wracks, Königlicher Palast Amsterdam (ehem. Rathaus), Bremer Börse in zwei Ausführungen) alle Arbeitsschritte vom Abbau des Materials bis zum endgültigen Verbau der Sandsteine verfolgt. Nicht zuletzt erlaubte die detailreiche Rekonstruktion der beiden etablierten Haupttransportwege (Ost- und Westschiene) in einer bisher unbekanntem Tiefenschärfe die Diskussion neuer logistischer Fragen und Hypothesen (Abb. 7). Dazu trugen auch die Erstellung umfangreicher Bau-Chronologien und die Erarbeitung einer Datenbasis für die virtuelle Modellierung von Transportfahrzeugen und -wegen entscheidend bei. Vor diesem Hintergrund konnten die Forschungsfragen nach Formen der Präfabrikation ebenso untersucht werden wie die wirtschaftshistorischen Zusammenhänge zwischen Planung, Logistik und Handel des Sandsteins. Über die Betrachtung personeller Netzwerke wurden darüber hinaus die Mechanismen des kulturellen Austauschs sichtbar gemacht. Die Projektarbeiten lieferten aber ebenso Erkenntnisse über die Art der Verarbeitung und gingen der Frage nach, welche technischen und künstlerischen Fähigkeiten mit dem Stein transportiert, amalgamiert und weiterentwickelt wurden.

Mit dem Stichwort Vernetzung können alle Arten von Beziehungen im erfassten Raum beschrieben werden – hinsichtlich Transport, Verkehr, geschäftlicher Zusammenarbeit, Finanzen, Kommunikation etc. Anders gewendet, steht also dahinter auch immer die Frage der Integration von Räumen und deren Einordnung in ein größeres Raumgefüge. Diese Perspektive konnte im Projekt vorerst nicht eigens thematisiert werden und musste vernachlässigt werden. Gleichwohl können im einzelnen etwa die erreichten Ergebnisse zur Korrespondenz von Maßen und Währungen, zu Marktbeziehungen und Finanzgeschäften Ansatzpunkte bieten, die Ergebnisse des Projektes auf wirtschaftsräumliche Gesichtspunkte auszuweiten und dabei auch nach Wirtschaftswachstum und -konjunktur zu fragen.³²

Ähnliches gilt hinsichtlich des Themas Transport, eine der raumbildenden Konstituenten: An mannigfaltigen Stellen gewähren die im Projekt sichtbaren Befunde und erreichten Ergebnisse Einsichten in die Zusammenhänge zwischen Transportsystem, -infrastrukturen, -mittel und -technik. Transport bildete einen wesentlichen Faktor vorindustrieller räumlicher Arbeitsteilung, wirtschaftlicher Entwicklung und wirtschaftlichen Wachstums.³³ Die abgestimmte Kombination von Land-, Fluss- und Seetransport kennzeichnet auf eigenständige Weise die im WeSa-Projekt untersuchte überregionale Bauwirtschaft. Es wäre also verfehlt, die Transportverhältnisse als isolierten Tatbestand zu betrachten.

Im folgenden sollen die Ergebnisse, gegliedert nach methodischem Zugriff und Sachthemen, zusammenfassend beschrieben werden. Im Detail werden das Vorgehen und die Ergebnisse der Forschungen in Sektion 1 des vorliegenden Sammelbandes dargestellt.

6.1 Interdisziplinarität

Die im WeSa-Projekt durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erzielten Ergebnisse tragen dazu bei, die im Sandstein eingeschriebenen Praktiken und Bedeutungen zu entschlüsseln. Die Betrachtung der gesamten Kette von Abbau, Produktion, architektonischer Ausformung bis hin zum Verbau machte die Verbindung fachlich unterschiedlicher Herangehensweisen nötig, die zu einem Mehrwert an Erkenntnissen geführt haben. Die Untersuchung der Entwicklung des Umgangs mit dem Baumaterial Sandstein über mehrere Jahrhunderte hinweg ermöglichte, wie von der Förderlinie vorgegeben, neue Aussagen zur „Materiellen Kultur im Kontext gesellschaftlicher Entwicklungen.“³⁴ Vom materiellen Steinobjekt ausgehend, konnten von Wirtschafts- und Kunsthistorikern, Architekten sowie Informatikern bislang offene Forschungslücken hinsichtlich der Organisation und Praxis von Bauwirtschaft in der Frühen Neuzeit geschlossen werden.

Das Forschungsdesign des Projektes war von Anfang an interdisziplinär angelegt. Alle beteiligten Fachbereiche arbeiteten jederzeit Hand in Hand und trugen gemeinsam zum Erkenntnisgewinn im Forschungsdiskurs bei. Eine derartige Herangehensweise an das Forschungsproblem ermöglichte einen umfassenden und neuen Zugriff, der die Schwächen und Stärken der einzelnen Disziplinen aufgriff und durch wechselseitige Unterstützung ausglich.

Das Team der Kunst- und Wirtschaftsgeschichte recherchierte durch zahlreiche Besuche nationaler und internationaler Archive sowie Museen und Bibliotheken die notwendigen Quellenbestände. Anschließend wurden diese aufgearbeitet und in die WeSa-Projekt-datenbank eingearbeitet. Die Architekten-Gruppe fertigte am Ort photogrammetrische Aufnahmen der untersuchten Bauwerke und Einzelobjekte an und rekonstruierte diese im virtuellen Raum. Die Informatik band parallel hierzu alle einlaufenden Informationen in eine eigens für das Forschungsprojekt modifizierte Omeka-Datenbank ein. Sie diente als virtuelle Forschungsumgebung, die es den beteiligten Wissenschaftlern erlaubte, gemeinsam und simultan an einer Fragestellung zu arbeiten, da alle Ergebnisse der Untersuchung in der Datenbank gebündelt wurden. Durch die Entwicklung und Einbindung neuer Forschungstools sowie die automatisierte statistische Auswertung der erhobenen Massendaten erlaubt sie darüber hinaus, heute wie künftig weiterführende Ergebnisse zu gewinnen.

6.2 Abbau, Planung, Logistik, Verbau

Der gemeinsame Projektbereich Kunst- und Wirtschaftsgeschichte untersuchte alle Arbeitsschritte vom Abbau der Steine über Planungs- und Logistikfragen bis hin zu deren Verbau am Gebäude. Eine systematische Vorfertigung von Sandsteinelementen konnte bei allen fünf Untersuchungsobjekten nachgewiesen werden. Über nahezu zwei Jahrhunderte hinweg, zwischen den 1560er bis 1740er Jahren, wurden auf Bestellung Sandsteinelemente vorgefertigt und bis zur Baustelle transportiert. Dies erforderte ein ausgeklügeltes Transport- sowie Planungssystem. Die Steine wurden in den Brüchen gebrochen und grob zuge schlagen, dort oder auf den speziellen Umschlagpunkten weiterverarbeitet und termingerecht an die Bauherren geliefert. Wenn am eigentlichen Bestimmungsort die nötige Expertise fehlte, konnten Architekturformen, Umbau- sowie Baumaßnahmen bis ins Detail vorgeplant und umgesetzt sowie das nötige Baumaterial geliefert werden. Die Handelspreise des Steines bildeten sich in den Einflussphären der jeweiligen Landesherren oder der Städte entlang der Handelsrouten. Die Obrigkeiten waren daran interessiert, den Preis des Steines bei eigenen Bauprojekten niedrig zu halten, das einträgliche Exportgut Sandstein aber zu möglichst hohen Preisen weiterzuverkaufen.

Neben all den bereits genannten Aspekten spielten auch umwelthistorische Implikationen eine wichtige Rolle, zumal der Sandsteintransport auf der Binnenroute über Flüsse sowie ab Bremen-Lehe, Texel oder Amsterdam über offenes Meer stark von klimatischen sowie von saisonalen Witterungsverhältnissen beeinflusst war.

6.3 Personennetzwerke

Im Zuge der Forschungsarbeit wurden auch die Netzwerke der beteiligten Akteure erstmalig eingehend untersucht. Diese interpersonellen Zusammenhänge wurden mithilfe des eigens für die Datenbank entwickelten „Netzwerkanalysetools“ aus den in die Datenbank

eingepflegten Daten rekonstruiert, analysiert und visualisiert. So konnten auch die Bedeutung und Auswirkung persönlicher Netzwerke dargestellt und untersucht werden. Der bedeutende Einfluss solcher Beziehungen ließ sich für alle Untersuchungsobjekte beobachten. Über die Untersuchung vernetzter Beziehungen konnte nachvollzogen werden, wie Formensprachen der Architektur und das Wissen über den technischen Umgang mit dem Material Sandstein transferiert, gegebenenfalls nach den örtlichen Erfordernissen modifiziert und angepasst wurden. In den Beziehungen zwischen den Akteuren wurden aber auch immer wieder wirtschafts- und handelspolitische Interessen sowie die Umstände der Auftragsvergabe greifbar. Mit anderen Worten repräsentieren diese Aktivitäten einen kulturellen Austausch, der in der Verbreitung von Maßvorgaben, Architekturzeichnungen und Bearbeitungstechniken seinen sichtbaren Ausdruck fand. Kurz, es zeigte sich während der Forschungsarbeit im WeSa-Projekt, dass persönliche Netzwerke einen Grundstein für die erfolgreiche Auswahl von Geschäftspartnern bildeten sowie zur Vermittlung von Wissen über regionale Zusammenhänge hinweg beitrugen.

6.4 Visualisierung und Photogrammetrie: Bauten, technische Anlagen, Karten

Das Potential digitaler Rekonstruktionen durch die Architektengruppe bestand darin, Erkenntnisse interdisziplinärer Forschungsprozesse zu fusionieren, zu verdichten und aufgestellte Thesen mit Hilfe von Modellen zu überprüfen. Der Einsatz von 3D-Modellen ging durch die Entwicklung von Forschungstools über die reine Visualisierung von Bauwerken hinaus. Heterogenes Material von historischen Schriftquellen, Planzeichnungen, Fotografien bis hin zu digitalem Datenmaterial wurde zusammengeführt und interpretatorisch verknüpft. So können die eingesetzten 2D- und 3D-Visualisierungen als erweiterte Wissensräume verstanden werden, mit denen sich neue Perspektiven auf Vorfabrikation, Steinmaße und Transportwesen eröffneten und dadurch auch neue Erkenntnisse ermöglichten. Maßgeblich wurden drei Schwerpunkte behandelt:

- 1) Bauwerksanalyse und -rekonstruktion: Nach der photogrammetrischen Aufnahme wurden die untersuchten Gebäude unter Einbeziehung der überlieferten Quellenlage bis in einzelne Steinlagen hinein digital rekonstruiert und analysiert. Die daraus generierten Fassaden und ihre Sandsteinelemente wurden für die Einbindung in die Projektdatenbank hierarchisch strukturiert und mit Nomenklaturen versehen und klassifiziert.
- 2) 3D-Visualisierung von Schiffstypen, deren Beladung sowie die Rekonstruktion von Verladeplätzen: Die Transport- und Verladetechnik und deren topographische Verortung wurden mit Hilfe einer digitalen Rekonstruktion im virtuellen Raum durch 3D-Modelle erforscht, ein innovativer Ansatz, der aufgrund teilweise fehlender Archivadokumente neue Erkenntnisse für die Erforschung der Transportmittel und Beladesituationen erbringen konnte. Aus derartigen Visualisierungen ergab sich zusammen mit den Ergebnissen der archivalischen Quellenrecherche ein Gesamtbild der Organisationsstrukturen des Steinhandels und somit eine wichtige Teilantwort auf die Frage nach der Vorfabrikation und deren Logistik in vorindustrieller Zeit.

- 3) Animierte Karten als 2D-Visualisierung: Um die unterschiedlichen Vertriebswege und damit die Wege des Steines zu visualisieren, wurden animierte Karten mit Symbolen und Originalquellen entwickelt. Diese 2D-Visualisierungen können daher als räumlich-visuelles Arrangement verstanden werden, dessen Ziel es war, die Prozesskette zu einer Baumaßnahme, ausgehend von der Bestellung des Sandsteins über den Abbau, den Transport zu Land, die Weiterverarbeitung und den Transport zu Wasser bis hin zum Verbau auf der Baustelle zu visualisieren. Die einzelnen Schritte sind als Kurzsequenzen eines Gesamtfilms in der Datenbank abrufbar.

Die drei Schwerpunkte machen deutlich, dass erst in der Gesamtheit technischer und inhaltlicher Aspekte der Mehrwert solcher digitaler Verfahrens- und speziell digitaler 3D-Visualisierungstechniken sichtbar wird. Bei dem angewandten Verfahren kam nicht nur eine Visualisierungstypologie zum Einsatz, sondern eine Kombination mehrerer. Voraussetzung dafür war der enge interdisziplinäre Austausch und Rückkopplungsprozess zwischen den beteiligten Projektpartnern zu jeder Zeit dieses Verfahrens.

Digitale Rekonstruktionen und Visualisierungen der untersuchten Objekte und Sachverhalte schufen mithin die Grundlage, Thesen zu falsifizieren oder zu verifizieren, was alleine durch das Quellenstudium nicht hätte erreicht werden können. Dies betraf etwa Fragen zu Beladungssituationen, Beladungsarten oder Steinverarbeitungstechniken.

6.5 Vernetzung und komplexe Auswertung der Forschungsbefunde qua Datenbank

Die eigens entwickelte Datenbank auf Omeka-Basis bietet in einem Datenpool rund 12.000 Einträge. Zahlreiche Detailinformationen dokumentieren nicht allein die neuesten Erkenntnisse über die vorindustrielle Präfabrikation von Architekturbauteilen und Bauwerke, sondern auch die wirtschaftliche Infrastruktur des internationalen Sandsteinhandels in Nordwesteuropa. Digitale Rekonstruktionen, Animationen und Modelle von frühneuzeitlicher Architektur, Fahrzeugen, Schiffen, Hafenanlagen, Kränen des 16. bis 19. Jahrhunderts unterstützen dabei die wissenschaftliche Analyse archivalischer Befunde aus dem historischen Quellenstudium. Digitale Visualisierungen ermöglichen es, historische Zusammenhänge in ihrer ganzen Komplexität besser zu erfassen und mit bisher unbekannter Tiefenschärfe im virtuellen Raum zu analysieren. Mit Hilfe neuer Forschungstools, die der Datenbank beigelegt sind, können beispielsweise die in den Schriftquellen überlieferten Maße von Blocksteinen und Halbfertigprodukten in heutigen Bauaufnahmen von Sandsteinfassaden wiederentdecken und deren Transportgeschichte am Computer bis in die Steinbrüche hinein zurückverfolgt werden. Die hierdurch wesentlich erweiterte Baugeschichte von Referenzobjekten, die vom Projektteam in Amsterdam, Antwerpen, Fremantle, Geraldton, Leiden oder Bremen untersucht wurden, lässt sich bei Bedarf als Einzeldokument (Bau-Chronologie) ausdrucken oder im Datentransfer digital weiterverarbeiten.

Die Entwicklung der Omeka-basierten Datenbank erfolgte in enger Abstimmung mit der Kunst- und Wirtschaftsgeschichte und wurde den Bedürfnissen der Forschenden im-

mer wieder angepasst. Dieses bedeutete insbesondere, dass ursprünglich fehlende Funktionen mit Hilfe von Plug-Ins hinzugefügt beziehungsweise bestehende Plug-Ins erweitert wurden. Das Hauptaugenmerk lag dabei zunächst auf der Eingabeunterstützung und Verbesserung der Handhabung (Usability) von Omeka. Darauf bauten inhaltsneutrale Werkzeuge auf, die einer vertiefenden Datenanalyse dienen.³⁵

Neben der reinen Eingabeunterstützungsfunktionen wurde die Forschungsumgebung um algorithmische Semantik deutlich über eine reine Volltextsuche hinaus erweitert. Beispielhaft zu nennen ist hierbei das Maß-Analyse-Tool zur vergleichenden Untersuchung historischer Maße mit modernen, photogrammetrisch ermittelten Steinmaßen. Mit Hilfe dieses Werkzeugs können alle regional teilweise stark divergierenden Maße im Untersuchungszeitraum und -gebiet in das heutige metrische System umgewandelt werden und werden somit erst untereinander vergleichbar. Zusätzlich wurde ein Umrechnungstool für die unterschiedlichen Datumsberechnungen (Julianischer → Gregorianischer Kalender) oder das oben bereits beschriebene Instrument zur personellen „Netzwerkvisualisierung und -analyse“ entwickelt.

Im folgenden seien die wichtigsten Eingabe- und Forschungsunterstützungsfunktionen aufgelistet, die in die Datenbank auf Omeka-Basis implementiert beziehungsweise deren Möglichkeiten für die Bedürfnisse des Forschungsprojektes signifikant erweitert wurden. Sie können hier nur genannt, nicht aber weiter erklärt werden; dies leisten die entsprechenden Beiträge des Sammelbandes und die Erläuterungen in der Datenbank selbst:

- Plug-Ins namens „Simple Vocabulary“ für die Ersetzung von Freitext-Eingabefeldern durch Auswahllisten;
- Verwendung des im Projekt verbesserten „Item Relations“-Plug-In, um Objekte miteinander in Beziehung zu setzen;
- gegenüber Omeka erweiterte multiple Geolokalisierungen zur gemeinsamen späteren Darstellung mehrerer Objekte in einer oder mehreren überlagerten Landkarten;
- Einbau eines „Video Embed“-Plug-In, um in die Datenbank eingepflegte Videos referenzieren und segmentiert in andere Objekte einbetten zu können;
- interaktive Verwendung eingepflegter 3D-Modelle; mit dem „Date Search“-Plug-In;
- Implementierung eines Kalenderblatt-Moduls zur Konversion von Datumsangaben zwischen dem Gregorianischen und Julianischen Kalender;
- Ermöglichung von Datumssuche innerhalb eines bestimmten Datumsbereiches;
- strukturierte Maßeingabemasken mit angegliedertem Maß-Analyse-Tool;
- Werkzeug zur Netzwerk-Analyse von Personen- und Objektbeziehungen und deren Visualisierung;
- interaktive Gebäudekarten photogrammetrisch digitalisierter Gebäude oder Gebäudeteile.

Grundsätzlich stützt sich die Realisation einer derartigen Struktur zur Forschungsunterstützung aus Sicht der Kontextuellen Informatik auf die Theorie der hypothesengeleiteten Technikgestaltung. Kern ist hierbei, dass beim interaktiven Umgang mit Computern eine

„erzwungene Sequenzialität“ nach Möglichkeit zu vermeiden beziehungsweise zu reduzieren ist. Freilich gibt es Handlungssequenzen, die nicht in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden können, ohne das Resultat zu verändern. Reduzierung erzwungener Sequenzialität bedeutet daher, Handlungs- und Wahrnehmungsräume so zu gestalten, dass den Nutzern keine sensorischen, motorischen oder kognitiven Handlungen aufgenötigt werden, die nicht zur Durchführung der jeweiligen Aufgabe oder aus Lerngründen notwendig sind.³⁶

Noch vor einer abschließenden Langzeitarchivierung von Daten und Ergebnissen trug der Arbeitsbereich Informatik vor allem auf zweierlei Weise zur Erforschung bei: Einerseits konnten mit seinen Methoden die Kluft zwischen archivalischen und immateriellen Befunden und konkreter Materialität der Bauten und deren Übereinstimmung überprüft, andererseits serielle Quellen der statistischen Auswertung verfügbar gemacht, die Ergebnisse strukturiert, in unterschiedliche Präsentationsformen umgesetzt und miteinander verknüpft werden.

Die Verknüpfung unterschiedlichster historischer Quellen, 3D-Modelle sowie Visualisierungen einzelner Forschungsergebnisse, beispielsweise der gesamten Vertriebskette vom Bruch bis hin zum fertigen Gebäude, in der projekteigenen Datenbank gestattete es, Zwischenergebnisse der am Projekt beteiligten Forschergruppen aus unterschiedlichen Disziplinen jederzeit zusammenzuführen, zu vergleichen und zu diskutieren.

Die Arbeitsweise der Informatik verlangte hierbei von den beteiligten Historikern Eindeutigkeit in bestimmten Sachverhalten, was zu einem Verlust von Interpretationsmöglichkeiten führte, da Aussagen zu einzelnen Untersuchungsobjekten den Möglichkeiten einer Datenbank – und damit der quantitativen Datenverarbeitung – angepasst werden mussten. Auf der anderen Seite eröffnete dies neue Spielräume, etwa größere Datenmengen zu verarbeiten sowie mittels der im Projekt entwickelten Tools die eingegebenen Daten analytisch zu untersuchen und neues Wissen zu generieren.

Mit dem Einpflegen des Materials in die Datenbank konnten die Ergebnisse aus der Arbeit der Architektengruppe mit den Befunden aus der historischen Arbeit zusammengeführt werden. Dies führte zu einer erweiterten Sicht auf die bisherigen Ergebnisse und beeinflusste die weitere Auswertung des Forschungsmaterials.

6.6 Präfabrikation

Eine systematische Vorfertigung von Sandsteinelementen lässt sich bei allen fünf Untersuchungsobjekten nachweisen. Über nahezu zwei Jahrhunderte hinweg, zwischen den 1560er bis 1740er Jahre, wurden auf Bestellung normierte Rohblöcke, Halbfabrikate oder fertige Architekturelemente fern der Baustelle präfabriziert. Stätten der Präfabrikation waren entweder die Steinbrüche (Bückeberg) selbst, die nahegelegenen Werkstätten der Grubenpächter (Obernkirchen, Gildehaus) oder die großen Werkstätten, die sich auf den großen Umschlagplätzen der Transportkette (Bremen, Zwolle, Amsterdam) angesiedelt hatten. Auf jeweils unterschiedlichen Vorfertigungsstufen deckte die archivalisch doku-

mentierte Produktpalette ein weites Spektrum ab: Sie reicht von einfachen, roh behauenen Blöcken und Plattenware, die in großer Stückzahl nach den Maßvorgaben der Bauherren angefertigt wurden (Antwerpen), über passgenaue Halbfabrikate für die Endfertigung in der Bauhütte (Amsterdam, Bremen) bis hin zum versatzfertigen Endprodukt eines Architekturelements (Leiden, Batavia) (Abb. 1, 2, 3, 4). Eine innovative Besonderheit stellt dabei die Entwicklung vom grob behauenen Rohstein, der im 16. Jahrhundert als Einzelanfertigung im Bruch bestellt wurde (Antwerpen), hin zum normierten „Sorten“-Stein (Astrak, Streckstein, Ellenblockstein) des 18. Jahrhunderts, der ohne Vorbestellung entlang der Handelskette auf dem freien Markt eingekauft werden konnte (Bremen).

Auch wenn der hier sichtbar werdende Trend hin zum normierten Standardmaß sicherlich nicht linear verlief, deuten die bisherigen Untersuchungsergebnisse doch darauf hin, dass alle zeitgenössischen Akteure an einer verstärkten Normierung für Bausandstein interessiert waren. Jeweils an die Bauaufgabe angepasst, bestellten die Bauherren über den internationalen Steinhandel die für sie günstigste Ausführung. Fehlten am Ort die fachliche Expertise oder eine leistungsfähige Infrastruktur (Leiden, Batavia), um in Eigenregie die Baumaßnahme umzusetzen, so kaufte man diese samt dem Material bei internationalen „Generalunternehmern“ ein, die über entsprechende dispositive Fähigkeiten verfügten. Dabei reichte das zu bewältigende Aufgabenspektrum von der Fassadenmodernisierung (Leiden) über den kompletten Um- und Ausbau eines älteren Gebäudes (Bremen, Batavia) bis hin zur völligen Neuerrichtung von Großprojekten (Antwerpen, Amsterdam). Präfabrikate erleichterten den Architekten dabei ihre Planungsarbeit (Kalkulation von Material- und Arbeitskosten), reduzierten den Spediteuren das Transportrisiko (Fahrzeiten, Transportkapazitäten, Verladetechnik), erweiterten den Steinhauern die Absatzmöglichkeiten auf der Basis einer ausdifferenzierten Produktpalette (Halbfabrikate) und halfen dem organisierenden Kaufmann damit insgesamt, sein finanzielles Risiko zu minimieren.

6.7 Logistik

Eine entscheidende Voraussetzung für die Bestellung und den Absatz von Präfabrikaten war eine gut funktionierende Transportkette. Die auf der West- wie Ostschiene über Hunderte von Kilometern gehandelten Sandsteine wechselten auf den deutschen und niederländischen Umschlagplätzen mehrfach ihre Transportmittel (Abb. 7). Als methodisch innovativer Ansatz stellte sich für die Rekonstruktionsarbeit der zeitgenössischen Logistik der Einsatz von 3D-Modellen heraus. Anhand der in den Schriftquellen relativ spärlich überlieferten Steinmaße und Stückzahlen aus Bestelllisten konnte beispielsweise das ehemalige Ladegut der Schiffe virtuell nachgebildet werden. Die aus der Archivarbeit neu gewonnenen Erkenntnisse zu den verwendeten Schiffstypen und deren Ladekapazitäten ermöglichten nun eine digitale Plausibilitätsprüfung historischer Verlade- und Transport-situationen im virtuellen Raum. Aufgrund neu erschlossener Quellenbestände war es erstmals möglich, an ausgewählten Beispielen (Leiden, Amsterdam) den Seetransport über das Wattenmeer der Nordseeküste im Detail zu rekonstruieren. Auch zeigen die Recherchen

zu dokumentierten Unfällen der 1730er Jahre (Bremen-Vegesack), dass sich die logistisch schwächsten Glieder der Transportkette wegen risikobehafteter Verladetechniken offenbar an den Hafentplätzen befanden. Nachweisbar ist im Untersuchungsraum jedoch auch, dass die Beseitigung eben jener Transportrisiken durch infrastrukturelle Modernisierungsmaßnahmen tatkräftig angegangen worden ist, was auf die Erfordernisse einer guten Steinhandelskonjunktur hinweist.

Insgesamt zeigt die Rekonstruktion der internationalen Transportketten, wie komplex die logistischen Herausforderungen an die Organisatoren des vorindustriellen Steinhandelsgeschäfts waren – nicht zuletzt durch Risikofaktoren wie Umwelteinflüsse, Kriegsergebnisse oder das schwankende Arbeitskräfteangebot.

6.8 Handel und Finanzierung

Die Praktiken des Handels mit präfabrizierten Bauelementen spiegeln sich nicht zuletzt in deren Preisgestaltung wider. Anhand gut dokumentierter Rechnungsüberlieferungen zu den Referenzbauwerken in Leiden, Amsterdam und Bremen ließen sich über den bisherigen Forschungsstand hinaus Preise und Wechselkurse ermitteln, die als Kalkulationsgrundlage für die Materialbeschaffung gedient haben könnten. Da es sich beim „Bremer“ oder „Bentheimer Stein“ um ein Fernhandelsgut handelte, zeigten sich entlang der Wertschöpfungskette große Spannen zwischen den jeweiligen Ein- und Verkaufspreisen. Hierbei bestätigen die Befunde die Relevanz hoher Transportkosten, welche den Steinpreis vor allem beim Landtransport mit dem Pferdefuhrwerk schon nach wenigen Kilometern verdoppeln konnten. Beim Seetransport in die Niederlande zeigten sich zudem unterschiedliche Frachtgebühren und Abrechnungsmöglichkeiten: Neben der vertraglichen Festlegung von Pauschalzahlungen für eine komplette Schiffsladung mit Steinen (Leiden) wurden Rohblöcke und Halbfabrikate auch nach ihrem spezifischen Volumen, meist dem im Hafen gültigen Kubikfuß, ausgemessen und ausbezahlt (Amsterdam). Als Zahlungsmittel für alle Transaktionen sind neben Bargeld auch Wechsel dokumentiert, die z. T. über Hamburg (Leiden) oder Amsterdam (Wjsselbank) abgewickelt wurden.

Indessen beeinflussten noch ganz andere Faktoren die Preisgestaltung: Im Fall der Finanzierung des Amsterdamer Rathausbaus lässt sich nachweisen, dass die mächtige Welt-handelsmetropole ihre Beschaffungskosten mit einer gezielten politischen Intervention in Bremen durch die Befreiung ihres deutschen Steinlieferanten von den üblichen fiskalischen Gebühren für den Wesertransport zu drücken vermochte.

6.9 Forschungserfahrungen und begleitende Themen

Die Arbeiten an dem interdisziplinären Forschungsprojekt WeSa haben zum einen eine ganze Reihe von Einsichten in die Mechanismen des Forschungsprozesses in einem Verbundprojekt und Erfahrungen erbracht, die alle Beteiligten wissenschaftlich und sozial ohne Zweifel bereichert haben, zum anderen haben sich sozusagen en passant Erkennt-

nisse und Hinweise zu Forschungsfeldern und Sachverhalten eingestellt, die bei den Planungen im Vorfeld des Projektes nicht oder in ihrer möglichen Tragweite noch nicht in den Blick geraten waren. Die wichtigsten seien kursorisch aufgezählt:

Wenig beachtet wurde bisher die Relevanz von Umweltfaktoren, die auf vorindustriellen Abbau-, Transport- und Verbauungsprozesse einen zum Teil erheblichen Einfluss ausgeübt haben. Dies wird vor allem an den starken saisonalen Schwankungen im jährlichen Agrarzyklus ablesbar, dessen Erfordernisse Arbeitskräfte und Zeitressourcen banden, die dann nicht für Bruch und Transport des Steines zur Verfügung standen. Zudem unterlagen Wege für den Transport zu Lande und zu Wasser jahreszeitlichen Qualitätsschwankungen.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit des Bereiches Kunst- und Wirtschaftsgeschichte mit den Projektpartnern aus der Kontextuellen Informatik hatte sich der Herausforderung zu stellen, die Grenzen der jeweils eigenen Fachsprache und Denkweisen überbrücken zu müssen, sollte sich das Ziel realisieren lassen, eine fachübergreifende multifunktionale Datenbank mit digitalen Forschungstools zu erarbeiten. Die daraus folgende Forderung an die Historiker nach Eindeutigkeit ihrer Aussagen musste deren methodikimmanente Interpretationsspielräume inakzeptabel beschneiden. Auf der anderen Seite freilich erleichtert die analytische Arbeit mit der Datenbank eine Vorstrukturierung großer Datenmengen wie Maßangaben, Datierungen und deren Konvertierung sowie die Vernetzung von Personen und Objekten über Transaktionen und kann so zur Bildung neuer Forschungsthesen anregen.

Im Unterschied dazu ist das Postulat der Eindeutigkeit im Verhältnis zwischen Historie und dem Bereich Digitales Gestalten/Architektur geradezu ins Gegenteil verkehrt: Bei der Erstellung von Computermodellen (Verladesituationen, Transportwege, Hebewerkzeuge, Fahrzeugtypen usw.) ist aufgrund von Überlieferungslücken die Visualisierung historischer Befunde tendenziell mehrdeutig. Modelle und Rekonstruktionen basieren daher in den meisten Fällen auf Annäherungen und Idealtypen, die auf Basis der jeweiligen Quellen-situation eine mehr oder weniger hohe Plausibilität für sich in Anspruch nehmen können.

Als Lösungsstrategien der Kunst- und Wirtschaftsgeschichte ergab sich im interdisziplinären Diskurs mit der Architektur und Informatik folgender Kompromiss: Alle Ergebnisse der Wissensgenese basieren auf der Schaffung von historisch fundierten Plausibilitäten im virtuellen Raum. Die (Re)Konstruktion historischer Umgebungen unterliegt einer eigenen strengen Sachlogik, welche einzelne Objekte, Akteure und deren Transaktionen in immanente Zusammenhänge bringt. Somit entstehen neue Experimentierfelder, deren Schaffung erst eine Veri- beziehungsweise Falsifizierung von Forschungsthesen jenseits der subjektiven Vorstellungskraft einzelner Historiker ermöglicht. Diese systemimmanenten Logiken der beteiligten Disziplinen werfen in ihrer Konfrontation in der Regel neue, bisher unbeachtete Fragestellungen auf wie beispielsweise diejenige der Plausibilität von Befrachtungstechniken beim Schiffstransport nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten und wechselnden topographischen Gegebenheiten. Damit birgt die virtuelle Rekonstruktion die grundsätzliche Möglichkeit, archivalische Überlieferungslücken auf indirektem Wege über virtuelle Simulation schließen zu können. Darüber hinaus führt der multiperspektivische Ansatz der Interdisziplinarität, wie am WeSa-Projekt exemplarisch zu sehen, in der

historischen Betrachtung zu einem hohen Grad an sachlicher Objektivität und einem Plus an hermeneutischer Transparenz.

Angesichts der interdisziplinären Zusammensetzung des Projektteams war eine wesentliche Erkenntnis, dass der Projektablauf meist ein alternierender Prozess ist, der nicht linear angelegt sein kann. Da etwa im Bereich digitaler 2D- und 3D-Visualisierungen bisher keine standardisierten Verfahren für deren mannigfaltigen Anwendungsmöglichkeiten entwickelt wurden, die vor allem hinsichtlich einer Qualitätssicherung und guter wissenschaftlicher Praxis zu werten sind, können diese Erkenntnisse durchaus als Beitrag zur Grundlagenforschung gewertet werden. Gemeint ist das Wechselspiel zwischen vorgängiger Projektplanung und dem reflektierten Einsatz der Visualisierungstechnologien. Vor Projektbeginn ist daher eine Analyse der zur Verfügung stehenden digitalen Methoden in Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Fragestellung durchzuführen und zu bewerten. So sollten sich etwa digitale und traditionelle Verfahren und Methoden in der Erforschung historischer Objekte und Sachverhalte nicht ausschließen, sondern wechselseitig ergänzen. Auf diese Weise können sich weitere Wissensräume erschließen.

Des Weiteren hat die interdisziplinäre Projektarbeit vier grundlegende Probleme sichtbar werden lassen, die sich mit dieser Deutlichkeit bei einem monodisziplinären Ansatz nicht gezeigt hätten, aber mit Hilfe der sogenannten agilen Datenmodellierung bearbeitet werden konnten: (1) die Identifizierung und Bereinigung von Kommunikations- beziehungsweise Verständnisdefiziten zwischen den Disziplinen; (2) die Sicherstellung einer Revisionsfähigkeit bei einer sich ändernden Quellenlage und zugleich die Inhaltsneutralität der Werkzeuge und der angelegten Repositorien; (3) die Gewährleistung einer sicheren Handhabung der Eingabemasken nach dem Prinzip der stufenweisen Offenlegung (progressive disclosure); (4) die Anreicherung der verwendeten Datenbank um eine „algorithmische Semantik“, um dem interdisziplinären Dialog parallel zum fortschreitenden Forschungsprozess Rechnung tragen zu können.

7. Tagung und Tagungsband – Medium des Forschungs- und Vermittlungsprozesses

Der Forschungs- und Vermittlungsprozess des Verbundprojektes „Wesersandstein als globales Kulturgut“ umfasst vier ineinandergreifende Elemente: Die entscheidende Basis bildeten erstens die Forschungen selbst, in denen mehrere Komponenten zusammenwirkten, zu nennen etwa die Entwicklung eines Forschungsdesigns, ausgehend von den im Projektantrag entfalteten Thesen und Ansätzen. Im Zentrum stand die Beschreibung und Sicherung des Untersuchungsgegenstandes mit der Rezeption und Bewertung der vorgängigen Forschungsliteratur sowie mit den Materialrecherchen unterschiedlicher Provenienz. Damit korrespondierten rückkoppelnd Überlegungen über deren Dokumentation und Vermittlung. Dieses geschah in Form eines persönlichen und medialen kommunikativen Austausches zwischen der an unterschiedlichen Standorten und Instituten beheimateten Projektbeteiligten (wöchentliche Projektsitzungen zur arbeitsteiligen Koordination, oft

über den Messaging-Dienst Skype). In diesem Rahmen erfolgte zweitens die Diskussion der Ergebnisse und die Entwicklung eines Konzeptes zu deren Dokumentation mit interaktiven Nutzertools (oben beschriebene elektronische Plattform). Die dritte, integrale, Komponente des Projektgeschehens bildete eine Tagung, welche der wissenschaftsöffentlichen Vorstellung des Projektes dienen und einen weiteren sachlichen und theoretischen Bezugsrahmen schaffen sollte, indem die Ergebnisse in einen weiteren Kontext vergleichbarer Forschungsinitiativen eingebettet, mit anderweitig entwickelten Methodiken abgeglichen und insbesondere auch Ansätze beobachtet werden sollten, die im Bereich der Informationstechniken und der Digital Humanities angesiedelt sind. Als vorläufiger Abschluss soll ein viertes Element schließlich die Repräsentation der Tagung in einem Sammelband stehen, der – bei allen offenen Fragen über die Dauerhaftigkeit elektronischer Veröffentlichungsformen – die nachhaltigste Form darstellen dürfte. Mit der Abschlussveranstaltung ergaben sich auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes gewisse Rückkopplungseffekte, die nach Möglichkeit in die ausgearbeiteten Beiträge eingegangen sind.

Die unter den geschilderten Prämissen miteinander in Wechselwirkung stehenden 19 Einzelbeiträge des Bandes sind zu vier Gruppen zusammengefasst, in denen jeweils schwerpunktmäßig Fragen aufgegriffen werden, die eine besondere Perspektive auf Sachverhalte eröffnen, welche das Wesersandstein-Projekt beschäftigten und dessen Gegenstand charakterisieren. Die folgende kursorische Charakterisierung der einzelnen Beiträge kann und soll deren Lektüre selbstverständlich nicht ersetzen.

Worum geht es bei dem Forschungsprojekt, was waren seine Voraussetzungen, welche Befunde, Ergebnisse und Erkenntnisse haben sich ergeben? Über diese Fragen handelt der umfangreiche *erste Teil* des Bandes (1. *Weser-Sandstein – Das Projekt*), in dem Projektbeteiligte und -mitarbeiter unterschiedlicher Disziplinen sich jeweils besonderen inhaltlichen und methodischen Sachverhalten widmen. Dabei konnten längst nicht alle Details des Forschungsprozesses und der Ergebnisse ausgebreitet und vertieft werden. Vielmehr sind die erwähnte WeSa-Datenbank und die interaktive Plattform als komplementäre Dokumentationsmedien anzusehen. Unter dem Begriff „Agile Modellierung“ (Reinhard Keil und Gero Zahn) wird das wesentliche Ferment eines interdisziplinären Verbundprojektes vorgestellt, nämlich einerseits die Vernetzung von Forschungsansätzen, Sachen, Ergebnissen und der beteiligten Forscher und andererseits die dafür notwendigen beziehungsweise essentiellen informationstechnischen Mittel und Methoden, Speicher- und Dokumentationsverfahren. Dieser Komplex wird in seiner Beziehung zu den Kulturwissenschaften inzwischen unter dem Stichwort der Digital Humanities verhandelt. Aus architektonischer Sicht wird, daran in gewisser Weise sachlich anschließend, ein spezielles Verfahren – „Digitale Modelle als Werkzeuge des Erkenntnisgewinns“ (Joachim Backes/Marc Grellert/Mieke Pfarr-Harfst) – beschrieben, das für den Erkenntnisprozess im Projekt hinsichtlich Hypothesenbildung und Befunderhebung eine konstitutive Rolle gespielt hat. Die grundlegenden handlungsgeschichtlichen, betriebswirtschaftlichen und produktionstechnischen

Befunde, Verhältnisse und Bedingungen des nordwesteuropäischen Sandsteinhandels sind Thema des umfangreichsten Aufsatzes des Bandes unter den Stichwörtern „Präfabrikation – Logistik – Preise“ (Michael Ströhmer). Gerade das Prinzip der Präfabrikation von Bauteilen unterschiedlicher Fertigungstiefe und deren überregionaler Vertrieb und Transport bildete eine der vollauf bestätigten Leitthesen des Forschungsunternehmens. Damit ging ein bautechnischer, logistischer und betriebsorganisatorischer Wissenstransfer einher, der besonders von Akteuren wie Handwerkern, Schiffern, Händlern und Kaufleuten getragen war. Derartige personellen Netzwerke im untersuchten Sandsteinhandel analysiert Wiebke Neuser bezüglich ihrer Genese und Stabilität („Sandsteinhandel und persönliche Netzwerke“). Ein Sandsteinprodukt, Dach- und Bodenplatten, das aus dem Sollinggebiet an der oberen Weser stammt und weit bis nach Norddeutschland Verbreitung fand, stellen die Beiträge von Teresa Brandt („Monopolhandel mit Sollingsteinen“) und Ralf Otte vor. Während es Brandt vorwiegend um betriebswirtschaftliche Fragen geht, blickt Otte auf den technischen Herstellungsprozess und Fragen der Normierung („Dach- und Bodenplatten aus dem Solling – Normiertes und veredeltes Steinhandelsmaterial“).

Der *zweite Block* des Tagungsbandes greift mit dem Transfer von Wissen in der Bauwirtschaft oder auch von dessen Diffusion, die weiträumige Innovationen etabliert, einen Bereich auf, der explizit nur schwer zu fassen, implizit aber zum einen den vorfindbaren Objekten eingeschrieben ist. Zum andern sind temporäre oder permanente Migrationsbewegungen von Bauexperten und Handwerkern zu beobachten, die als Träger „impliziten Wissens“ für die Verbreitung und den Austausch bauwirtschaftlicher Kenntnisse, Techniken und Formen sorgten. Inwieweit immer stärker im Druck verbreitete architekturhistorische Schriften und Formen- und Musterbücher eine gemeinsame Norm und Richtschnur boten, ist schwer zu fassen, weshalb auch vor einer vorschnellen Identifizierung von „Stilandschaften“ wie der bekannten „Weserrenaissance“ zu warnen ist. Mit dem Begriff und Prinzip der „Präfabrikation“ greift das Projekt sozusagen *von unten* genau das Problem der Normierung von Bauelementen und Versatzstücken und deren Verbreitung auf.

Die Beiträge der Sektion nähern sich also von den zwei Seiten dem Phänomen: Am prominenten Bauobjekt der Albrechtsburg in Meißen zeigen sich beispielhaft die „bautechnischen Innovationen“, die seit dem ausgehenden 15. Jahrhundert Platz griffen (Stefan Bürger). Auf der anderen Seite ist zu fragen, wie solche Innovationen generiert und über Räume hinweg verbreitet werden konnten. Wenn auch die Fallbeispiele in unterschiedlichen Räumen unterschiedlicher Reichweite spielen, so liegt ihnen doch das gemeinsame Phänomen des Transfers und Austauschs technischen und kulturellen Wissen zugrunde. Das gilt gleichermaßen für die „Migration niederländischer Architekten und Bildhauer“ im Ostseeraum (Michael North) und die Korrespondenz von „Baukonjunktur und Migration im Bauhandwerk“ im süddeutschen und voralpinen Raum (Reinhold Reith) sowie für den „Maler als Wandergeselle“, einen zwischen Handwerk und Künstlertum stehenden Spezialisten (Andreas Tacke).

Die *dritte Sektion* des Bandes kehrt die Perspektive gewissermaßen um, indem von der Warte informationswissenschaftlicher Theorie, Methodik, Techniken und Verfahren aus

einzelne historische Sachverhalte sowie Forschungs- und Darstellungsmittel unter dem Leitbegriff der Digital Humanities in den Blick genommen werden. Oder anders ausgedrückt, geht es um den analysierenden Zugriff auf Objekte und Dokumente in Wechselwirkung mit der Darstellung der Befunde und Erkenntnisse mit den Mitteln der Informationswissenschaft. Dieser kommt dabei keineswegs nur der Status einer Hilfs-Wissenschaft für eine quantitative oder formale Auswertung von Quellen und für eine ordnende Strukturierung und Darstellung zu, sondern sie erweist ihre qualitative Funktion als ein Faktor bei der allfälligen Generierung von Ergebnissen. Bislang verborgen gebliebene Sachverhalte sowohl *zwischen* den Quellen als auch *zwischen* Quellen und Betrachter/Forscher können an das Licht kommen und dem Wissenschaftler wie dem Rezipienten sichtbar und greifbar werden. Ort solcher reflexiven Forschungs- und Wahrnehmungsprozesse ist – fast natürlicherweise – das Museum, wo durch die Musealisierung des Objekts dessen *Re-Inwertsetzung* erfolgt. Im Spannungsfeld zwischen dieser und dem *ursprünglichen Wert* bewegt sich die Tätigkeit des mit digitalen Methoden arbeitenden Fachmanns. Während Stephan Hoppe („Das Architekturmodell im digitalen Zeitalter“) und Marc Grellert („Virtuelle Objekte und digitale Anwendungen in Museen“) quasi Möglichkeiten und Funktion virtueller Objekte als Exponate im traditionellen Museum untersuchen, verlässt Ralph Knickmeier diesen materiellen Ort und begibt sich in ein virtuelles Museum, das durch die digitale Vernetzung digitalisierter Kunstwerke allererst ans Licht tritt („Taktilen Sehen im digitalen Museum“). Diese in der digitalen Netzwelt immer stärker um sich greifende, quasi entgrenzte Form wirkt sich ohne Zweifel auf Rezeption und ästhetische Erfassung des Kunstwerkes aus und schafft es gleichsam neu. Die Folgen für Kunst und Kultur sowie Mentalität und Erkenntnismodi der Bevölkerung beziehungsweise der Betrachter sind noch nicht absehbar, sie bedeuten aber wohl einen tiefen kulturellen Einschnitt. Man darf sich fragen, ob diese Entwicklung nicht zu Mangelerscheinungen hinsichtlich körperhaft-sinnlicher Wahrnehmung und Erlebens führen wird und dann als Antwort darauf das haptisch und sinnlich erfahrbare Objekt eine Auferstehung feiern wird. Das *Mängelwesen* Mensch fordert Befriedigung!

Der oben angesprochene *Zwischenraum* zwischen Objekt beziehungsweise Dokument und deren sichtbarer Repräsentanz äußert sich auf zwei scheinbar weit voneinander entfernten Sachfeldern: Besonders die Archäologie ist wegen des gewöhnlich fragmentarischen Charakters der Funde aufgerufen, ein plausibles, dennoch hypothetisches Gesamtbild historischer Phänomene zu entwerfen. Die digitale Visualisierung bietet hier technische Möglichkeiten, Hypothesen der sinnlichen Vorstellungswelt zugänglicher zu machen, um sie dann wiederum besser überprüfen zu können (Dominik Lengyel/Catherine Toulouse: „Zur Visualisierung archäologischer Hypothesen“). Auch eine Art Archäologie betreibt Joachim Veit, und zwar im Zwischenraum zwischen der Notation eines Musikstückes und der musikalischen Absicht und Ausdrucksform des Komponisten („Musikdokumente. Aspekte ihrer Modellierung im Kontext digitaler Editionen“). Mit Hilfe seiner digitalen Editionstechnik dringt er sozusagen unter die Oberfläche der formalen Notation vor und versucht den Prozess des Komponierens und dessen formales Ergebnis transparent zu ma-

chen, woran Komponist, Schreiber und Interpret gleichermaßen beteiligt sind. Ist das Objekt Veits die Notenschrift, ist das Manfred Thallers die Handschrift („Die nächste Grenze: ORC für Handschriften und die methodischen Folgen“). Er diskutiert Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von OCR-Techniken auf große Mengen handschriftlicher Quellenbestände insbesondere unter der Frage, inwieweit eine automatisierte Durchsuchung von Massendaten, die von einem einzelnen Forscher in herkömmlicher Weise nicht zu leisten wäre, zum einen zu methodischen Konsequenzen der Aufbereitung der Datenstruktur, zum anderen zu einer Ausweitung der Interpretationsspielräume führt. Denn es könnten Befunde erreicht werden und Zusammenhänge sichtbar werden, die bisher dem Beobachter verborgen bleiben mussten.

Die von Thaller herangezogenen Projektbeispiele und vorgestellten Informationssysteme leiten über zu den beiden Beiträgen der letzten, der *vierten Abteilung*. Sie widmen sich unter der Überschrift „Informatik: Programme und Systeme“ gerade der Schaffung einer speziellen informationstechnischen Infrastruktur, welche eine wechselseitige Beziehung mit den konkreten Forschungsgegenständen herstellen und dazu dienen kann, diese zu dokumentieren und auszuwerten. Das von Burkhard Freitag vorgestellte MonArch-Datenbanksystem („Von der raumbezogenen Modellierung zur Modellierung des Raumes“) war motiviert von den etwa in der Denkmalpflege, der Archäologie und verwandten Fachrichtungen evidenten Erfordernissen zur möglichst breit begründeten Bewahrung des baulichen kulturellen Erbes über die herkömmlichen konkreten erhaltenden Maßnahmen hinaus. Die Datenbank vernetzt alle über ein bestimmtes Bauwerk vorhandenen Informationen jeglicher Form mit einem digitalen Modell eines Bauwerks. Der daher rührende *Mehrwert* besteht darin, dass derart gebündelte Informationsbestände das System zu einem Instrument der Dokumentation, auch mit visuellen Bestandteilen, der Repräsentation und damit auch zu einem Mittel zunächst der Sachinformation sowie dann auch der Forschung gleichermaßen machen. Besonders die damit angesprochene Integration von Forschungsdaten mit Mitteln der Informationstechnik steht für die spezielle Relevanz solcher Bemühungen beziehungsweise kann den Digital Humanities Relevanz verleihen. Es geht also um Nutzen, Sinn und Funktion digitaler Forschungsinfrastrukturen, auf die sich Andreas Henrich und Tobias Gradl in ihrem Beitrag konzentrieren („Integration von Forschungsdaten. Wie können Forschungsinfrastrukturen helfen?“). Sie befassen sich am Beispiel der Plattform DARIAH-DE mit Möglichkeiten, heterogene Datenbestände aus Objektbeschreibungen, Ergebnissen von Forschungsprozessen und Metadaten beziehungsweise Modellen zusammenzuführen. Dieses Ziel zieht den Zwang zur Harmonisierung eigentlich heterogener Datenbestände nach sich, der auf der anderen Seite erst die Voraussetzung dafür bildet, mittels Suchroutinen auf die Daten zugreifen zu können (eine solche Struktur liegt übrigens auch der erwähnten WeSa-Datenbank zugrunde). Henrich/Gradl führen Problem und Lösung exemplarisch an Hand der Dokumentation der Grabmäler des jüdischen Friedhofs Bayreuth vor. Solche digitalen Forschungsinfrastrukturen entfalten ihren Nutzen in mehrfacher Weise: Sie stellen generell die Forschung auf eine breitere Basis, erlauben den Einsatz spezieller digitaler Arbeitsmittel beziehungsweise „tools“, wirken auf die Schulung

eines in Geisteswissenschaften und Informatik doppelt geschulten Personals hin, dessen großer Bedarf sich schon jetzt abzeichnet, und schließlich wird eine Nachnutzung der strukturierten Datenbestände gewährleistet, die andernfalls steril elektronisch archiviert werden müssten.

8. Ausblicke

Das Verbundprojekt WeSa kann in Hinblick auf Ansatz, Methode und interdisziplinäre Zusammenarbeit Vorbildfunktion für die Erforschung komplexer betriebs-, bauwirtschaftlicher und kunsthistorischer Zusammenhänge beanspruchen. Denn die gewonnenen Erkenntnisse können prinzipiell auf andere Regionen, die als Gewinnungsort von Steinmaterial dienten und von denen aus diese Baustoffe an überregionale Zielorte transportiert wurden, übertragen werden. Darüber hinaus können die im Projekt entwickelten Fragestellungen, Forschungsmethoden und Forschungsinstrumente auch herangezogen werden, um die Bauwirtschaft anderer Regionen – etwa im Einzugsbereich der Elbe und der Loire – zu untersuchen. Bislang wurde ausschließlich das Material Sandstein näher untersucht. Hinsichtlich der Erforschung der Bauwirtschaft der Frühen Neuzeit bestehen aber noch große Forschungslücken in Hinblick auf andere Materialien, etwa Ziegel oder Holz, die als Baumaterial ebenso zur Vorfabrikation verwendet und im Rahmen komplexer Handelsstrukturen verbaut wurden.

Grundsätzlich liegen die wissenschaftlichen Erfolgsaussichten insbesondere in der Verknüpfung von verschiedenartigen historischen Quellen, 3D-Modellen und Visualisierungen von Gebäuden sowie der mehrdimensionalen Vernetzungen zwischen Objekt (Stein), Transport und Bauwerk, zwischen den beteiligten Akteuren, allgemein also die Rekonstruktion von Raumbeziehungen und auch die Schaffung einer Vergleichbarkeit von Maß- und Währungsverhältnissen durch eine Arbeits- und Dokumentationsplattform wie der WeSa-Datenbank, in der Einzelergebnisse in ihrer Genese, aber auch der Beitrag der beteiligten Forschungsdisziplinen miteinander in Beziehung gesetzt und sichtbar gemacht werden können. Damit gewinnt die Projektstruktur selbst Vorbildcharakter. Die Datenbank selbst kann als Ausgangspunkt für sachverwandte Forschungsprojekte angesehen werden. Aufgrund der Zugänglichkeit für andere Forscher besteht die Möglichkeit, einen überregionalen Wissensaustausch zu initiieren, der weiterführende Forschungsfragen beantworten kann.

Gerade letztere Beispiele verweisen darauf, dass das Wesersandstein-Projekt nicht als abgeschlossen betrachtet werden soll. Es ist mit den eingangs erwähnten vier Arten medialer Präsentation – kommunikative Sachforschung, interaktive Projektdatenbank, Tagungsband und Projektbericht – generell so angelegt, dass die Forschungen ergänzt und räumlich und sachlich erweitert und ihre methodischen, begrifflichen und theoretischen Prämissen und Implikationen auf andere Regionen übertragen, überprüft und ausgebaut werden können. Um es abschließend noch einmal zu betonen: Solche Potentiale können sich nur in einem interdisziplinären Verbundprojekt entfalten.

Eva-Maria Seng and Frank Göttmann

THE RESEARCH PROJECT WESER SANDSTONE (WESA) AND THE CONFERENCE “DOCUMENT, OBJECT, GENESIS” IN AN INTERDISCIPLINARY CONTEXT

1. The idea

The interdisciplinary joint project “Weser Sandstone as a Global Cultural Good – Innovation in Building Construction and Its Worldwide Spread in the Pre-Industrial Age (16th – 19th Centuries)”, supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), was as the funding period neared its end presented to the public by a conference at the University of Paderborn on October 10th/11th 2016. Its goal had been to present the venture and to discuss the results achieved. These were also to be embedded into a broader factual, theoretical and methodological framework in the lectures delivered by art historians, historians, computer scientists and architects. The specific aspects, questions and procedures under discussion were to be developed and represented by the conference title “Document, Object, Genesis. Digital Humanities and the History of Arts and Culture. The Project Weser Sandstone in an interdisciplinary context”.

The research project was committed to the BMBF’s funding line “Die Sprache der Objekte – Materielle Kultur im Kontext gesellschaftlicher Entwicklungen (The Language of Objects – Material Culture in the Context of Societal Developments)” which aimed at establishing the genesis of objects and the connected potential for innovation within the social context as a subject of humanities research in conjunction with technology-oriented disciplines.¹ As a matter of fact, this approach is perfectly in line with the opinion of the project’s initiators, namely that any research must take the object – which may certainly take on most different forms – as its starting point and examine it in the light of current scholarly questions. These must be clarified with the help of special, to be developed methodological procedures which are necessary especially in the case of an interdisciplinary endeavour; and the results must be documented. The here chosen terms “document, object, genesis” address the various aspects of the processes of research, portrayal and communication: Thus, “document” refers both to the material as a source for research and to the documentation and representative nature of findings and results. “Object” refers both to the tangible object in concrete terms or intangibly to the phenomenon or an intangible fact

as well as to the complex research topic as such. “Genesis” refers both to the latter’s historical dimension and to the research process itself.

Concerning method, each of the three terms mirrors an overarching research strategy, which in recent times under the banner of digital humanities is trying to explore both theoretically and practically along novel paths which have been opened-up by innovations in the field of information technology. For digital humanities initiate and intensify the cooperation between different scholarly disciplines. This is not only true on the level of work materials, methods and organisation but also concerning the formulation of research strategies and integral knowledge objectives. The factual and theoretical connection between different disciplines, approaches and objects will therefore be tested and discussed in this volume with reference to its preconditions, possibilities and limitations in the context of this joint project. Generally and succinctly put in this light, it is about: Digital humanities and the history of art and culture.

2. The project – its incentive

The incentive for the project came in the form of several more or less coincidental archaeological discoveries which were to serve as a starting point. The two most important of these were:

2.1 Find 1: The Gate of the Citadel of Batavia 1629

In the year 1976 a spectacular discovery was made of the West Australian coast: the wreck of the Dutch VOC’s (Verenigde Oostindische Compagnie) trading vessel *Batavia* which had sunk in 1629. On board had been the prefabricated construction kit for a portal of which 137 individual pieces with a total weight of 37 tons could be retrieved (Fig. 1). The discovered portal had been commissioned by the VOC Amsterdam and intended for the citadel in Batavia, now known as Jakarta.² According to accepted opinion it had been fabricated from Bentheim sandstone quarried in the pits near today’s German-Dutch boarder. Markings on the stone blocks were to guide the building or piecing together of the gate at its place of destination. The Amsterdam Chamber of the VOC had ordered the portal on August 13th in the year 1628 from the stone masons in Amsterdam, which were thought to have ordered the sandstone in Bentheim. On October 28th the *Batavia* embarked on its voyage from Texel, the VOC’s overseas harbor, in the direction of Southeast Asia. The Amsterdam craftsmen thus had only ten weeks to draft a plan for the portal, order the building material and to, if need be, finish the building parts themselves or have them finished by others, as well as for loading the cargo in a seaworthy fashion. If we take into consideration the trip from Bentheim to Texel via different transport routes over land and by water as well as intermediate stops lasting about two weeks, we are left with only eight weeks for the planning and manufacturing process.

2.2 Find 2: The stone finds from the wrecks of Weser barges from the second half of the 18th century

In 1995, two sunken Weser barges bearing sandstone cargoes were discovered at the Midweser loop near the town of Rohrsen. They were retrieved in 1998/1999 and turned out to be two barges which had sunk in 1769 with a width of three to five meters and a length of 30 and 40 meters. Their flat-bottomed design with conspicuously strong timber pointed to special cranes used for heavy transport. The wrecks had carried loads of stone consisting entirely of roughly hewn sandstones from the quarries at Obernkirchen. It was possible to salvage 77 stone blocks and 15 well fragments with a weight of around 40 tons (Fig. 2). The find included segment-shaped well ring sections, sandstone blocks that were presumably gravestones, as well as stone blocks bearing the masters' insignias of Bremen stone masons.³

3. Research questions and objectives

3.1 General and overarching

The two archaeological discoveries gave rise to several interrelated questions which were to shape the project's objectives and methods. From a spatial perspective, the transregional and worldwide transport of building fronts, whole buildings and building parts of Weser sandstone between the 16th and the 19th century were to be examined. The begin of the period under investigation was marked from the 16th century on by an increasing transregional trade in stone derived from quarries especially in the Upper Weser region and a discernable early form of a prefabricated sandstone. Its end is characterized by the construction of the railways and thus the use of trains for transporting stone in the middle of the 19th century. As a precondition for such a transfer, it could be assumed that in factual terms there would be a prefabrication of building elements and modularized building. A main focus of the research was thus centered on the issue of prefabrication, meaning the partial or complete finishing of sandstone elements in the quarry or in specialized workshops still far from the building site.

Transfer and prefabrication in turn were based on the interlocking of several sub-areas: concerning business management and technology on an intertwining of the production at different locations, logistically on a stable transport infrastructure regarding the routes and the organization, as well as cognitively and via different media on a transfer of knowledge and culture. In short, the interdisciplinary research project's overarching goal was aimed at the investigation of the material-technological, the commercial and business managerial as well as the cultural relationships surrounding the quarrying, the production, the transport, the dissemination and the usage of sandstone from the Upper Weser and Vechte areas (Fig. 3). For the project, these sandstone resources were collectively referred to as "Weser sandstone". Insofar as the mentioned factors have a spatial dimension, they constitute and

integrate a certain space. With its orientation as outlined above, the research project aimed to unite under an interdisciplinary umbrella different perspectives both from the humanities and the cultural sciences, which had previously been pursued separately (the histories of art, architecture and the economy), as well as to realize this approach for the first time by involving contextual computer sciences and the architects' CAD-based computer simulations. Factually, methodologically and theoretically this meant a combination of tangible and intangible existing realities and thus a grand survey of the economic interrelations and the cultural exchanges from the 16th century to the 19th.

To initiate research processes and in pursuit of new insights, a collection of most diverse sources, objects and media were identified, surveyed, processed and correlated. The particular challenge was thus posed by the integrated elicitation and evaluation of highly different archaeological, archival, physical, economic and architectural findings. The material substance of sandstone thus served as a point of departure for the scholarly inquiry into transnational processes of construction and of transfer. In a sense, the language of sandstone objects in its different manifestations was to be decrypted. Due to the exploratory studies in the initial stages of the project and later supplementations, research was focused primarily on the following buildings: Amsterdam City Hall, Antwerp City Hall, the stock exchange, the Guild Hall, the Schütting and the weigh house in Bremen, Leiden City Hall, the construction kit for the fortress portal in Batavia/Jakarta (Fremantle, stone from the wreck of the Batavia; Geraldton, reconstruction of the portal of Batavia), as well as the provenance of stone: Bentheim and Obernkirchen sandstone as well as Solling red sandstone from the third geographical area investigated for quarrying and trading. It is located in Lower Saxony east of the Weser and mainly encompasses the present-day district of Holzminden.

3.2 Prefabrication and modularized building

Bearing in mind the raised research questions and goals: What is to be understood by prefabrication? Generally, historians of art and architecture have their sights set upon the finished building. They inquire into its construction history by asking who drew up the plans and who gave the commission, at what time the building activities commenced and how they were carried out. The question of the material itself was only of second-rate importance as it was generally assumed that in stone-rich areas the buildings were made of stone and in stone-poor regions from timber or clay bricks. The trading and procuring of materials only seemed possible in a highly limited scope and concerning means of ornamentation – such as spolia from classical antiquity – due to the bulk of the material and the means of transport. For the 19th century and thus with industrialization, the term prefabrication is associated with constructions of metal and glass such as especially the Crystal Palace in London, which was built for the 1. World Exhibition of 1851 in a modular design. It was erected in less than five months, following the concept of the gardener and botanist Joseph Paxton, in London's Hyde Park as a main hall with a flat roof and a

barrel-vaulted transverse hall made from cast-iron and glass. The building was put together using prepared – prefabricated – standard components (pillars, supporting beams etc. of cast-iron, arched roof trusses of plywood, wooden pillars and flat glass panels). These were delivered to the site and assembled there.⁴

Our research was based on the working hypothesis, that the principle of assembling buildings from prefabricated components had already been prevalent in early modern times, namely from the 16th to the 19th century and thus before the industrial age. Thus, according to this approach, prefabrication is not determined by the spread and large-scale usage of building materials such as cast-iron or glass but took place with the traditional building materials of natural stone, brick and timber. This observation however meant, that the finished building itself could not take center stage in our investigations. Instead our focus had to lie on the way by which it was achieved. In accordance with the BMBF-framework program "Language of Objects" its tangible material had to serve as our point of departure. Special attention was given to the process of fabrication, the quarrying and the format of stones, half-finished products, ordering and delivering, transport routes, loading capacities and financial transactions. Accordingly, our research did not begin with the client but with the contractor, the stock lists, the ordering of building parts, their external finishing at far of locations. In light of such a sequence we could plausibly speak of an extended workbench for the creating of buildings in early modernity. Crucial factors for such a construction chain based on a division of labor are the time required or the coordinated time schedules, the routes of transport as well as the social networks of the people involved. Their available abilities concerning planning and organization form the necessary preconditions for the mastering of such complex economic, administrative and financial operations in the realization of ambitious architectural projects. That prefabrication need not lead to uniform buildings is evidenced by the examples.

If prefabrication itself is already an important element of rational building, the effectiveness of this principle is enhanced by the combination of prefabricated elements to form building kits, modules, as well as by the parallelization and the bundling of construction procedures. A high degree of standardization and of pre-production reduce the building time. Production procedures in the workshop – in our case in the quarries and at the stonemason's – and work at the construction site can be carried out simultaneously and in accordance with a mutually coordinated schedule. It goes without saying, that such advantages cannot be achieved without exact technical planning of the product or the organizational procedures. The so-called dispositive capabilities of the main actors form a decisive factor in coping with difficult challenges posed by building.⁵

3.3 Corresponding individual objectives and perspectives

The research questions were to be addressed in cooperation between historians of art and economics, whose fundamental task it was to clarify the historical facts and figures and to survey the archival material, the contextual computer sciences (University of Paderborn)

and the field of architecture/digital design (University of Darmstadt). The architectural project partner was to combine the tangible, intangible and archival sources with the help of digital visualization technologies and special 3D models and on that basis verify their consistency. With the use of different digital visualization technologies, such as for instance photogrammetric procedures, buildings and their fronts were to be recorded and documented and new areas of insight gained by comparisons with archival sources. Due to the creation of 3D models as tools for the generation of knowledge, and thus as scholarly tools, new insights were anticipated concerning the size of stones, the thesis of prefabrication but also relating to transport routes and social networks.

The material generated by photogrammetric recordings, the 3D simulations as well as the historical sources were to be adapted to the project's requirements through flexible data modelling by the computer scientific project partner and be collected in a database. The database was to be conceived as a supporting environment, which could meet the project's specific requirements concerning input assistance, search functions and support for hermeneutic close-reading research. Last but not least it was to offer the possibility of presenting the scholarly results. With the research thus interwoven between the different partners, diverse possibilities of examining the research hypotheses were to be more effective and connections and interdependencies revealed for analysis, which would otherwise have been difficult to grasp.

3.4 Potentials and limitations of the research process

In preparation of the actual research process, it was necessary to examine some of the prevalent ideas that had determined the image and the public perception of the topic. Furthermore, integrative research approaches and visualization techniques had to be developed by the disciplines involved in order to do justice to the complex object of inquiry. Only some of these issues shall be highlighted here in an attempt to address the underlying dilemmas:

3.4.1 The stones and their myths

On the websites of many a museum, stone mason's business and web entries we find mention of buildings whose stones are claimed to stem from one of our two main areas of origin, Obernkirchen and Bentheim. The most prominent example is the White House in Washington which is said to have been built using Obernkirchen sandstone, as well as in the case of Baltimore Cathedral. Here as in other cases, these claims could not be confirmed, despite intensive research efforts.

Generally speaking, there were different reasons why the provenances of stones could not be attributed or at least not unequivocally so: For one, stones of very different origins were used for one and the same building. Clarifying samples would therefore have to be extracted from each individual stone. Secondly, most of the historical quarries are closed

today, meaning that normally no comparison between a stone sample and a quarry can be carried out. A third difficulty is posed by the fact, that within one and the same quarry we can often detect different mineralogical compositions. These uncertainties are evident particularly concerning our initial example of the Batavia portal: The available examined samples of material are all not from the construction kit, but taken from additional stones in the museum of Fremantle (Australia), whose intended uses and relationships to the portal have not been clarified and cannot be resolved.⁶ This means that the purely mineralogical provenance of stones was of only limited value to the research on transregional building processes.

3.4.2 Potentials and limitations of 3D visualizations

With historical building substance or architectural objects photogrammetry enables the identification and measuring of individual elements, of their frequency, their dimensions, their spatial position and their three-dimensional form etc. Based on these findings, possible gaps in the tradition can be closed by simulations and virtual reconstructions can be created, which naturally are to be subjected to rigorous source criticism. For instance, a photogrammetrically not ascertainable stone depth in the masonry composite puts clear restrictions on a 3D visualization. It only depicts the current state of a building. However, its historical genesis and alterations are still to be traced. On the other hand, visualization does provide the opportunity to resurrect a lost building, provided that suitable archival sources such as plans, sketches and lists of materials are available as well as information on the standard measurements of the stones used and of the architectural elements for support and decoration. In short, virtual reconstructions basically offer the opportunity to close gaps in the archival tradition indirectly via an animated simulation.

3.4.3 Interdisciplinarity under the perspectives of digital humanities

The project's research presented here as well as the concluding conference documented in this volume built on the cooperation between practitioners of the history of economics, of the arts and of culture, of computer sciences and architecture. This cooperation was realized under the auspices of the so-called digital humanities, not just formally due to the use of means and procedures of information technology but as a theoretical and methodological set of instruments for the connecting of scholars, methods and objects to generate finds, knowledge and insights, which up to now had seemed unobtainable by other means, as well as their documentation and presentation. One of the specific goals was the interdisciplinary development of the above-mentioned multifunctional database as a digital research tool with a multitude of options for visualizations, whereby if possible, a surmounting of the boundaries between technical languages and modes of thought was to be achieved. However, in attempting this, two seeming contradictions between the traditional historical methods and statements and the information technology/contextual computer sciences arose:

Firstly, the basic principles, procedures and aims of computer sciences create a strong obligation for the unambiguity of historical statements for the development and construction of a database as well as for the recording of historical findings (BIT-logic: "0 or 1", $\frac{1}{2}$ not an option). This however means a loss of the historian's scope for interpretation. Due to the nature of his sources, he must work with statements with different degrees of probability. It follows from this, that conjunctives such as variances, probabilities, evaluations, and yes also speculations, must be adapted to match the technological requirements of the software, meaning a shift in the statement's nature towards a rather problematic certainty. On the other hand, a database does allow for the pre-structuring of vast amounts of data along the lines of variables such as measurements and dates, their automatic conversion or standardization and the connection of persons and objects via transactions.

Furthermore, the digital shaping can bring to light previously invisible connections, evoke the creation of hypotheses and in the best-case scenario contribute to historical type formation. Due to gaps in the tradition, the visualization of historical finds tends to be ambiguous (see example of crane and ship reconstructions⁷). Models and reconstructions are generally based on approximations and on ideal types which can lay claim to varying degrees of plausibility.

How are we to solve these contradictions methodologically? In an interdisciplinary discourse, the following strategies were pursued: To start with, there was the creation of historically founded plausibilities in the virtual space. Here the (re-)construction of historical environments is governed by its own strict subject-related logic which creates immanent connections between individual objects, protagonists and their transactions. In this fashion, new fields for experimentation are opened, based on which, the verification or falsification of research hypotheses beyond the individual imaginative power of the single historian is rendered possible.

Such logics inherent in a system then generally give rise to new, previously disregarded types of questions. Thus, we are very interested in the problem of the plausibility of techniques for freighting when transporting goods via ship, considering the laws of physics and changing topographical conditions – a major logistical question for the functioning of the interconnected building process.

To sum up, it is the experience gained from the cooperation in the research process, that interdisciplinarity on the whole leads via a multifaceted approach to a high degree of approximation towards factual objectivity. This is combined with a high degree of transparency for the entire research process due to ongoing and constant documentation of research means and procedures. It furthermore comes with the benefit of overcoming diverse methodological blind spots and thus ultimately with a gain in hermeneutical reflectiveness.

4. The state of research

4.1 Economic history and art history

The economic importance of the Weser trade for the region of the former county Schaumburg but also for the Hanseatic city of Bremen have formed a traditional subject of scholarly research. However less attention has been devoted to the intercultural exchange stimulated by the trade with sandstone as a building material. For instance, in the 1980s Heinrich Rütthing had still concluded that the Weser as a means of cheap transport had not exerted any far-reaching influence on the economic development of the region.⁸ It was only through the research conducted by the Weserrenaissance-Museum Schloss Brake in preparation for the exhibition "Weser – Einfluß in Europa" (a clever play on words as "Fluß" means "river" and "Einfluß" means "influence") mounted in the year 2000, that such opinions were subjected to critical scrutiny. The exhibition's catalogue⁹ as well as its conference proceedings¹⁰ served as a point of departure for our own investigations. The importance of sandstone for the economic strength of Holstein-Schaumburg is picked up on in the contribution by Georg Heil.¹¹ This commodity from the Upper Weser region can already as early as the start of the early modern age be identified in what are today the Netherlands, Belgium, Scandinavia or Poland.¹² Later periods are dealt with especially in the doctoral dissertation by Paul Hündorf¹³ on the structure of the stone masons guild in Obernkirchen as well as in the works of Johann Fockes¹⁴ on the master masons in Bremen. The publication by Rudolf Krumsiek¹⁵ provides insights into the economic importance of the sandstone quarries for the respective lords of the land until the 19th century. Research on the transregional trade in Bentheim sandstone is based particularly on the studies by Heinrich Voort, who has written numerous articles on the spread of Bentheim sandstone as well as on the organizing of the quarrying.¹⁶ The transfer of knowledge and of material, especially into what are today the Netherlands, was a main focus of the work by Koen Ottenheim and Krista de Jonge, who together edited the publication series *Architectura Moderna*.¹⁷ These endeavors served as a starting point for researching the results of cultural transfer also in the context of the trade in sandstone from Obernkirchen and Bentheim. Furthermore, Dutch findings on the construction of networks in the stone trade and in the finishing of stones were also drawn upon and used as examples for our own research questions.¹⁸ The most recent publications on the economic significance of the sandstone trade in the Weser and Vechte region as well as on the transfer of knowledge and of architectural vocabulary were reviewed for the entire duration of the project and together with the evaluation of archival sources were integrated into the project's own research results.

4.2 Architecture

Digital 3D models have been used for at least 30 years as a medium for the presentation of research results in the context of cultural heritage. Despite their employment for educational purposes, the discussion on their use in the initiation of scholarly research pro-

cesses and as tools is as yet in its infancy.¹⁹ There are to date no universally accepted standards, procedures or methodologies, nor are there standardized procedures concerning individual research questions.²⁰ Only in the area of the SFM-Procedure (Structure-Form-Motion) we can identify the initial steps of standardization through the introduction and dissemination of the necessary software. This however means that the procedures as regards content as well as technology and method must always be newly adapted and critically examined for the research context at hand.²¹ It is also not an option to draw on standard works of scientific literature as the interaction in this rather novel scientific discipline is conducted rather via personal contacts between the scientists for instance at congresses and conferences²² or via the publications that emerge from these.

4.3 Computer Sciences

The main responsibility of the project partners in the field of contextual computer sciences was to create a research-based database structure and to provide specialized research tools. Concerning the facts themselves, the work with historical sources was conducted by the historians of art and of the economy. Their findings were to be integrated as comprehensively as possible into a specially implemented relational database, however with the possibility of later modifications. This approach was adapted in favor of “agile data modelling” within the frame of the open source web-application Omeka (omeka.org), a web-based content management system specialized in the archiving of digital collections. Under the specific conditions of the WeSa project, it had to be supplemented by content neutral research-aiding tools for the in-depth analysis of data, including elements of an “agile data modelling”. In digital humanities projects this is often necessitated due to source findings which are discovered or expanded only late in the project’s duration and which can change the research hypotheses or create new ones.²³ In general, from the point of view of contextual computer sciences, the realization of such a research-supporting environment is based on the theory of the hypothesis-guided technology design. Thereby it is key to avoid or at least reduce as far as possible the forced sequentiality when using computers interactively.²⁴ In short, the state of research in the field of computer sciences in so far as it relates to the WeSa Project is characterized for one by the content management system Omeka and secondly by the procedure of “agile data modelling”.

5. Methods and procedures

The research issues outlined above represent a complex web of diverse objects, facts and figures as well as personal connections. In order to grasp those interconnected factors and to analyze them in complex relationships, the modelling of the building and transport processes appeared from a methodological point of view to be a highly promising venue towards furthering knowledge. Photogrammetrically created and computerized virtual models of pictures and data directly serve as research tools, for instance in the identification

and explanation of stones and building components, building processes and procedures. Naturally, to allow for the structured documentation and presentation of the research materials and the findings, the above-mentioned database had to be created, which especially due to its additional integrated computerized tools became a powerful scholarly instrument in its own right.

5.1 Photogrammetric and virtual reconstruction

In the following and referring thereto, both the state of technology and of science will be briefly outlined and the respective sources of knowledge presented. As a technological basis we drew on the standard SFM-procedure (Structure-Form-Motion) and the software provided for it.²⁵ The procedure connected to it, the import of images into the corresponding software and the processing to create a point cloud, is a largely automatic process which has already been described in detail in the literature.²⁶

Concerning the further processing of the point cloud with programs for 3D-modelling and the challenges arising from this, it was possible to draw on the experiences made by past projects both concerning methods and on the level of technical application. As examples we could name several projects conducted at the FG DDU (Fachgebiet Digitales Gestalten der Technischen Universität Darmstadt) where the project partners shared their research results in the shape of point clouds which were used as a basis for further reconstructions of the relevant historical buildings.²⁷

The WeSa Project's specialty was however to convert the point clouds into so-called block models to then use them for the creation of lists of stones to be able to identify individual ones. These block models were solved by the individual programming of suitable interfaces (scripts). In this, it was not possible to draw on pre-existing solutions (Figs. 4 and 5). It was ultimately only rendered possible due to the rich and pertinent experience of the FG DDU staff members and their expertise in dealing with the programming of such interfaces in 3D-programs.

The linking of the 3D models to a database was achieved with the help of WebGL-technology (Web Graphics Library) which had also been tried and tested during past research projects.²⁸ Here likewise, the success was indebted to the many years of experience with 3D models at the FG DDU. This procedure was flanked by the close communication and the regular comparing of notes with the computer science involved in the project, concerning the quantities of data and other technological details as well as the implementation into the database.

As mentioned above (4.2), our scientific knowledge concerning the usage of digital 3D models as research tools in the area of application is still in its infancy. Concerning the models of building fronts as well as of transport routes, virtual spaces were created during the WeSa Project into which research could be embedded.

5.2 The WeSa-database

A basic problem with the outlined multidimensional approach concerned the interpretively necessary integration of single finds due to the heterogeneous, interconnected material-textual source situation. The possibility therefore had to be ensured of being able to constantly adapt the research procedures to match the ever-changing level of knowledge and to modify them accordingly. To do justice to these conditions as far as possible, we adhered to the principle developed by the computer sciences of so-called agile data modelling. This allowed us to capture the ambiguity, due to the heterogeneous source situation, of the data and to render it accessible for interpretation. A pre-condition for this was firstly to establish the communication between the different disciplines regarding both content and terminology. In light of the source situation, which was anticipated to change constantly both in quality and quantity, the developed tools and storage structures had secondly to be kept neutral concerning their content and their context. Thirdly, the data entry forms had to be structured in such a fashion that through a tiered recording of the sources' information its complexity would be reduced and the thus isolated individual components would be made accessible for automatic processing or vice versa a complex search routine could be implemented. Fourth and finally, the database had to hold the potential for flexible further development to meet the challenges that would arise during the interdisciplinary research project.²⁹

For the WeSa Project this principle was implemented in the form of a coactive database which is accessible for any interested researcher on the website of the department for cultural heritage at the University of Paderborn.³⁰ In the Omeka-database which had been adapted to the project's needs, results are presented and the archival sources documented on which they are based. The material generated through photogrammetric recordings as well as 3D simulations and digital models are also included. In the database the results of the project can be viewed as well as the underlying source materials and, following personal registration, data and materials can be drawn upon for one's own research.³¹

6. Results

The overarching task which the WeSa Project had set itself was to investigate the economic and cultural connections surrounding the quarrying, production, transport and use for building purposes of the sandstone from the Upper Weser and Vechte region, which is known under the term of "Weser sandstone" coined by us. Over the three-year duration of our research, results were generated that shed light upon examples of these connections ranging over a period of three centuries (1560–1850). Focusing on five objects of reference (Antwerpen City Hall, the front of Leiden City Hall, the sandstone portal of the Batavia wreck, the Amsterdam Royal Palace (formally the city hall), the Bremen Stock Exchange in two versions) all the work stages from the quarrying of the material right up to the final sheeting of the sandstones were traced. Not least, the detailed reconstruction of the two

established trade routes (eastern and western) in an as yet unprecedented depth enabled a discussion of novel logistical questions and hypotheses (Fig. 6). This was furthermore significantly enabled by the establishment of extensive building-chronologies and the creation of a database for the virtual modelling of transport vehicles and routes. Against this backdrop research questions concerning the formats of prefabrications could be investigated as well as the economic-historical connections between planning, logistics and the trade in sandstone. The research on social networks furthermore shed light on the mechanisms of cultural exchange. But the project also delivered insights on the modes of finishing and pursued the question of which technological and artistic abilities were transferred along with the stone, amalgamated and improved.

With the keyword of "network" all kinds of relationships within the examined space can be described – referring to transport, traffic, business cooperation, finances, communication etc. In other words, what is also always behind it, is the question of the integration of spaces and their placement within a larger spatial structure. This perspective could not so far be addressed in the project as an issue in its own right and had to be neglected. Nevertheless, the obtained results on the correspondence of measurements and currencies, on market relations and financial transactions could individually offer possibilities to expand the results of the project to considerations of economic areas and thus also of economic growth and cycles.³²

Similar things can be said concerning the issue of transport, one of the space-creating constituents: At many points do the findings and achieved results give insight into the connections between the systems, infrastructures, means and techniques of transport. Transport was a major factor for the preindustrial spatial division of labor, economic development and growth.³³ The concerted combination of transport over land, on the river and across the sea characterizes in a peculiar fashion the transregional building economy examined by the WeSa Project. It would therefore be an error to consider the means of transport simply as an isolated factor.

In the following, the results will be presented in a condensed fashion and structured according to the methodological approach. The procedures and results of the research will be outlined in detail in section 1 of this volume.

6.1 Interdisciplinarity

The results which were obtained through the interdisciplinary cooperation of the WeSa Project contribute to the deciphering of the practices and meanings inscribed in the sandstone. The examination of the entire chain from quarrying, production, architectural shaping right up to the process of building necessitates the combination of different specialized approaches. This has yielded a surplus in knowledge. The investigation of the development of the usage of sandstone as a building material over the course of several centuries has enabled us, as demanded by the funding requirements, to formulate new assertions on "tangible culture in the context of societal developments."³⁴ Using the tangible stone object

as a starting point, historians of the economy, art historians, architects and computer scientists were able to fill previously existing gaps in our knowledge concerning the organization and practices of the building economy in early modern times.

The project's research design was shaped to be interdisciplinary right from the start. All the disciplines involved were working hand in hand and together contributed to the generating of knowledge in a scholarly discourse. Such an approach to the challenge posed by the material enabled a comprehensive and novel access, which took into consideration the individual disciplines' weaknesses and strengths and balanced these through mutual assistance.

The team of art and economic historians conducted the research on the necessary sources during numerous visits to national and international archives as well as museums and libraries. The findings were processed and then fed into the WeSa database. The architecture team created on site photogrammetric recordings of the buildings and individual objects under investigation and reconstructed these in a virtual realm. While this work was in progress, computer scientists were including all the newly emerging information into the Omeka database, which had been specially modified to meet the needs of the research project. It served as a virtual research environment that enabled the participating scholars to work together simultaneously on the same question as all the research results were united in the database. Due to the development and integration of new research tools as well as an automated statistical evaluation of the generated mass data, it was furthermore made possible to generate, now and in future, still further results.

6.2 Quarrying, planning, logistics, building

The shared project area of the histories of art and economics scrutinized all steps of the work from the quarrying of the stones, the questions of planning and logistics, right up to the integration of the stones into the building. A systematic prefabrication of sandstone elements could be demonstrated with reference to each of the five research objects. For almost two centuries, from the 1560s to the 1740s, sandstone elements were prefabricated on order and then transferred to the building site. This required a sophisticated system of transport and of planning. In the quarries, the stones were broken and roughly hewn into shape. They were further processed still on site or at special turnover points and then delivered on schedule to the builder. If the necessary expertise was lacking at the place of destination, architectural forms, rebuilding or building measures could be planned in detail in advance and carried out along with the delivery of the necessary building materials. The market prices for stones were established in the spheres of influence of the different lords of the land or the cities along the trade routes. The authorities had an interest to keep down the cost of stone for their own building projects but to sell on this lucrative export good for as high a price as possible.

Apart from the already mentioned aspects, environmental historical implications also played an important role, especially as the sandstone transport inland via river or from

Bremen-Lehe, Texel or Amsterdam over the open seas was strongly influenced by conditions of climate and of seasonal weather.

6.3 Personal networks

As part of the research, the social networks of those involved were for the first time systematically examined. These interpersonal connections were reconstructed, analyzed and visualized using the information fed into the database and a specially developed "network analysis tool". Thus, the meanings and consequences of personal networks could be visualized and examined. The major influence of such connections could be recognized for each of the research objects. By looking at networks it was possible to appreciate how the language of architectural forms and knowledge on the techniques of handling the sandstone material was transferred and likewise modified and adapted to meet the location specific demands. The relationships between those involved also often revealed economic and trade political interests as well as the circumstances under which purchasing orders were placed. In other words, their activities were part of a cultural exchange which found its tangible expression in the dissemination of measurements, architectural drawings and processing techniques. In short, as the work on the WeSa Project advanced, it became increasingly evident that personal networks formed a cornerstone for the successful selection of business partners as well as for the transmission of knowledge beyond mere regional contexts.

6.4 Visualizing and photogrammetry: buildings, technological systems, maps

The potential of digital reconstructions by the architecture group consisted of being able to fuse together the results of interdisciplinary research processes, to condense them and to critically reexamine the hypotheses with the aid of models. The usage of 3D models went beyond the pure visualization of buildings, due to the development of research tools. Heterogenic materials from historical written sources, layout drawings, photographs and even digital data material were assembled and interpretatively linked. Thus, the utilized 2D and 3D visualizations can be seen as expanded knowledge spaces through which new perspectives on prefabrication, stone measurements and transport routes are opened, rendering new insights possible. The main focus lay on three points:

- 1) Analysis of buildings and reconstruction: Following the photogrammetric recording, the buildings under investigation were digitally reconstructed and analyzed, drawing on the surviving sources, including the individual position of stones. The thus generated building fronts and their sandstone elements were structured hierarchically and fitted and classified with nomenclatures for the inclusion into the project's database.
- 2) Visualization of ship types in 3D, their loading and the reconstruction of loading points: The techniques of transport and loading and their topographical localization were investigated with 3D models using a digital reconstruction in the virtual space, an inno-

vative approach which was able to generate, in the face of partially missing archival documents, novel discoveries for the research on the means of transport and the loading situation. These visualizations combined with the results of the archival research provided a complete picture of the organizational structures of the stone trade and thus an important contribution to the question of prefabrication and their logistics in pre-industrial times.

- 3) Animated maps as visualizations in 2D: In order to visualize the different distribution channels and therefore the routes of the stone, animated maps with symbols and original sources were created. These 2D visualizations can therefore be understood as spatial-visual arrangements, whose aim it is to display the chain of process for a building measure, starting with the ordering of the sandstone, the transport over land, the subsequent processing and the transport by boat and finishing with the use of the stone at the building site. These different steps are available at the database as short sequences of a complete film.

These three key aspects serve to emphasize that it is through the total of technological and factual aspects that the additional benefits of such digital methods and special techniques for digital 3D visualizations manifest themselves. In the applied procedure not just one type of visualization was used but a combination of several. The condition for this was the close interdisciplinary exchange and the providing of feed-back between the project partners at all stages of this enterprise.

Digital reconstructions and visualizations of the objects and circumstances under consideration thus laid the ground for the critical assessment of theories in a way which could not have been accomplished through the mere study of the source materials. This was particularly relevant for questions surrounding the loading situation, the loading facilities and the techniques for the processing of stone.

6.5 Cross-linking and complex evaluation of research findings using the database

The specially developed database based on Omeka provides around 12.000 entries in a pool of data. The many detailed pieces of information not only document the newest insights concerning preindustrial prefabrication of architectural parts and buildings but also concerning the economic infrastructure of the international sandstone trade in Northwestern Europe. Digital reconstructions, animations and models of early modern architecture, vehicles, ships, port facilities and cranes from the 16th to the 19th century support the scholarly analysis of archival finds derived from the historical study of the sources. Digital visualizations allow us to better comprehend historical relationships in all their complexity and to analyze them with an as yet unknown depth of focus in the digital realm. With the help of novel research tools which have been added to the database, it is for example possible for the measurements of stone blocks and half-finished products mentioned in the sources to be rediscovered in modern recordings of sandstone building fronts. Using the

computer, their history of transport can be traced right back to the quarry. The thus greatly expanded building history of the reference objects which the team members had studied in Amsterdam, Antwerp, Fremantle, Geraldton, Leiden or Bremen can, if so desired, be printed as a single document (building chronology) or via data transfer be further processed digitally.

The development of the Omeka-based database was performed in close cooperation with the histories of art and the economy and was constantly being adapted to the needs of the researchers. This meant especially that initially lacking features were added with the help of plug-ins or that existing plug-ins were enhanced. Initially, the main concerns were Omeka's input assistance and the improvement of the usability. These were built on with content neutral tools which were to serve an in-depth analysis of the data.³⁵

Apart from mere features supporting data entry, the research environment was enhanced with algorithmic semantics well beyond a simple full text search. An example for this is the measurement-analysis-tool for the comparing examination of historical measurements with modern, photogrammetrically established stone dimensions. With the help of this tool all the measurements from the researched time and space, which can vary greatly from region to region, can be translated into our present metric system as a precondition for the drawing of comparisons. Furthermore, a tool was developed to deal with the different ways of calculating dates (Julian to Gregorian calendar), as well as the above described instrument for the visualization and analysis of social networks.

In the following, the most important support functions for entry and research are listed, which were implemented in the database based on Omeka and which significantly improved its possibilities in light of the research project's requirements. They can only be named here but not elaborated upon as this is done in respective contributions to this volume and in the form of explanations in the database itself:

- Plug-ins called "simple vocabulary" to replace free text input boxes with drop-down lists;
- Use of the "item relations" plug-in, in a version enhanced during the project, to draw connections between different objects;
- multiple geolocations, enhanced in comparison to Omeka, for the joint later depiction of several different objects in one or more superimposed maps;
- integration of a "video embed" plug-in to reference and to embed the videos included in the database into other objects in a segmented fashion;
- interactive use of included 3D models; with the "date search" plug-in;
- implementation of a calendar page module for the conversion of dates between the Gregorian and the Julian calendars;
- the possibility to search dates within a certain date range;
- structured measurement input masks with attached measurement analysis tool;
- tool for the analysis of social networks and for object relationships as well as for their visualization;
- interactive building maps of photogrammetrically digitalized buildings or building parts.

In general, the realization of such a research supporting structure was, from the perspective of contextual computer science, based on the theory of hypothesis-driven technology design. Herein it is key that with the interactive use of computers a “forced sequentiality” is avoided as far as possible or at least reduced. Naturally there are sequences of action that cannot be carried out in an arbitrary order without changing the result. The reduction of forced sequentiality therefore means that spaces for activity and observation are so designed that the users have no sensory, motoric or cognitive action forced upon them, if these are not necessary for the accomplishment of the specific task at hand or for teaching purposes.³⁶

Even prior to the final long-term archiving of the data and the results, the field of computer sciences’ contribution to the research was two-fold: Firstly, with its methods the divide between archival and intangible findings and the tangible material of the buildings could be overcome and their concordance verified. Secondly, serial sources could be made available for statistical evaluation, the results structured, translated into different modes of presentation and interconnected with one another.

The tying together of different historical sources, 3D models as well as the visualization of individual research results, for instance the entire distribution chain from the quarry to the finished building, in the project’s own database made it possible to unite the preliminary results of the project’s different research teams, to compare these and to subject them to discussion.

In this, the computer sciences’ mode of operation required unambiguousness from the involved historians in certain situations, something that involved a loss of interpretation possibilities. For statements on certain objects of research had to be adapted to the requirements of the database, namely those of quantitative data processing. On the other hand, this opened up fresh room for maneuvers like the processing of larger quantities of data or to analyze the recorded data using the tools developed during the project and thus to generate novel insights. Through the entry of material into the database the fruits of the architectural team’s labor could be united with the finds of historical research. This provided a broadened view of the results obtained and influenced the further evaluation of the research material.

6.6 Prefabrication

There is evidence for the systematic prefabrication of sandstone elements in each of the five cases under examination. For nearly two centuries, from the 1560s to the 1740s, standardized rough blocks, semi-finished products and finished architectural elements were prefabricated far away from the actual building site. The locations at which the prefabrication was carried out consisted of the quarries themselves (Bückeberg), the nearby workshops of the quarries’ tenants (Obernkirchen, Gildehaus) or the large workshops which had established themselves at the major trading nodes along the routes of transport (Bremen, Zwolle, Amsterdam). Along the different stages of prefabrication there is a broad range of products documented in the archival sources: We find simple, roughly hewn blocks or

plates, which were produced in large quantities according to the size requirements of the builder (Antwerp), custom-fit half-finished products for the final work at the construction lodge (Amsterdam, Bremen), as well as ready architectural elements just waiting to be installed (Leiden, Batavia) (Figs. 1, 2, 3, 4). An innovative specialty is the development from roughly hewn stones which in the 16th century were ordered as unique products at the quarry (Antwerp) to standardized "sorts" of stone (astrak, Streckstein/stretch stone, Ellenblockstein/cubit block stone) in the 18th century, which could be purchased without pre-order along the commercial chain on the open market (Bremen).

Despite the discernable trend towards a standard size not being a linear development, the research results so far indicate that all the contemporary participants shared an interest in the stronger standardization of building stones. In accordance with the building task at hand, the builders ordered the type most suited to their purposes via the international stone trade. If at the construction site itself the necessary expertise or a sufficiently powerful infrastructure were lacking (Leiden, Batavia) in order to carry out the building measure oneself, these also could be obtained together with the material from international general contractors who had the corresponding dispositive abilities. The spectrum of tasks could include the modernizing of a building front (Leiden), the complete conversion and expansion of an older building (Bremen, Batavia) or the entire building of grand projects (Antwerp, Amsterdam). Prefabrications made planning easier for the architects (calculation of the costs for material and labor), reduced the transport risks for forwarding agents (vehicles, transport capacities, loading techniques), expanded the sales opportunities for stone masons on the basis of a differentiated range of products (half-finished products) and helped the organizing merchant to minimize his own financial risk.

6.7 Logistics

A decisive precondition for the ordering and the sale of prefabricated products was a well-functioning chain of transport. The sandstones traded over distances of hundreds of kilometers along the western and the eastern route repeatedly changed their means of transport at the German and Dutch transshipment centers (Fig. 7). The use of 3D models proved to be an innovative approach for the reconstruction of contemporary logistics. Using the numbers of measurements and stones, somewhat scantily transmitted in the written sources, from lists of orders, the former cargo of ships could for example be replicated virtually. New insights drawn from the archives concerning the types of ships used and their loading capacities made it possible to now digitally examine the plausibility of historical loading and transport situations. The newly accessed archival material for the first time made it an option to reconstruct the transport across the North Sea's Wadden Sea in detail, using selected examples (Leiden, Amsterdam). Research on the recorded accidents of the 1730s (Bremen-Vegesack) furthermore revealed that the logistically weakest links in the chain of transport apparently were, due to risky loading techniques, the harbors themselves. It can however also be shown that during the time period under consideration,

the elimination of such transport hazards through modernization activities was vigorously pursued, a fact that points to the demands raised by a booming sandstone trade.

In total, the reconstruction of the international chains of transport reveals how complex the logistical challenges for the organizers of the preindustrial stone trade were – not least due to such risk factors as the environment, warfare and the fluctuating labor supply.

6.8 Trade and financing

The practices of the trade in prefabricated building components are also mirrored in the development of prices. Due to the amply surviving documented bills for the examined buildings in Leiden, Amsterdam and Bremen, prices and exchange rates which had served as a basis for the calculation of costs for the material could be determined beyond what had been established by previous research. As the “Bremen stone” and “Bentheim stone” had been long-distance trade goods, there were large margins between the prices for purchase and sale along the value-added chain. Our findings confirmed the importance of high transport costs which had the potential of doubling the price of stone after only a few kilometers, especially if the stone was transported over land by horse and cart. With the transport on water to the Netherlands, different freight charges and accounting options revealed themselves: Apart from the lump sum payment agreed by contract for an entire ship’s load of stones (Leiden), raw stone blocks or half-finished products were also measured according to their bulk, generally in accordance with the cubic foot valid in the harbor, and paid for accordingly (Amsterdam). As a means of payment for all such transactions we found evidence for hard cash as well as promissory notes, some of which could be cashed in Hamburg (Leiden) or in Amsterdam (Wjsselbank).

However prices were also influenced by very different factors: In the case of the financing of the Amsterdam City Hall, it can be shown that the potent center of worldwide trade was able to reduce its material costs with a deliberate political intervention in Bremen to have the German stone deliverers exempted from the usual fiscal payments for the Weser transport.

6.9 Research methods and related issues

Working with the interdisciplinary research project WeSa has delivered a number of insights into the mechanisms of research processes in a collaborative project and experiences which have without doubt enriched all the participants as scholars and as social beings. Furthermore, and so to speak *en passant*, revelations and indications of fields of research and issues have come about, which during the planning phase in the run up to the project could not have been anticipated or at least not with their full ramifications. The most significant examples shall be cursorily mentioned here:

Up to now, the relevance of environmental factors had been only little taken into account, despite their sometimes major influence on preindustrial processes of quarrying,

transport and building. This becomes evident above all due to the strong seasonal fluctuations of the agricultural cycle, whose necessities absorbed both labor force and time, which were then no longer available for the quarrying or the transporting of stones. What is more, the transport routes over land and water were susceptible to changes in quality according to the season.

The interdisciplinary cooperation between historians of art and of the economy with partners from the contextual computer sciences raised the challenge of overcoming one's own respective specialist language and modes of thought, so that the goal of creating a cross-disciplinary multifunctional database with digital research tools could be accomplished. The resulting request directed at the historians for an unambiguity of their statements had to limit their methodologically immanent room for interpretation in an unacceptable fashion. On the other hand, the analytic work with the database facilitated the pre-structuring of large amounts of data such as measurements, dates and their conversion, as well as the linking of people and objects through transactions. It can thus serve to encourage the formulation of new theses for research.

In contrast, the postulate of unambiguity in relation to history and the field of digital design/architecture is downright reversed: When creating computer models (loading situation, transport routes, lifting implements, types of vehicles etc.) the visualization of historical finds tends to be, due to the gaps in the tradition, ambiguous. Therefore, models and reconstructions are in most cases based on approximations and ideal types, which can, depending on the specific source situation, lay claim to varying degrees of plausibility.

From the interdisciplinary discourse between the histories of art and the economy, architecture and the computer sciences, the following compromise emerged as a way forward: All results of knowledge creation are based on historically founded plausibility in the virtual realm. The (re-)construction of historical environments is governed by its own subject-related logic, which brings objects, participants and their transactions into immanent relationships. Thus, new fields for experimentation emerge, whose creation is the precondition for the verifying or falsifying of research hypotheses beyond the subjective powers of imagination held by the individual historian. These rules of logic immanent to the various participating disciplines tend to raise, when in confrontation with one another, novel and as yet unnoticed questions for research, such as for example the question of the plausibility of the loading techniques of transport ships in accordance with the laws of physics and changing topographical conditions. In this fashion, virtual reconstructions offer the possibility of closing gaps in the archival sources by indirect means with the help of a virtual simulation. Furthermore, the multi-perspective approach of the interdisciplinarity, for which the WeSa Project can serve as an example, leads to a high degree of factual objectivity in the historical research as well as to a plus in hermeneutic transparency.

In light of the interdisciplinary composition of the project team it was a noteworthy cognition, that the project's advance was generally an alternating process which cannot be designed to be linear. As in the field of digital visualizations in 2D and 3D as yet no stan-

standardized procedures for their manifold potential applications have been developed, which could above all be judged with reference to the ensuring of quality and of good scientific practice, those results could well be seen as a contribution to basic research. We mean the interplay between previous project planning and the conscious use of visualization technologies. Before the project's start therefore an analysis of the available digital methods with reference to the research aims has to be conducted and evaluated. Digital and traditional procedures and methods of research on historical objects and issues should not be mutually exclusive but enhance each other. In this way, new knowledge spaces can be developed.

Furthermore the interdisciplinary project work has uncovered four basic challenges, which in the same clarity could not be revealed by a monodisciplinary approach, but which could be mastered with the help of so-called agile data modelling: (1) the identification and rectification of deficits in the communication or mutual understanding between the disciplines; (2) the ensuring of the possibility to make revisions in light of a changing source situation and also the factual neutrality of the tools and the created repositories; (3) the ensuring of a secure handling of the input masks following the principle of progressive disclosure; (4) the enrichment of the database employed with an "algorithmic semantic", in order to take into account both the interdisciplinary dialog and the simultaneously progressing research process.

7. Conference and conference volume – medium for the processes of research and knowledge sharing

The research and sharing processes of the joint project "Weser Sandstone as a Global Cultural Good" comprise four interconnected elements: Firstly, the crucial basis is made up of the research work itself that unites several components, for instance the development of the research design in accordance with the theses and approaches outlined in the project's proposal. Center stage was taken by the description and saving of the objects of research along with the reception and critical examination of the previous scholarly literature as well as the research on material of different provenance. This corresponded with feedback considerations about their documentation and presentation. It was achieved in the form of personal and medial-communicative exchange between the project partners based at different locations and institutes (weekly project meetings on the coordination of shared work, often via the messaging service skype). In this context, secondly, the discussion of the results and the development of a concept for their documentation with interactive user tools (above described electronic platform) was conducted. The project's third integral component was a conference for the presentation of the project to the scholarly public and for the creation of a broader topical and theoretical context of reference by embedding the results in a broader framework of comparable scholarly initiatives, by drawing comparisons to the methodology developed elsewhere and especially by taking notice of approaches developed in the fields of information technology and digital humanities. A fourth and

preliminary concluding element is the representation of the conference in a conference volume, which – due to all the as yet unanswered questions concerning the durability of electronic modes of publishing – is the most permanent form of publication. The concluding event generated feedback effects concerning the project's results, which as far as possible have been included in the published contributions.

The volume's 19 individual, yet under the above described premises interconnected contributions form four groups, in each of which certain questions are focused on which offer a unique perspective on those topics that have occupied the WeSa Project and shaped its objective. The following cursory description of the various contributions naturally cannot and indeed should not replace reading them in full.

What was the research project about, what were its preconditions, what finds, results and insights manifested themselves? These questions are debated in the *first section* of the book (1. Weser Sandstone – the Project), in which those involved with or working for the project from different disciplinary backgrounds discuss significant factual and methodological issues. Not nearly all of the details or results of the research process could however be described and dealt with in depth. Therefore, the above-mentioned WeSa database and the interactive platform are to be seen as complementing documentation media. Under the heading of "agile modelling" (Reinhard Keil and Geo Zahn), the essential ferment of an interdisciplinary joint project is presented. This is, for one, the interconnection of research approaches, objects, results, as well as of the contributing researchers, and secondly, the means and methods of information technology, the procedures for archiving and for documentation, which are necessary or indeed essential. This complex in its relationship to cultural studies is by now discussed under the headword of digital humanities.

From the point of view of architecture a special method in a sense stemming from this, is described – "digital models as scholarly tools" (Joachim Backes/Marc Grellert/Mieke Pfarr-Harfst) – that played a constituting role for the project's cognitive process concerning the forming of hypotheses and the survey of findings. The underlying finds of a trade historical, business administrative and production technological nature, the circumstances and the conditions of the Northwestern European sandstone trade form the topic of the volume's most extensive article under the headwords of "prefabrication – logistics – prices" (Michael Ströhmer). The principle of the prefabrication of building parts in various stages of finishing and their transregional trading and transporting was one of the research project's roundly confirmed hypotheses. Connected to it was a building technological, logistical and business organizational transfer of knowledge which was carried out by participants such as craftsmen, mariners, traders and merchants. Those social networks in the sandstone trade are investigated by Wiebke Neuser regarding their genesis and stability ("sandstone trade and personal networks"). A sandstone product, namely roof and floor panels, that originated from the Solling area at the upper Weser and which was disseminated far into northern Germany, is featured in the contributions by Teresa Brandt ("the monopoly on trade in Solling sandstone") and Ralf Otte. While Brandt is primarily concerned with questions of business management, Otte focuses on the production techniques and the

question of standardization (“roof and base slabs from the Solling – normed and refined stone trade material”).

The volume’s *second section* deals with a topic which is only difficult to grasp explicitly, namely the transfer or diffusion of know-how in the building economy which established far-reaching innovations, but which we find implicitly inscribed into the available objects. Furthermore, we can observe the temporary or permanent migration of building experts and of craftsmen, who as carriers of “implicit knowledge” are responsible for the dissemination and the exchange of know-how, technologies and forms. The extent to which writings of an architectural historical nature and books presenting forms and examples, which were increasingly available in print, delivered a shared norm or guideline, is difficult to establish. It therefore must also be cautioned against the premature identification of “style landscapes” such as the well-known “Weser Renaissance”. With the term and principle of “prefabrication”, the project takes on exactly that problem of the standardization of building elements, set pieces and their distribution, but so to speak from the bottom up.

The contributions in this section therefore approach the phenomenon from two sides: The renowned building of the Albrechtsburg in Meissen serves as a revealing example for the “constructional innovations” which were established since the close of the 15th century (Stefan Bürger). On the other hand, we must ask how such innovations were generated and spread over large distances. Despite the examples stemming from different regions with different ranges they do share in the common phenomenon of the transfer and exchange of technological and cultural knowledge. This is likewise true for “the migration of Dutch architects and sculptors in the Baltic Sea region” (Michael North) and the connection between “the economic situation of the building trade in the Baroque period and the migration of builders” in southern Germany and the pre-alpine region (Reinhold Reith), as well as for the “painter as a journeyman”, specialists somewhere between artisans and artists (Andreas Tacke).

A *third section* of the volume to some extent reverses the perspective by examining from the point of view of the theory, methods, techniques and procedures of information science the individual historical issues as well as the means of research and presentation under the heading of digital humanities. Or, differently stated, it is about the analytical approach to objects and documents in interaction with the presentation of finds and of insights using the means of information science. The latter is by no means relegated to the status of an auxiliary science for the quantitative or formal evaluation of sources and for an orderly structuring and presentation, but it reveals its qualitative function as a factor in the possible generating of results. Previously hidden issues in the relationship both *between* the sources and also *between* the sources and observer/researcher can come to light and become visible and tangible to the scholar and the recipient. The place for such reflective processes of research and observation is – almost per definition – the museum, where due to the musealization of the object, its re-valorization takes place. The field of tension between that and the *original* value is where the specialist of digital methods’ work takes place. While Stephan Hoppe (“the architectural model in the digital age”) and Marc Grellert

("virtual objects and digital applications in museums") explore the potentials and uses of virtual objects as exhibits in the traditional museum, Ralph Knickmeier leaves this tangible place behind him and enters the virtual museum which first of all emerged through the digital interlinking of digitalized works of art ("tactile vision at the digital museum"). This form, ever more expanding in the digital world and practically unrestricted, no doubt has consequences for the reception and the aesthetic acquisition of the piece of art and creates it, so to speak, anew. The results for arts and culture as well as on the people's mentality and means of realization or on the observers themselves are not yet discernable. But they probably do imply a deep cultural shift. We may raise the question of whether this development will not lead to symptoms of deficiency concerning physical-sensual perception and experience and that these in fact will be cured with a celebrated resurrection of the haptic and sensually experienceable object. The human as a *creature with its deficiencies* demands to be satisfied!

The above-mentioned space between the object or document and their visible representation manifests itself in two fields which at first sight seem far apart: Archaeology in particular, due to the generally fragmentary nature of its finds, is called upon to create a plausible but still hypothetical big picture of historical phenomena. In this, digital visualization offers technological possibilities to make hypotheses more accessible to the sensual imagination in order to be better able to assess them critically (Dominik Lengyel/Catherine Toulouse: "On the visualization of archaeological hypotheses"). A certain kind of archaeology is practiced by Joachim Veit in the interspace between the notation of a musical piece and the composer's musical intention and form of expression ("Musical documents. Aspects of their modelling in the context of digital editions"). Using his digital editing technologies, he can, so to speak, penetrate beyond the surface of formal notation and can try to make the process of composition as well as its formal result transparent, something equally involving the composer, the scribe and the performer. If Veit's object is the musical notation, Manfred Thaller's is the manuscript ("the next limit: ORC for manuscripts – and the methodological consequences"). He discusses the potentials and limitations for the application of OCR-technologies for the mountains of handwritten archival sources, especially in light of the question, in how far automatic searches of large masses of data, which could not be surveyed by an individual researcher using only traditional means, would have methodological consequences in the processing of data structures as well as lead to a broadening of the scopes for interpretation. For finds might be obtained and connections might become visible which up to now have remained out of the sight of researchers.

The project examples and information systems discussed by Thaller take us to the two contributions to the *fourth and final section*. Under the heading of "computer sciences: programs and systems" these are concerned with the creation of a specialized information technological infrastructure, which can establish a reciprocal relationship with the concrete objects of research and can serve for their documentation and evaluation. The MonArch database system presented by Burkhard Freitag ("from spatial modelling to the modelling of space") was motivated by the evident demands of monument preservation, archaeology

and related subjects for the most broadly based preservation of architectural heritage beyond the customary concrete measures of material conservation. The database links all the available information in all its forms on a certain building with a digital model of it. The additional value stems from the fact that the thus pooled collections of information turn the system into an instrument of documentation including visual components, for representation and thus also into a means of information as well as a means of scholarship. Especially the thus addressed integration of research data with the means of information technology stands for the special relevance of such efforts or can give relevance to the digital humanities. It is therefore on the use, purpose and function of digital infrastructures on which Andreas Henrich and Tobias Gradl focus in their contribution (“integration of research data. How can research infrastructures help?”). Using DARIAH-DE as an example, they discuss the potentials for uniting heterogeneous data sets from object descriptions, results of research processes and meta data or models. This purpose brings with it the need for harmonizing diverse sets of data, which is in fact the precondition, using search routines to gain access to data (such a structure by the way also underlies the mentioned WeSa database). Henrich/Gradl present examples of challenges and solutions using the documentation of grave sites at Bayreuth’s Jewish cemetery. Such digital research infrastructures prove their uses in various ways: They generally allow research to rest on a broader basis, permit the use of specialized digital tools, contribute to the education of experts who are competent both as scholars and as computer scientists and who will therefore, as we can already see, be in high demand. Last but not least, the subsequent usability of structured datasets is ensured, which would otherwise be electronically archived in a sterile fashion.

8. Future prospects

In light of its approach, methodology and interdisciplinary cooperation, the joint project WeSa can justly claim to serve as a good example for research on the complex connections between business economics, construction and art history. For the insights that were gained can on principle be applied to other regions which served as a source of building stones and from which this material was transported to transregional destinations. Furthermore, the questions, research methods and instruments which were developed in the project’s context can be employed to investigate the building economy in other regions – such as the catchment area of the Elbe and the Loire. Up till now, only the material of sandstone has been more closely examined. Concerning research on the early modern construction business there are still substantial gaps in our understanding concerning other materials such as bricks and wood, which as building materials were also used for prefabrications and installed in the context of complex trading structures.

In general, the potential for scholarly progress lies especially in the combination of diverse historical sources, models in 3D and visualizations of buildings as well as of the multidimensional networks between the object (stone), transport and building, between

the people involved, that is, in the reconstruction of spatial relationships, as well as the establishing of comparability of measurements and weights through a platform for working and documentation such as the WeSa database. In it, individual results as they are generated but also the contribution of the scientific disciplines involved can be combined with one another and rendered visible. Thus, the project's structure itself can serve as an example. The database itself can be seen as a point of departure for similar research projects. Due to the accessibility for other researchers, we have the potential to initiate a transregional exchange of knowledge, which can solve further research questions.

As indicated by the latter examples, the project on Weser sandstone cannot be regarded as closed and finished. With the four types of media presentation described at the beginning – communicative in-depth research, interactive project database, conference volume and project report – it is so designed that the research can be complemented and expanded both spatially and topically and its methodological, terminological and theoretical premises and implications be applied to other regions, critically re-assessed and elaborated upon. In closing we would like to emphasize yet again: Such potential can only be unleashed with an interdisciplinary joint project.

Anmerkungen / Notes

- 1 Die Ausschreibung des BMBF-Programms im Frühjahr 2012 gibt u. a. die Fragen vor, „wann und warum bestimmten Objekten Innovationspotential zugeschrieben wird und wie neuartige Objekte sozial und kulturell hervorgebracht werden. Welche Innovationen setzen sich unter welchen Bedingungen durch – weshalb aber werden andere ignoriert, missverstanden oder vergessen? Oder wie wird Technologie über Objekte transferiert und in neuen gesellschaftlichen Kontexten beispielsweise verfremdet?"; <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-738.html> (19.07.2018); Beschreibung der Förderlinie unter: https://www.bmbf.de/pub/Sprache_der_Objekte.pdf (19.07.2018).
- 2 Vgl. Lepper, Jochen / Weber, Jutta / Mederer, Josef: Archäologische Spurensuche mit geowissenschaftlichen Methoden: Ein Weserrenaissance-Portal in Australien (9. Jahrestagung der Fachsektion GeoTop), Lorsch 2005, S. 42 f.
- 3 Im Fluß, Bergung, S. 13 f. u. 18–21, in: Lüpkes, Vera (Hg.): Im Fluss – Bergung, Konservierung und Präsentation der historischen Weserschiffe, Tübingen 2001 – Zu den Steinformaten vgl. den Beitrag von Michael Ströhmer in diesem Band.
- 4 Mignot, Claude: Architektur des 19. Jahrhunderts, Stuttgart 1983, S. 181–186.
- 5 Seng, Eva-Maria: Stadt – Idee und Planung. Neue Ansätze im Städtebau des 16. und 17. Jahrhunderts, München, Berlin 2003, S. 109–153, v. a. S. 150–153.
- 6 Dazu unten Beitrag Ströhmer.
- 7 Vgl. Datenbank unten Abb. 2 sowie in diesem Band Beitrag Backes/Grellert/Pfarr-Harfst, S. 141, 143 u. 155 f. u. Abb. 6 u. 7 sowie Beitrag Ströhmer, Abb. 1b.
- 8 Rütthing, Heinrich: Beobachtungen zur Weserschifffahrt im 16. Jahrhundert, in: Bachmann, Jutta / Hartmann, Helmut (Hg.): Schifffahrt – Handel – Häfen. Beitrag zur Geschichte der Schifffahrt auf Weser und Mittellandkanal, Minden 1987, S. 75–92, hier S. 89.
- 9 Kastler, José / Lüpkes, Vera (Hg.): Die Weser. Ein Fluß in Europa. Aufbruch in die Neuzeit. Holzminiden 2000.
- 10 Bulst, Neithard / Kastler, José / Rütthing, Heinrich (Hg.): Die Weser. Ein Fluß in Europa. Symposiumsband zur Wirtschafts- und Kulturgeschichte des Weserraums in der Frühen Neuzeit (Mate-

- rialien zur Kunst- und Kulturgeschichte in Nord- und Westdeutschland 27), Weserrenaissance-Museum Schloss Brake 2001.
- 11 Heil, Georg: „Einkaufung, Abfuhr und Verhandlung der Bückeberger Rauh- und Hawensteine“. Gewinnung, Transport und Handel von Obernkirchner Sandstein 1528–1640, in: Bulst et al., Die Weser. Ein Fluß in Europa, S. 151–188.
 - 12 Darauf verweisen auch folgende Archivalien aus dem Niedersächsischen Landesarchiv, Abteilung Bückeberg (NLA BÜ), Sig. L 1 Nr. 6861–6917.
 - 13 Hündorf, Paul: Die Steinhauer-Zunft zu Obernkirchen, ein Beitrag zur Geschichte des Zunftwesens, Halle a. S. 1887.
 - 14 Focke, Johann: Bremische Werkmeister aus älterer Zeit, Bremen 1890.
 - 15 Krumsiek, Rudolf: Das schauburgische Bergrecht, Rinteln 1963.
 - 16 Voort, Heinrich: Die gräflich bentheimischen Bergmeister, in: Jahrbuch des Heimatvereins der Grafschaft Bentheim 1968; Ders.: Die holländische Steinhandelsgesellschaften in der Grafschaft Bentheim, in: Verslagen en mededelingen van de Vereniging tot beoefening van Overijsselsch Regt en Geschiedenis (Overijsselse Historische Bijdragen) 85 (1985), S. 164–185; Ders.: Abbau, Absatz und Verwendung von Bentheimer Sandstein in acht Jahrhunderten, in: Schriftenreihe des Sandsteinmuseums Bad Bentheim 1 (2000), S. 3–18; Ders.: Bentheimer Sandstein aus den Steinbrüchen in Gildehaus und Bentheim. Farbe, Härte und Wetterbeständigkeit als Auswahlkriterien für seine Verwendung, in: Das Bentheimer Land 2010, S. 7–22; Ders.: Bentheimer Steinbrüche im 19. Jahrhundert, in: Bentheimer Jahrbuch 200 (2011), S. 181–186.
 - 17 Vgl. insbesondere: Ottenheim, Koen (et al.) (Hg.): Unity and Discontinuity. Architectural Relationships between the Southern and Northern Low Countries (1530–1700), (Architectura Moderna 5) Turnhout 2007; Ders.; De Jonge, Krista (et al.) (Hg.): Public Buildings in Early Modern Europe (Architectura Moderna 9), Turnhout 2010; Dies. (Hg.): The Low Countries at the Crossroads. Netherlandish Architecture as an Export Product in Early Modern Europe (1480–1680), (Architectura Moderna 8), Turnhout 2013.
 - 18 Tussenbroek, Gabri van: The Architectural Network of the Van Neurenberg Family in the Low Countries (1480–1640) (Architectura Moderna 4), Turnhout 2006; Ders.: ‚Alzo zult gijlieden dat maken‘. Gebruik en ontwikkeling van bouwcontracten en bestekken in de Noordelijke en Zuidelijke Neerlanden tot 1650, Leiden 2013; Hurx, Merlijn: Mitteleeuwse ‚prefab‘ in de Nederlanden? De Hollandse kerken van de Antwerpse loodsmeester Evert Spoorwater, Bulletin KNOB 106/3 (2007), S. 112–134; Ders.: Architect en Aanemer. De opkomst van de bouwmarkt in de Nederlanden 1350–1530, Nijmegen 2013.
 - 19 Hermon, Sorin: 3D Modelling as a Scientific Research Tool in Archaeology. Academia.edu. Online: http://www.academia.edu/1226903/3D_Modelling_as_a_Scientific_Research_Tool_in_Archaeology.
 - 20 AG Digitale Rekonstruktion: Aktuelle Themenkomplexe und Herausforderungen. Online: <http://digitale-rekonstruktion.info/wp-content/uploads/2014/11/141028-AGDR-Themenkomplexe.pdf>.
 - 21 Münster, Sander: Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen. Online: http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15687/Muenster-Kooperation_3D-Rekonstruktion-Dresden_2014.pdf.
 - 22 Als einschlägige Tagungen sind in diesem Zusammenhang folgende zu nennen: Tagung des Verbandes für Digitale Humanities im deutschsprachigen Raum (DHd); Cultural Heritage and New Technologies (CHNT); Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA); EuroMed oder die Netzwerktreffen der AG Digitale Rekonstruktionen.
 - 23 Die Aspekte der Implementation inhaltsneutraler Werkzeuge zur Forschungsunterstützung werden vertiefend beschrieben in Keil, Reinhard: Gestaltung virtueller Forschungsumgebungen für die philologische Detailarbeit, in: Richts, Kristina / Stadler, Peter (Hg.): „Ei, dem alten Herrn, zoll’ ich Achtung gern“. Festschrift für Joachim Veit zum 60. Geburtstag, München 2016, S. 437–461.
 - 24 „Die grundsätzliche Hypothese [...] lautet, dass Artefakte umso gebrauchstauglicher sind, je mehr sie es durch die direkte Kopplung von Handlungs- und Wahrnehmungsraum den Nutzern ermöglichen, ohne unnötigen Zusatzaufwand [...] ihre Aufgabe zu erledigen [...]. Das führt unmittelbar auf das Leitkriterium der Reduzierung erzwungener Sequenzialität.“ – Keil, Reinhard: Hypothesengelei-

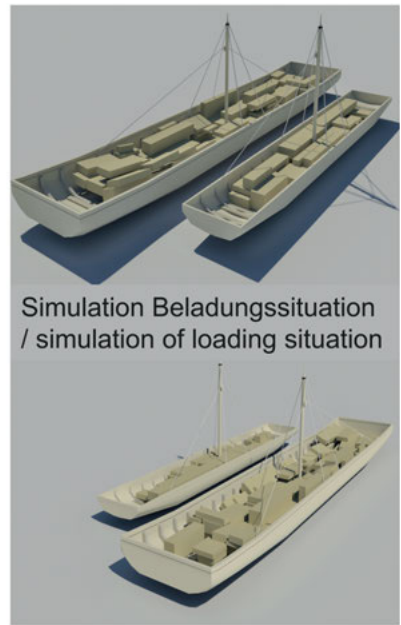
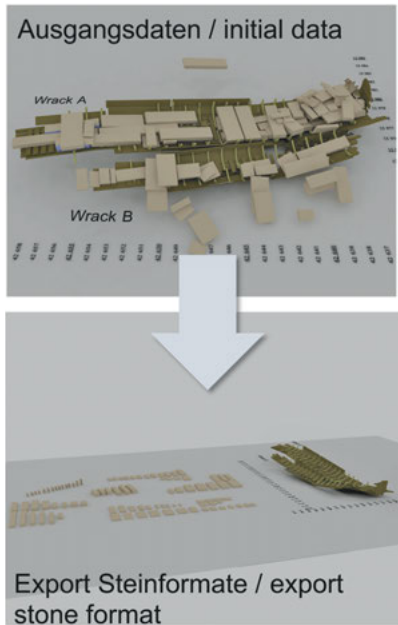
- tete Technikgestaltung als Grundlage einer kontextuellen Informatik, in: Breiter, Andreas / Wind, Martin (Hg.): Informationstechnik und ihre Organisationslücken. Soziale, politische und rechtliche Dimensionen aus der Sicht von Wissenschaft und Praxis. Berlin 2011, S. 165–184.
- 25 Meshlab, AgiSoft, Photoscan, siehe auch II.1 – Bauwerksanalyse.
 - 26 Z. B. Westoby, M. J.; Brasington, J.; Glasser, N. F.; Hambrey, M. J.; J. M. Reynolds: Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications, online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>.
 - 27 In folgenden Forschungsprojekten wurden Ausgangsdaten aus SFM oder Scanverfahren in Form von Punktwolken weiterverwendet: Digitale Rekonstruktion der Kaisergäber Xi'an (2006); Ephesos – Byzantinisches Erbe des Abendlandes (2009); Abenteuer Orient – Max Oppenheimer und seine Entdeckung des Tell Halaf (2014).
 - 28 Als Beispiel ist hier das Projekt „Dohna-Schlodien – Ein virtueller Ausstellungskatalog“ zu nennen, das in enger Kooperation mit dem Herder-Institut und dem dortigen Projekt „Virtuelle Rekonstruktion von Barockschlössern im ehemaligen Ostpreußen“ durchgeführt wurde. Siehe auch: Dworak, Daniel / Kuroczyński, Piotr: Virtual Reconstruction 3.0: New Approach of Web-based Visualisation and Documentation of Lost Cultural Heritage, in: Proceedings of 6th International Conference Euro-Med 2016, Nicosia, Cyprus, October 31 – November 5, 2016, Part I, Cham 2016, S. 292–306 (http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-48496-9_24 <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-48496-9_24>).
 - 29 Konzentriert zur Agilen Datenmodellierung vgl. Zahn, Gero: Wesersandstein als globales Kulturgut. Erfolgreicher Abschluss des Projekts „WeSa“ am 10. und 11. Oktober 2016, in: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Jahresbericht 2016, S. 120; ausführlich vgl. den Beitrag von Keil/Zahn in diesem Band.
 - 30 Ausführlich zu diesem Instrument Keil, Reinhard: Unterstützung kontingenter Wissensarbeit. Ein Rahmenwerk für die Entwicklung digitaler Arbeitsumgebungen zur Unterstützung des Forschungsdiskurses in den Kulturwissenschaften, in: Seng, Eva-Maria / Keil, Reinhard / Oevel, Gudrun (Hg.), studiolo. Kooperative Forschungsumgebungen in den eHumanities, Berlin 2018, S. 7–25.
 - 31 <https://wesa.cs.upb.de>; nähere Informationen zur Nutzung: <http://www.uni-paderborn.de/forschungsprojekte/wesa/>; <https://www.uni-paderborn.de/forschungsprojekte/wesa/>.
 - 32 Solchen Fragen widmet sich mit Schwerpunkt auf dem 19./20. Jahrhundert der Sammelband Schremmer, Eckart (Hg.): Wirtschaftliche und soziale Integration in historischer Sicht. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte in Marburg 1995 (VSWG Beih., Bd. 128), Stuttgart 1996; darin für die vom Projekt behandelte Zeit besonders zu beachten Denzel, Markus A.: Die Integration Deutschlands in das internationale Zahlungsverkehrssystem im 17. und 18. Jahrhundert, S. 58–109 und Walter, Rolf: Marktintegration durch verbesserte Kommunikation im 19. Jahrhundert, S. 162–183. – Denzel erfasst u. a. den Finanzraum im Nordwesten des europäischen Kontinents mit den Niederlanden und den Städten Amsterdam, Hamburg, Köln, Bremen (hier bes. S. 62, 69 f., 73 f., 76 f., 89 f. u. 103 ff.). Walter listet S. 163 eine Reihe von raumwirksamen Integrationsfaktoren auf, welche sich auch in den Ergebnissen des WeSa-Projektes widerspiegeln: Standardisierung und Typisierung (Maße, Münzen und Gewichte), Rationalisierung im Produktionsbereich (Produktionskostenreduktion), Kostenreduktion im Handels-, Verkehrs- und Dienstleistungsbereich (Transferkostenreduktion), Effizienzsteigerung im institutionellen Bereich (Transformationskostensenkung). – Allgemein auch zu Aspekten und Formen der Integration North, Michael: Integration im Ostseeraum und im Heiligen Römischen Reich, in: Jörn, Niels / North, Michael (Hg.), Die Integration des südlichen Ostseeraums in das Alte Reich, Köln 2000, S. 1–11, hier S. 2 f.
 - 33 Möser spricht für die Zeit vor dem maschinengeprägten Verkehrswesen (bes. Eisenbahn) geradezu von einem „alten Transporttypus“, dessen Merkmale er in seinen grundsätzlichen Überlegungen erläutert. Möser, Kurt: Prinzipielles zur Transportgeschichte, in: Siefert, Rolf Peter (Hg.), Transportgeschichte, Berlin 2008, S. 39–78, hier S. 39–53; vgl. auch die weiteren Beiträge in diesem Sammelband.
 - 34 Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften, Akademien, Forschungsmuseen (Hg.): Die Sprache der Objekte. Kulturelles Erbe bewahren, erforschen und vermitteln, Bonn 2016, S. 4, online in: https://www.bmbf.de/pub/Sprache_der_Objekte.pdf (09.03.2016).

35 Wie Anm. 23.

36 „Die grundsätzliche Hypothese [...] lautet, dass Artefakte umso gebrauchstauglicher sind, je mehr sie es durch die direkte Kopplung von Handlungs- und Wahrnehmungsraum den Nutzern ermöglichen, ohne unnötigen Zusatzaufwand [...] ihre Aufgabe zu erledigen [...]. Das führt unmittelbar auf das Leitkriterium der Reduzierung erzwungener Sequenzialität.“ – Keil, Reinhard: Hypothesengeleitete Technikgestaltung als Grundlage einer kontextuellen Informatik, in: Breiter, Andreas / Wind, Martin (Hg.), Informationstechnik und ihre Organisationslücken. Soziale, politische und rechtliche Dimensionen aus der Sicht von Wissenschaft und Praxis, Berlin 2011, S. 165–184.



1 Originalbausatz des Festungsportals für Batavia von 1628, Western Australian Museum, Geraldton
Original construction kit for the fortress portal at Batavia from 1628, Western Australian Museum, Geraldton



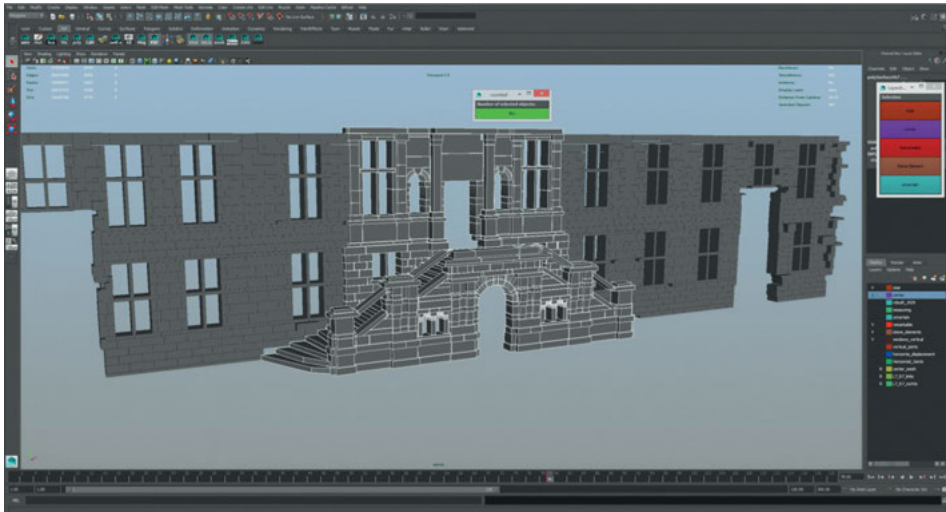
- 2 Rohrsen, Steinfunde aus der Havarie von Weserlastkähnen von 1769, Rekonstruktion und Simulation der Beladungssituation
Rohrsen, stones recovered from the wrecks of two Weser barges of 1769, reconstruction and simulation of the loading situation



- 3 Steinbruch Obernkirchen
Stone quarry Obernkirchen



4 Leiden, Rathaus, Treppe, Anfang des 20. Jahrhunderts
Leiden, City Hall, staircase, early 20th century



5 Leiden, Rathaus, Treppe, Blockmodell auf Basis durch SfM erzeugter Modelle
Leiden, City Hall, staircase, block model on the basis of SfM generated models



6 Leiden, Rathaus
Leiden, City Hall



7 Karte der Handelsrouten, West- und Ostschiene entlang von Vechte und Weser
Map of trade routes, eastern and western route along the Vechte and Weser

KO-AKTIVE MODELLIERUNG

Ein Ansatz für die Forschungsk Kooperation in den Digital Humanities

1. Einleitung

Interdisziplinarität ist in den Digital Humanities unverzichtbares wie unbewältigtes Verhältnis. Neben der Frage, welche Kompetenzen von wem eingebracht werden müssen, um die Neutralität der Werkzeuge einerseits und die Zukunftsoffenheit der jeweiligen technischen Entwicklungen andererseits zu sichern, geht die grundsätzlichere Auseinandersetzung darum, ob und wenn ja welche Disziplin jeweils als dienende oder als treibende Kraft betrachtet werden muss. Schließlich wäre aber auch eine dritte Variante denkbar, in der die Entwicklung gemeinsamer Forschungsparadigmen im Zentrum steht. Am Beispiel des Projekts „Wesersandstein als globales Kulturgut (WeSa)“ sollen eine Ausprägung dieser dritten Variante vorgestellt, die damit verbundenen Probleme aufgezeigt und die Konsequenzen diskutiert werden. Trotz des Erfolgs im Einzelnen wird deutlich, dass nachhaltige Lösungen erst in Ansätzen erkennbar sind. Das Vorantreiben damit verbundener Fragestellungen ist jedoch ein wirksames Mittel, um sich beim weiteren Ausbau der Digital Humanities einen Innovationsvorsprung zu sichern.

Informatik und Geistes- beziehungsweise Kulturwissenschaften stehen potenziell in einem Konflikt zueinander. Das zeigt sich auch wieder am Leitthema der fünften Jahrestagung des Verbandes „Digital Humanities im deutschsprachigen Raum (DHd) e. V.“, die im Frühjahr 2018 stattgefunden hat. Das Leitthema dieser Tagung, „Kritik der digitalen Vernunft“, soll den Fokus auf die kritische Dimension der Arbeit mit Computern in den Geistes- und Kulturwissenschaften legen, möglicherweise vorhandene stillschweigende Agenden bei der Modellierung und Formalisierung offenlegen und damit Denkanstöße zur Theoriebildung und Epistemologie in der digitalen Forschung geben.

In der Frühphase der Digital Humanities ist dieses Problem noch nicht gesehen worden. So betont Dell Hymes, einer der Väter der Digital Humanities in der Anthropologie, bereits in der ersten Hälfte der 1960er Jahre, dass die Anforderungen an die Formalisierung der Analyse ebenso wie an den Austausch von schematisierten Datenbeständen sowohl im Interesse der anthropologischen Forschung stünden als auch zugleich die Anforderungen seien, die für einen wirksamen Einsatz des Computers erforderlich sind.¹ Für

Hymes stellt der Computer keine Bedrohung dar, sondern verkörpert neue Möglichkeiten der Forschung. Entsprechend eindeutig und pragmatisch wird auch von anderen Autoren der Umgang mit ihm gesehen, denn die Frage, was ein Computer in der Anthropologie verarbeiten könne, so Sidney Lamb und A. Kimball Romney sei weniger eine Frage danach, was der Computer tun könne, sondern welche Prozeduren ein Anthropologe präzise beschreiben könne. Entsprechend gelte es, zunächst eine genaue Beschreibung der Verarbeitungsprozedur zu erstellen und dann diese Prozedur in Maschinencode umzusetzen. Lamb und Romney kommen zu dem Schluss, dass für die Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung in diesem Bereich sehr hohe Kompetenzen auf dem Feld der Anthropologie gefordert seien, während informatische Kompetenzen nur sehr rudimentär ausgeprägt sein müssten.²

Gewiss sind solche Einschätzungen aus der damaligen Zeit heraus verständlich, aber sie werden auch heute noch dort gepflegt, wo nur die Anwendung informatischer Methoden in den Geistes- und Kulturwissenschaften betrachtet wird, nicht aber die Weiterentwicklung informatischer Methoden und Techniken. Entsprechend kritisiert Manfred Thaller Curricula, die diesem Modell des Humanities Computing entstammen und sich im Wesentlichen auf die Vermittlung von Fertigkeiten zur Anwendung und Nutzung digitaler Werkzeuge reduzieren. Seine Kritik richtet sich dagegen, dass diese Art der Aufteilung von Kompetenzen im Zeitalter der Digital Humanities weder ausreichend noch zeitgemäß sei.³

Interessanterweise lassen sich erste Indikatoren dafür schon lange vor dem Einzug von Statistikmethoden, neuronalen Netzen und „Big Data“-Algorithmen auffinden. Roberto Busa, der mit seiner computerunterstützten Erstellung des Index Thomasticus am Anfang der Digital Humanities steht⁴, stellt 1980 rückblickend fest, dass es gravierende Unterschiede in der Art der Nutzung von Computern gebe. So sei das wissenschaftliche Rechnen durch wenige Eingaben und Ausgaben, dafür aber eine hohe Rechenleistung charakterisiert. Linguistische Analyseverfahren würden dagegen eher große Mengen an Ein- und Ausgaben beinhalten, aber eine vergleichsweise moderate Rechenleistung erfordern. Dies gelte zum Beispiel auch für die geschäftliche Datenverarbeitung. Während es hierbei jedoch überwiegend auf regelhafte Abläufe ankomme, sieht er in der linguistischen Forschung das Problem, dass eine Software nur einmal in der Phase verwendet würde, für die sie entwickelt worden sei. Die nachfolgende Forschungsphase verlange eine neue, andere Software.⁵

Unter diesem Blickwinkel stellt sich die Frage nach einer versteckten Agenda beziehungsweise umgekehrt nach der Zusicherung der Inhaltsneutralität digitaler Techniken und Werkzeuge nicht nur angesichts algorithmischer Analyseverfahren, die als „distant reading“ bezeichnet werden, sondern generell für die Landschaft der sich schnell entwickelnden virtuellen Forschungsumgebungen. Ihre Genese ist mit den jeweiligen Entwicklungszielen gekoppelt und kann dadurch immer nur beschränkt oder in Teilbereichen als grundsätzlich inhaltsneutral gekennzeichnet werden. Das beginnt schon mit der Entwicklung des Computers selbst. Der Technikhistoriker Michael Mahoney verweist darauf, dass es nicht *den* Computer gebe. Vielmehr gebe es seit 1945 eine Fülle verschiedener Entwick-