
Digitales Urban Mining von Gebäuden: Entwicklung informationstiefen-abhängiger Ressourcenpässe

Vom Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertation

von

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Philipa Jordanova Petkova
aus Bulgarien

Referent: Prof. Dr.-Ing. Uwe Ruppel
Korreferent: Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek

Tag der Einreichung: 19.07.2016
Tag der Prüfung: 14.10.2016

Darmstadt 2016
D17

Berichte des Instituts für Numerische Methoden
und Informatik im Bauwesen

Band 2/2016

Philipa Petkova

**Digitales Urban Mining von Gebäuden: Entwicklung
informationstiefen-abhängiger Ressourcenpässe**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2016

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2016

Copyright Shaker Verlag 2016

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4917-6

ISSN 1860-9430

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Meiner Familie

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt.

Ich danke Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel für die mir gegebene Möglichkeit zur Promotion, für die fachliche Betreuung und für die moralische Unterstützung sowie für die Übernahme des Hauptreferats. Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek danke ich für das Interesse an meiner Arbeit und für die Übernahme des Korreferats.

Allen meinen Kolleginnen und Kollegen danke ich für die gute Zusammenarbeit, ihre Hilfsbereitschaft und für die angenehme Zeit am Institut, an die ich mich gern erinnern werde. Ganz besonders möchte ich mich beim Dr.-Ing. Puyan A.Zadeh bedanken, von dem ich bereits als Studentin das wissenschaftliche Arbeiten kennenlernen durfte und der mich vor allem zu Beginn meiner Zeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin stets unterstützt und mir immer gute Ratschläge gegeben hat. Des Weiteren danke ich besonders Dr.-Ing. Christian Schwöbel und Robert Irmeler für das vorhandene Interesse und Diskussionsbereitschaft bezüglich meiner Forschungsarbeit. Weiterhin danke ich Dr.-Ing. Uwe Zwinger, Michael Kreger, Susanne Rohmig, Barbara Kohane, Steffen Franz, Christian Leifgen, Anna Wagner, Christian Eller und Marcus Dombois. Zudem bedanke ich mich bei den Studierenden Xuelei Li und Christopher Grund, deren studentische Arbeiten wichtige Impulse für meine Forschungsarbeit gegeben haben.

Meinen Freunden Dawit Ghebrehiwet, Daniel Strecker, Iris Taubenheim und Christina Schmittner danke ich ebenfalls herzlich für die Unterstützung während der Verfassung dieser Arbeit.

Meiner ganzen Familie und insbesondere meinem Bruder Dejan Petkov danke ich für den steten Rückhalt, die moralische Unterstützung und das entgegengebrachte Verständnis.

Philipa Petkova

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VII
Quellcodeverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis.....	IX
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Urban Mining im Gebäudebestand.....	5
2.1 Ressourcenverbrauch in Deutschland	5
2.1.1 Rohstoffsituation	5
2.1.2 Baugenehmigungen und Gebäudeabgang.....	6
2.1.3 Bau- und Abbruchabfälle	8
2.2 Begriff „Urban Mining“	9
2.3 Die vier Säulen der Strategie von Urban Mining.....	11
2.4 Praxisbeispiele im Gebäudebereich.....	13
2.5 Nachhaltigkeitsbetrachtung	15
2.5.1 Begriff und Dimensionen der Nachhaltigkeit	15
2.5.2 Zertifizierungssysteme	18
2.5.3 Das Konzept „Cradle-to-Cradle“	20
2.6 Fazit	21
3 Gebäudelebenszyklus	23
3.1 Lebenszyklusphasen eines Gebäudes	23
3.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen	25
3.2.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)	25
3.2.2 Leitfaden für die Erfassung und Bewertung der Materialien eines Abbruchobjektes	27
3.2.3 Arbeitshilfen Recycling und Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV).....	28
3.3 Abbruchphase.....	30
3.3.1 Begriffe	30
3.3.2 Vorgehensweise beim selektiven Rückbau	32
3.3.3 Beispiele für die Anwendung des selektiven Rückbaus	35
3.3.4 Recycling des Abbruchmaterials	37
3.4 Fazit	38

4	Building Information Modeling	41
4.1	Historie der digitalen Gebäudemodellierung	41
4.2	Begriff „BIM“	43
4.3	Vorteile und Nachteile	46
4.4	Internationale und nationale Anwendung	47
4.5	Austauschformate	50
4.5.1	Überblick	51
4.5.2	Industry Foundation Classes (IFC)	52
4.6	Langzeitspeicherung von Gebäudeinformationen	56
4.7	BIM-Reifegradstufen	58
4.8	BIM-Modell für die Abbruchphase	59
4.9	Fazit	61
5	Analyse der relevanten Informationsquellen für einen Ressourcenpass	63
5.1	Gebäudemodell	64
5.2	Gebäudetypologie	66
5.2.1	Wohngebäudetypologie	67
5.2.2	Nichtwohngebäudetypologie	69
5.3	Regelungen aus den DIN-Normen	70
5.4	Informationsquellen für die Nachnutzungsphase der Materialien	72
5.4.1	Umweltproduktdeklarationen (EPD)	72
5.4.2	Datenbank ÖKOBAUDAT	73
5.4.3	Baustoffinformationssystem WECOBIS	74
5.4.4	Lebensdauer von Bauteilen	76
5.5	Fazit	76
6	Konzept zur Entwicklung informationstiefen-abhängiger Ressourcenpässe von Gebäuden	79
6.1	Prozessmodell zur Erstellung eines informationstiefen-abhängigen Ressourcenpasses	79
6.2	Erfassung der Ressourcen in Abhängigkeit vom RP-Level	82
6.3	Datenhaltung	86
7	DigBM: Ein Demonstrator-System zur Erstellung informationstiefen-abhängiger Ressourcenpässe	89
7.1	Darstellung der Software-Komponenten	89
7.1.1	Auswahl der konkreten Komponenten	98
7.1.2	Datenaustausch zwischen den Komponenten	100
7.2	Funktionalitäten bei RP-Level -1, 0, 1 und 2	102
7.2.1	Auswertung nach der Gebäudetypologie	103

7.2.2	Hinzufügen von Semantik zu digitalen CAD-Grundrissplänen bei RP-Level 1	104
7.2.3	Schätzung der Länge und der Anordnung der elektrischen Leitungen bei RP-Level 1.....	109
7.2.4	Erfassung der Ressourcen bei RP-Level 2.....	115
7.3	Funktionalitäten bei RP-Level 3.....	120
8	Validierung des Konzepts.....	125
8.1	RP-Level -1: Ressourcenerfassung nach der Gebäudetypologie	125
8.2	RP-Level 0 und 1: Bearbeitung der Grundrisspläne, Erfassung von Materialmengen und Erstellung des Ressourcenpasses	126
8.3	RP-Level 2: Hinzufügen von neuen Parametern zu den Bauteilen und zu den Materialien in einem BIM-Modell und Erstellung des Ressourcenpasses	132
8.4	RP-Level 3: Erweiterung des IFC-Datenmodells um Materialeigenschaften	135
8.5	Auswertung der Daten aus dem Ressourcenpass	137
9	Zusammenfassung und Ausblick	139
9.1	Zusammenfassung	139
9.2	Ausblick.....	141
	Literaturverzeichnis.....	143
	Anhang.....	157