

Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung

BBSR-
Online-Publikation
16/2021

Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Christoph Motzko

Dr. Jörg Fenner

Daniel Blesinger

Sandra Wenzel



Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung

Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten

Gefördert durch:



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Auftrag des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-18.13

Projektlaufzeit: 03.2019–02.2021

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Fachbetreuer

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung im Bauwesen“
Daniel Wöffen
daniel.woeffen@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Institut für Baubetrieb

Projektleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko
Dr.-Ing. Jörg Fenner

Bearbeitung

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Blesinger, M. Sc.
Sandra Wenzel, M. Sc.

sekretariat@baubetrieb.tu-darmstadt.de

Stand

Februar 2021

Bildnachweis

Das Titelbild und sämtliche Abbildungen stammen vom Institut für Baubetrieb,
Technische Universität Darmstadt

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Motzko, Christoph; Fenner, Jörg; Blesinger, Daniel; Wenzel, Sandra: Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung: Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten. BBSR-Online-Publikation 16/2021, Bonn, September 2021.

Präambel

Der vorliegende Endbericht zum Februar 2021 zum Forschungsvorhaben

Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten

wurde vom Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt auf der Grundlage des derzeit möglichen Kenntnisstandes nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt. Die Vorgaben gemäß Arbeitsplan für den Berichtszeitraum wurden eingehalten.

Darmstadt, Februar 2021



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko

Inhaltsverzeichnis

Präambel.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung.....	1
1.3 Vorgehensweise und Methodik bei der Projektabwicklung.....	2
2 AP 1: Prozessanalyse und Arbeitsstudien.....	4
2.1 Systematisierung der Beräumungsprozesse.....	4
2.2 Beschreibung von Arbeitsverfahren und Arbeitsmethoden für die Beräumungsprozesse.....	7
2.3 Arbeitsbedingungen und Umwelteinflüsse bei Beräumungsprozessen.....	9
2.4 Aufnahme und Auswertung realer Beräumungsprozesse durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre.....	14
2.5 Exemplarische Darlegung der Ergebnisse der REFA-Studie für das Beräumungsobjekt 6.....	27
3 AP 2: Sensorgestützte Bestandsaufnahme in Fallstudien.....	32
3.1 Einordnung der Bestandsaufnahme in den Ablauf von Abbrucharbeiten.....	33
3.2 Kategorien der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten.....	33
3.3 Aufzunehmende Daten bei der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten.....	35
3.4 Sensorgestützte Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten.....	36
3.4.1 Smartphone mit Tiefensensor – Lenovo Phab 2 Pro.....	37
3.4.2 Plattform zur Verarbeitung von sensorischen Informationen: Google Tango.....	39
3.4.3 Punktwolkenaufnahme-Software: RTAB-Map.....	39
3.4.4 Software zur Weiterverarbeitung der Punktwolke – CloudCompare.....	41
3.4.5 Software zur Weiterverarbeitung der Punktwolke – MeshLab.....	42
3.4.6 Software zur Erstellung des Bestandsmodells: Autodesk ReCap und Revit.....	42
3.5 Durchführung der sensorgestützten Bestandsaufnahme.....	43
3.6 Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 1.....	45
3.6.1 Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme.....	45
3.6.2 Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell.....	47
3.6.3 Auswertung der aufgenommenen Daten.....	48

3.7	Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 2	49
3.7.1	Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme	49
3.7.2	Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell.....	51
3.7.3	Auswertung der aufgenommenen Daten	53
3.8	Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 3	54
3.8.1	Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme	54
3.8.2	Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell.....	55
3.8.3	Auswertung der aufgenommenen Daten	55
3.9	Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 4	57
3.9.1	Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme	57
3.9.2	Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell.....	58
3.9.3	Auswertung der aufgenommenen Daten	60
3.10	Erkenntnisse zur Durchführung der Punktwolkenaufnahme.....	61
3.10.1	Vorbereitende Maßnahmen vor Ort	61
3.10.2	Einstellungen von RTAB-Map auf dem Lenovo Phab	63
3.11	Fazit zur sensorgestützten Bestandsaufnahme.....	67
4	AP 3: Prozessmodellierung.....	68
4.1	Beschreibung „Prozessmodell Beräumung“	68
4.2	Integration der Teilarbeitssysteme der Beräumungsprozesse in das Arbeitssystem „Abbruch“	72
5	AP 4: Entwicklung der Bewertungsmatrix	92
5.1	Entstehung und Status quo der Bewertungsmatrix Abbruch.....	92
5.2	Kennzahlen für die Bewertungsmatrix Beräumung.....	97
5.3	Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung.....	101
5.3.1	Arbeitsblatt Eingabe.....	101
5.3.2	Gliederungsstruktur des Arbeitsblatts Ausgabe.....	102
5.3.3	Mengen im Arbeitsblatt Ausgabe.....	104
5.3.4	Stundenaufwände im Arbeitsblatt Ausgabe	105
5.3.5	Lohnkosten im Arbeitsblatt Ausgabe	106
5.3.6	Entsorgungskosten im Arbeitsblatt Ausgabe	106
5.3.7	Hinweis zu weiteren Arbeitsblättern	108
5.4	Veröffentlichung der Bewertungsmatrix Beräumung als Download	108

6	AP 5: Validierung Prozessmodell und Bewertungsmatrix Beräumung	111
6.1	Vorgehensweise Validierung Prozessmodell und Bewertungsmatrix Beräumung	111
6.2	Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Interviews	111
6.3	Erkenntnisse der Experteninterviews zum Prozessmodell	113
6.3.1	Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit	113
6.3.2	Berücksichtigung zeitlicher Aspekte	113
6.3.3	Vollständigkeit und Realitätsnähe des Prozessmodells Beräumung	114
6.3.4	Verbesserungsmöglichkeiten	114
6.4	Ergebnisse der Experteninterviews zur Bewertungsmatrix	115
6.4.1	Übersichtlichkeit und Aufbau	115
6.4.2	Anleitung	116
6.4.3	Auswahlmöglichkeiten der Ausgabe	116
6.4.4	Vollständigkeit und Realitätsnähe der Bewertungsmatrix Beräumung	117
7	Fazit	118
7.1	Zusammenfassung	118
7.2	Ausblick	122
8	Literaturverzeichnis	123
9	Anhang	126
9.1	Anleitung zur Bewertungsmatrix	126
9.2	Fragebogen – Interviewleitfaden	128
9.3	Transkription Interview 1	131
9.4	Transkription Interview 2	140
9.5	Transkription Interview 3	148

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtablauf des Forschungsvorhabens	3
Abbildung 2: Kennzeichen des Internets der Dinge	11
Abbildung 3: Übertragungsweg der Sensordaten an IoT-Plattform.....	11
Abbildung 4: Messvorgang Umweltdaten (links) und Gateway mit Antenne (rechts)	12
Abbildung 5: Dashboard der angewendeten IoT-Plattform.....	13
Abbildung 6: Dashboard Grafiken und Diagramme.....	14
Abbildung 7: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 1	16
Abbildung 8: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 2	17
Abbildung 9: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 3	18
Abbildung 10: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 4	19
Abbildung 11: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 5	20
Abbildung 12: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 6	21
Abbildung 13: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 7	22
Abbildung 14: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 8	23
Abbildung 15: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 9	24
Abbildung 16: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 10	25
Abbildung 17: Fotoansichten und Lageplan des Beräumungsobjektes 6	27
Abbildung 18: Herausbrechen von Belagsstücken	28
Abbildung 19: Ablauf von Abbruchprojekten	33
Abbildung 20: Kategorien einer Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten.....	34
Abbildung 21: Rückseite Lenovo Phab 2 Pro mit Beschriftung der Sensoren	39
Abbildung 22: Prinzip des graphenbasierten SLAM-Ansatzes	40
Abbildung 23: RTAB-Map Hauptfenster.....	43
Abbildung 24: Ostbereich Gebäude 1.....	45
Abbildung 25: Versuchsgebäude 1: Grundriss und Untersuchungsbereich.....	46
Abbildung 26: Versuchsgebäude 1: Automatisiertes Zusammenfügen der einzelnen Punktwolken	46
Abbildung 27: Versuchsgebäude 1: Punktwolke des Konferenzraums	47
Abbildung 28: Versuchsgebäude 1: Aggregiertes Modell des Konferenzraums.....	48
Abbildung 29: Versuchsgebäude 2: 1. OG als Revit-Modell mit überlagerter Punktwolke.....	50
Abbildung 30: Versuchsgebäude 2: Screenshot während eines Schleifenschlusses (Loop closure)	50
Abbildung 31: Versuchsgebäude 2: Punktwolken eines Raumes in 3D-Darstellung und Grundriss.....	51
Abbildung 32: Versuchsgebäude 2: Revit-Modell mit Nutzfläche (grün), Verkehrsfläche (gelb) und Technikfläche (rot)	52

Abbildung 33: Versuchsgebäude 2: Schnitt einschließlich überlagerter Punktwolke	53
Abbildung 34: Versuchsgebäude 3: Querschnitt nachmodelliert mit Autodesk Revit	55
Abbildung 35: Versuchsgebäude 3: Fundamentliste	57
Abbildung 36: Versuchsgebäude 4: Grundriss nachmodelliert mit Autodesk Revit	58
Abbildung 37: Versuchsgebäude 4: 3D-Schnitt in Revit mit unterschiedlichen Schnitthöhen (rechts).....	59
Abbildung 38: Knauf Metallständersystem und Referenz	60
Abbildung 39: Versuchsgebäude 4: Wandliste aus Revit	61
Abbildung 40: Vorbereitende Maßnahmen zur digitalen Bestandsaufnahme vor Ort.....	62
Abbildung 41: Ankerpunkte mittels farbiger Karteikarten: Foto (links) und ReCap (rechts)	63
Abbildung 42: Prozessmodell Beräumung.....	68
Abbildung 43: Basisvorgänge der Entrümpelung (1) und der Entkernung (2).....	70
Abbildung 44: Idealisertes Arbeitssystem „Abbruch“ mit Ergänzung um die Beräumungsprozesse	73
Abbildung 45: Teilarbeitssysteme 0-1 und 0-2 Entrümpelung Gegenstände	74
Abbildung 46: Teilarbeitssystem 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände	75
Abbildung 47: Teilarbeitssystem 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	76
Abbildung 48: Teilarbeitssystem 2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten.....	77
Abbildung 49: Teilarbeitssystem 2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen	78
Abbildung 50: Teilarbeitssystem 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände	79
Abbildung 51: Teilarbeitssystem 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster	80
Abbildung 52: Teilarbeitssystem 4-1 Entkernung Innentüren und -tore.....	81
Abbildung 53: Teilarbeitssystem 5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion.....	82
Abbildung 54: Teilarbeitssystem 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion.....	83
Abbildung 55: Teilarbeitssystem 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich.....	84
Abbildung 56: Teilarbeitssystem 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC.....	85
Abbildung 57: Teilarbeitssystem 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein.....	86
Abbildung 58: Teilarbeitssystem 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt	87
Abbildung 59: Teilarbeitssystem 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt	88

Abbildung 60: Teilarbeitssystem 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche	89
Abbildung 61: Teilarbeitssystem 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze	90
Abbildung 62: Teilarbeitssystem 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung	91
Abbildung 63: Programmablaufplan der Bewertungsmatrix.....	93
Abbildung 64: Eingabemodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel	94
Abbildung 65: Verfahrensbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel.....	94
Abbildung 66: Kostenbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel.....	95
Abbildung 67: Zeitbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel.....	96
Abbildung 68: Ökologisches Bewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel.....	96
Abbildung 69: Ergebnismodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel	97
Abbildung 70: Blatt Gebäudekennzahlen: Eintragung von Mengen-Kennzahlen.....	98
Abbildung 71: Blatt Gesamtmatrix: Darstellung der Mengen-Kennzahlen	99
Abbildung 72: Bewertungsmatrix Beräumung: Blatt Ausgabe Zeiten (für die Anwendenden verdeckt).....	100
Abbildung 73: Ablaufdiagramm Bewertungsmatrix (inklusive Bestandsaufnahme und Eintragungstabellen)	100
Abbildung 74: Arbeitsblatt Eingabe der Bewertungsmatrix Beräumung	102
Abbildung 75: Auszug des Arbeitsblatts Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung	104
Abbildung 76: Schema zur Untersuchung von Entsorgungskosten bei Beräumungsarbeiten.....	107
Abbildung 77: Auszug des Arbeitsblatts Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung – Kosten.....	108
Abbildung 78: Desktop – Computerverwaltung.....	109
Abbildung 79: Computerverwaltung – Datenträgerverwaltung	110
Abbildung 80: Ändern des Laufwerkbuchstabens.....	110
Abbildung 81: Aufbau der Interviews	112

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Systematik der Beräumungsprozesse	6
Tabelle 2: Arbeitsverfahren der Beräumung (Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung)	9
Tabelle 3: Untersuchte Beräumungsobjekte	15
Tabelle 4: Erfasste Beräumungsprozesse der Ebene 2	26
Tabelle 5: Erfasste Prozesse der Schadstoffsanierung.....	26
Tabelle 6: Zuschlag für Verbringung/Entsorgung auf der Baustelle Bodenbelag.....	29
Tabelle 7: Umweltdaten Entkernung Bodenbelag	30
Tabelle 8: Versuchsgebäude 1 – Raumliste aus dem Revit-Modell.....	49
Tabelle 9: Versuchsgebäude 2 – Maßabweichungen der Messergebnisse.....	54
Tabelle 10: Versuchsgebäude 3 – Vergleich manuelles Aufmaß zur Punktwolke	56
Tabelle 11: Vorteilhafte Einstellungen in RTAB-Map	64
Tabelle 12: Zuordnung der Prozesse zu den Prozessbereichen	69

1 Einleitung

Das Forschungsvorhaben „Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten“ wurde an der Technischen Universität Darmstadt vom Institut für Baubetrieb, Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, bearbeitet. Der vorliegende Endbericht stellt die Arbeiten des Instituts im Berichtszeitraum vom 01. März 2019 bis zum 28. Februar 2021 dar.

1.1 Problemstellung

Der Abbruch von Bauwerken umfasst den Abbruchprozess der tragenden Strukturen, die vorgelagerten Prozesse der Entrümpelung und der Entkernung einschließlich der Schadstoffsanierung sowie den nachgelagerten Prozess der Entsorgung. Die Ausgestaltung der vorgelagerten Beräumungsprozesse der Entrümpelung und der Entkernung trägt zur Getrennthaltung der Abfallarten bei und leistet einen relevanten Beitrag zur Vermeidung, zur Verwendung respektive zur Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen. Dieser Prozesskomplex wird von der Forschung bisher wenig beleuchtet, so dass kaum systematische Analysen zur Prozessgestaltung, zum erforderlichen Aufwand, zu den anfallenden Kosten sowie zur ökologischen und soziokulturellen Bewertung vorliegen.

1.2 Zielsetzung

Die existierenden normativen Grundlagen im Bereich der Abbrucharbeiten, beispielsweise die DIN 18007:2000-05¹, die DIN 18459:2016-09² und die VDI 6210 Blatt 1:2016-02³, behandeln vorwiegend den Abbruch der tragenden Strukturen und können nur partiell bei den Arbeitsvorgängen der Beräumung Anwendung finden. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden deshalb die Beräumungsprozesse analysiert, in eine einheitliche Gliederungsstruktur überführt und als soziotechnische Systeme modelliert. Zudem wird untersucht, wie der zwingend erforderliche Basisprozess der Bestandsaufnahme durch den Einsatz bildgebender Sensoren vereinfacht werden kann. Als Ergebnis dieser Art der Bestandsaufnahme sind die Gebäudeparameter digital erfasst und können zu einem Bestandsmodell aggregiert werden, welches in der weiteren Planung zu Informationszugewinnen beiträgt.

Zur systematischen Bewertung der Beräumung wird eine Bewertungsmatrix entwickelt, welche technische, ökonomische, ökologische und soziokulturelle Aspekte erfasst und als ergänzendes Modul

¹ DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten

² DIN 18459:2016-09: VOB/C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Abbruch- und Rückbauarbeiten

³ VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen

die bestehende „Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand – Datenbanksystem zur Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Technologien und Dauern“ (Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-13.21) erweitert. Die Umsetzung erfolgt durch ein EDV-gestütztes Werkzeug, welches sowohl die Auftraggeber- als auch die Auftragnehmerseite bei der Prozessplanung und der Bestimmung von Auftragszeiten (Aufwandswerte zuzüglich Rüstzeit) und Kosten unterstützt. Da die Teilprozesse der Beräumung ebenfalls beim Bauen im Bestand ausgeführt werden, kann das neu geschaffene Werkzeug auch in diesem Bereich Anwendung finden.

1.3 Vorgehensweise und Methodik bei der Projektabwicklung

Zur Realisierung der zugrunde liegenden Zielsetzung ist das Forschungsvorhaben in fünf Arbeitspakete (Arbeitspaket 1 bis Arbeitspaket 5) unterteilt. Der Inhalt und die Methodik zu den einzelnen Arbeitspaketen werden nachfolgend dargestellt. Einen schematischen Überblick zur Gesamtkomposition aller Arbeitspakete respektive zum Ablauf des Forschungsvorhabens gewährt die nachstehende Abbildung 1.

Arbeitspaket 1 (AP 1): Prozessanalyse und Arbeitsstudien

Im ersten Schritt des Forschungsvorhabens erfolgt auf Basis einer Literaturrecherche und von leitfadengestützten Experteninterviews eine Analyse und Systematisierung der Beräumungsprozesse der Entrümpelung und der Entkernung sowie eine Beschreibung der zugehörigen Arbeitsverfahren und Arbeitsmethoden sowie der relevanten Umwelteinflüsse. Darüber hinaus erfolgen Aufnahmen realer Beräumungsprozesse und Arbeitsweisen auf Baustellen mittels Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre sowie eine Auswertung der aufgenommenen Daten. So werden Auftragszeiten (Aufwandswert zuzüglich Rüstzeit als individualisierte Arbeitszeit-Richtwerte) zu den Beräumungsarbeiten unter Beachtung der jeweiligen Randbedingungen ermittelt.

Arbeitspaket 2 (AP 2): Sensorgestützte Bestandsaufnahme in Fallstudien

Zur Vereinfachung des Basisprozesses der Bestandsaufnahme kommt ein System bildgebender Sensoren zum Einsatz. Hierfür wird in verschiedenen Fallstudien die Verwendung eines Smartphones zur Erstellung einer Punktwolke an Bestandsbauwerken getestet. Es wird untersucht, welche Gebäudedaten und Objekte automatisiert aufgenommen und welche weiteren relevanten Daten für die Planung und Ausführung manuell vor Ort aufgenommen und dokumentiert werden müssen. Die gewonnenen Daten werden zu einem Bestandsmodell aggregiert, welches sowohl für Abbrucharbeiten als auch für das Bauen im Bestand verwendet werden kann.

Arbeitspaket 3 (AP 3): Prozessmodellierung

Die Beräumungsprozesse der Entrümpelung und Entkernung werden als Arbeitssysteme nach der REFA-Methodenlehre modelliert und in das übergeordnete Arbeitssystem „Abbruch“ integriert.

Arbeitspaket 4 (AP 4): Entwicklung der Bewertungsmatrix

Zur Bewertung der Beräumungsprozesse der Entrümpelung und Entkernung werden Einzelkriterien in den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Soziokulturelles identifiziert. Es wird ein EDV-gestütztes Werkzeug zur systematischen und begründeten Wahl der Verfahren der Entrümpelung und der Entkernung entwickelt, so dass verschiedene Handlungsalternativen verglichen werden können.

Arbeitspaket 5 (AP 5): Validierung von Prozessmodell und Bewertungsmatrix

Abschließend werden das Prozessmodell und die Bewertungsmatrix verschiedenen Akteurinnen und Akteuren im Bereich von Abbrucharbeiten zur Verfügung gestellt. Nachdem diese das neu geschaffene Werkzeug getestet haben, erfolgt eine Befragung in Form von leitfadengestützten Experteninterviews zur Anwendbarkeit des Werkzeugs. Die in Arbeitspaket 1 entwickelte Systematisierung der Beräumungsprozesse wird mittels Experteninterviews verifiziert.

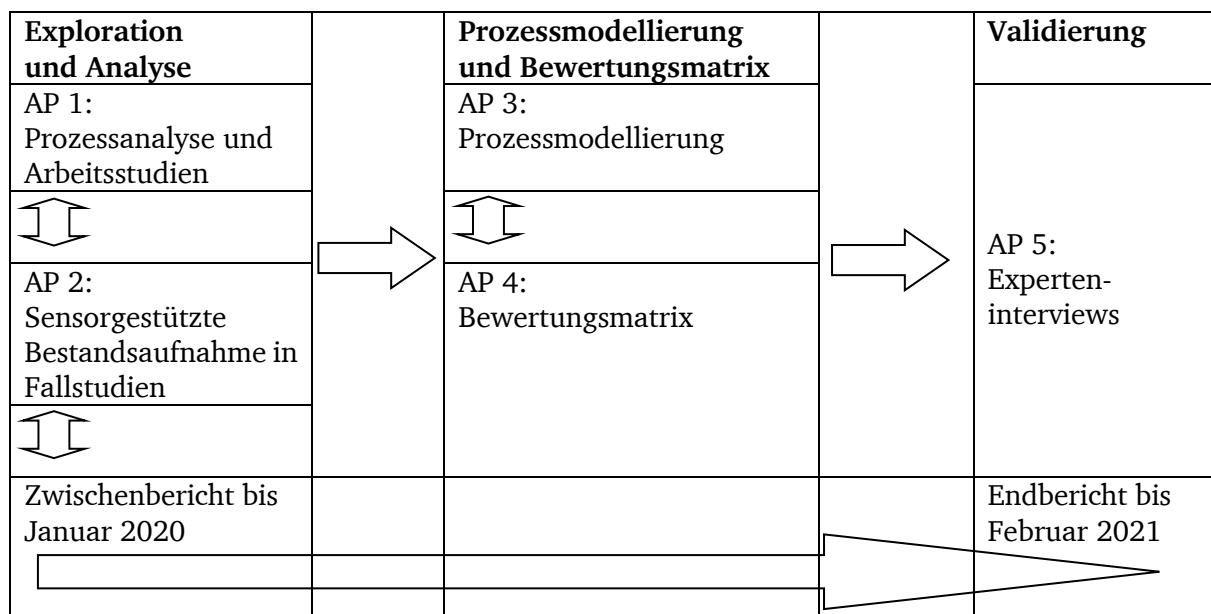


Abbildung 1: Gesamtablauf des Forschungsvorhabens

2 AP 1: Prozessanalyse und Arbeitsstudien

Im Rahmen des Arbeitspaketes 1 wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Systematisierung der Beräumungsprozesse;
- Beschreibung von Arbeitsverfahren und Arbeitsmethoden für die Beräumungsprozesse;
- Aufnahme realer Beräumungsprozesse und Arbeitsweisen durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre und deren Auswertung.

2.1 Systematisierung der Beräumungsprozesse

Mithilfe von Literaturstudien sowie mittels leitfadengestützter Experteninterviews wurde nach einer systematischen Gliederungsstruktur für die Beräumung, das heißt von Entrümpelungs⁴ und Entkernungsvorgängen⁵, recherchiert und auf dieser Grundlage eine solche entwickelt.

Bezogen auf die Systematik der Entrümpelungsprozesse wurden 17 Experten unterschiedlicher Unternehmen angefragt. Drei (3) leitfadengestützte Experteninterviews konnten durchgeführt werden. Im Ergebnis dieser Experteninterviews ist zu konstatieren, dass eine systematische Struktur der Entrümpelungsprozesse nicht ausgemacht werden kann. Regelmäßig wurde die Aussage gemacht, dass die Entrümpelung mit dem Entfernen von kleineren Objekten der Raumausstattung aus dem Projekt-raum beginnt. Danach werden die größeren Objekte der Raumausstattung entfernt.

Für die Untersuchung der Entkernungsarbeiten wurden 50 Experten unterschiedlicher Unternehmen angefragt. Sieben (7) leitfadengestützte Experteninterviews wurden durchgeführt. Als Ergebnis dieser Experteninterviews ist zu konstatieren, dass eine systematische Struktur der Entkernungsarbeiten nicht ausgemacht werden kann. Mehrfach wurde das grundsätzliche Vorgehen nach Bauteilen von der Decke (oben) zum Boden (unten) beschrieben. Einzelne Detailaussagen zu den Arbeitsvorgängen an verschiedenen Bauteilen wie zum Beispiel zum Ausbau von Türen und Fenstern wurden gemacht.

Die Ergebnisse der durchgeführten Experteninterviews führen zu der Schlussfolgerung, dass eine normativ begründete Systematik der Beräumungsprozesse erforderlich ist.

Aufbauend auf dieser Schlussfolgerung wurde im Rahmen des Forschungsprojektes eine Systematik der Beräumungsprozesse entwickelt. Als Basis dafür wurden die ausführungsorientierten Kostengruppen der

⁴ Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten

⁵ Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung

DIN 276:2018-12⁶ identifiziert. Die entwickelte Systematik der Beräumungsprozesse ist in Tabelle 1 dargestellt. Aufbauend auf der DIN 276:2018-12 wird zunächst nach den Grundprozessen (das sind die Basisleistungsbereiche) Entrümpelung und Entkernung gruppiert. Die Grundprozesse (Basisleistungsbereiche) werden weiter untergegliedert nach der Systematik der DIN 276:2018-12 in die Ebenen 1 und 2. Jedem Bauteil wird der entsprechende Beräumungsprozess zugeordnet. Die Beräumungsprozesse erhalten eine Prozess-Identifikationsnummer BP-ID. Mithilfe der aufgebauten Systematik liegt ein einheitliches Verständnis über die Prozesse der Beräumung vor.

Die vorliegende Systematik ermöglicht im Kontext der Anwendung der Methode Building Information Modeling (BIM) eine direkte Zuordnung der beräumungsbezogenen Attribute von Bauteilen zumindest bei Neubauten. Im Falle von Baumaßnahmen im Bestand ist bei einer adäquaten Bestandsaufnahme die Zuordnung von Attributen ebenfalls durchführbar.

⁶ DIN 276:2018-12, Tabelle 1

Tabelle 1: Systematik der Beräumungsprozesse

BP-ID	Prozessbereiche	Grundprozesse (Basisleistungsbereiche)	Prozess Ebene 1	Prozess Ebene 2
0 - 1		Entrümpelung	Gegenstände	kleine Gegenstände
0 - 2				große Gegenstände
1 - 1	Wandbauteile	Entkernung	Nichttragende Außenwände und Wandbekleidungen, außen	Nichttragende Außenwände
1 - 2				Außenwandbekleidungen, außen
1 - 3				Elementierte Außenwände
1 - 4				Elementierte Außenfenster, -türen
1 - 5				Elementierte Außenwandbekleidungen
1 - 6				Nichttragende Außenwände, sonstiges
2 - 1		Entkernung	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	Nichttragende Innenwände
2 - 2				Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
2 - 3				Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten
2 - 5				Elementierte Innenwände
2 - 6				Nichttragende Innenwände, sonstiges
3 - 1				Entkernung
3 - 2	Außenfenster und Schaufenster			
3 - 3			Dachfenster, Dachöffnungen	
4 - 1	Entkernung	Innentüren und -fenster	Innentüren und -tore	
4 - 2			Innenfenster	
5 - 1	Deckenbauteile	Entkernung	Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion
5 - 2				Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion
5 - 3				Decken- und Dachbekleidungen, sonstiges
6 - 1		Entkernung	Deckenkonstruktionen und Deckenbeläge (auf Konstruktion)	Konstruktionen von Decken
6 - 2				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich
6 - 3				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC
6 - 4				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein
6 - 5				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose
6 - 6				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt
6 - 7				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich lose
6 - 8	Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt			
6 - 9	Beläge auf Deckenkonstruktionen: Beschichtungen			
6 - 10	Beläge auf Deckenkonstruktionen: sonstiges			
7 - 1	Entkernung	Dachkonstruktionen und Dachbeläge (auf Konstruktion)	Dachbeläge	
7 - 2			Entwässerungen der Dachfläche	
7 - 3			Dächer, sonstiges	
8 - 1	Entkernung	Sonnenschutz	Rollläden, Markisen und Jalousien	
9 - 1	Entkernung	Einbauten	Allgemeine Einbauten: Einbaumöbel	
9 - 2			Allgemeine Einbauten: Einbauküche	
9 - 3			Einbauten mit besonderer Zweckbestimmung	
9 - 4			Baukonstruktive Einbauten, sonstiges	
10 - 1	Technische Anlagen	Entkernung	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Anlagen Abwasseranlagen
10 - 2				Leitungen Abwasseranlagen
10 - 3				Anlagen Wasseranlagen
10 - 4				Leitungen Wasseranlagen
10 - 5				Anlagen Gasanlagen
10 - 6				Leitungen Gasanlagen
10 - 7		Installationsblöcke, Sanitärzellen		
11 - 1		Entkernung	Wärmeversorgungsanlagen	Anlagen Wärmeerzeugungsanlagen
11 - 2				Leitungen Wärmeerzeugungsanlagen
11 - 3				Anlagen Wärmeverteilnetze
11 - 4				Leitungen Wärmeverteilnetze
11 - 5				Heizkörper
11 - 6				Flächenheizsysteme
11 - 7		Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges: Schornsteine, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst		
12 - 1		Entkernung	Lufttechnische Anlagen	Anlagen Lüftungsanlagen
12 - 2				Leitungen Lüftungsanlagen
12 - 3				Anlagen Klimaanlageanlagen
12 - 4				Leitungen Klimaanlageanlagen
12 - 5				Anlagen Lufttechnische Anlagen, sonstiges
12 - 6				Leitungen Lufttechnische Anlagen, sonstiges
13 - 1		Entkernung	Starkstrom- und Beleuchtungsanlagen	Unterverteiler, Installationsgeräte
13 - 2	Kabel, Leitungen			
13 - 3	Entkernung	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung	
14 - 1			Auffangeinrichtungen, Ableitungen, Potentialausgleich	
15 - 1	Entkernung	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	Anlagen und dazugehörige Verteiler, Kabel, Leitungen	
15 - 2			Übertragungs- und Verlegesysteme, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst	
15 - 3			Anlagen Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, sonstiges	
15 - 4			Leitungen Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, sonstiges	
16 - 1	Entkernung	Förderanlagen	Anlagen Aufzugsanlagen	
16 - 2			Tragseil Aufzugsanlagen	
16 - 3			Fahrtreppen, Fahrsteige	
16 - 4			Förderanlagen, sonstiges	
17 - 1	Entkernung	Nutzungsspezifische Anlagen	Anlagen Küchentechnische Anlagen	
17 - 2			Leitungen Küchentechnische Anlagen	
17 - 3			Anlagen Entsorgungsanlagen	
17 - 4			Leitungen Entsorgungsanlagen	
17 - 5			Anlagen Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges	
17 - 6			Leitungen Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges	
18 - 1	Entkernung	Feuerlöschanlagen	Anlagen Feuerlöschanlagen	
18 - 2			Leitungen Feuerlöschanlagen	
19 - 1	Entkernung	Gebäudeautomation	Schaltschränke Gebäudeautomation	
19 - 2			Leitungen Gebäudeautomation	
19 - 3			Übertragungsnetze Gebäudeautomation	
19 - 4			Anlagen Gebäudeautomation, sonstiges	
19 - 5			Leitungen Gebäudeautomation, sonstiges	

2.2 Beschreibung von Arbeitsverfahren und Arbeitsmethoden für die Beräumungsprozesse

Nach der REFA-Methodenlehre⁷ wird als Verfahren die Technologie verstanden, die zur Veränderung des Arbeitsgegenstandes im Sinne der Arbeitsaufgabe angewendet wird. Zur Bestimmung der Arbeitsverfahren und der Arbeitsmethoden für die Beräumungsprozesse wurden die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05⁸ den Verfahren zur Schadstoffentfernung der Arbeitshilfe Rückbau des Bayerischen Landesamtes für Umwelt⁹ gegenübergestellt sowie unter Zuhilfenahme der DIN-Normen zu Fertigungsverfahren weiter präzisiert.

Die DIN 8580:2003-09¹⁰ erläutert Grundbegriffe der Fertigungsverfahren und legt ein Ordnungssystem für diese fest. Die unterschiedlichen Verfahren werden zumeist in einzelnen DIN-Normen näher beschrieben und erläutert. Dabei werden die Fertigungsverfahren in die folgenden sechs Hauptgruppen unterteilt:

- Urformen,
- Umformen,
- Trennen,
- Fügen,
- Beschichten,
- Stoffeigenschaft ändern.

Die Arbeitsverfahren der Beräumung sind den Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Trennen zuzuordnen. In der Norm wird darauf hingewiesen, dass die Fertigungsverfahren auch als Verfahrenskombination gleichzeitig ausgeführt werden können.¹¹ Dies entspricht regelmäßig dem Vorgehen auf Abbruchbaustellen, wo in kürzester Zeit zwischen den Arbeitsverfahren der Beräumung gewechselt wird. Weiterhin wird angegeben, dass die Fertigungsverfahren von Hand oder mittels Maschinen ausgeführt werden.¹² Dies trifft auch für Beräumungsprozesse zu.

⁷ Berg (1984), S. 61

⁸ DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten

⁹ Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz. Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung

¹⁰ DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren

¹¹ DIN 8580:2003-09, Ziffer 5.2

¹² DIN 8580:2003-09, Ziffer 3.1

Das Verfahren Trennen wird beschrieben als Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern¹³, wobei auch das Zerlegen zusammengesetzter Körper diesem zugeordnet wird. Dabei kann das Trennen in die folgenden Gruppen unterteilt werden:¹⁴

- Zerteilen (DIN 8588:2013-08),
- Spanen (DIN 8589-0:2003-09),
- Abtragen (DIN 8590:2003-09),
- Zerlegen (DIN 8591:2003-09),
- Reinigen (DIN 8592:2003-09).

Unter Zuhilfenahme der Fertigungsverfahren der Hauptgruppe Trennen nach DIN 8580:2003-09 wurden die in Tabelle 2 dargestellten Arbeitsverfahren für die Beräumung identifiziert und gleichzeitig ein Bezug zu den Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05 hergestellt.

¹³ DIN 8580:2003-09, Ziffer 3.1.3

¹⁴ DIN 8580:2003-09, Ziffer 5.6

Tabelle 2: Arbeitsverfahren der Beräumung (Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung)

Nr.	Arbeitsverfahren Beräumung	Zuordnung Abbruchverfahren DIN 18007:2000-05
1	Demontieren	Demontieren
2	Biegebrechen/Brechen	Abgreifen, Eindrücken, Einziehen, Reißen
3	Abschlagen	Einschlagen
4	Schneiden/Spalten	Press-, Scherschneiden, Spalten durch Pressen und Spalten durch Quelldrücken
5	Sägen	Wand-, Boden-, Seil-, Kettensägen
6	Stemmen	Stemmen
7	Trennstrahlen	Hochdruckwasserschneiden
8	Thermisches Trennen	Brennschneiden mit Autogenbrennern, Sauerstofflanzen, Pulverschneidbrennern, Plasmaschneiden
9	Bohren	Kern-, Vollbohren
10	Fräsen	Fräsen
11	Schleifen	Schleifen
12	Reinigungsstrahlen	Hochdruckwasserstrahlen
13	Reinigen mechanisch (Abkratzen/Abschaben)	---
14	Reinigen thermisch (LfU: Flammstrahlen, Vereisung)	---
15	Reinigen chemisch	---

2.3 Arbeitsbedingungen und Umwelteinflüsse bei Beräumungsprozessen

Die Arbeitsbedingungen können im Zuge von REFA-Studien auf der Baustelle erfasst und mithilfe von Umwelteinflüssen quantifiziert werden. Die Umwelteinflüsse werden in physikalische, organisatorische und soziale unterschieden. Ein Teil der Umwelteinflüsse, vordergründig die physikalischen Umwelteinflüsse, kann mithilfe von Sensoren erfasst werden wie beispielsweise die Lufttemperatur und die Luftfeuchte, der Lärmpegel oder die Beleuchtung des Arbeitsplatzes. Sowohl Emissionen als auch

Immissionen können auf das Arbeitssystem und die Arbeitenden einwirken, was Auswirkungen auf die Arbeitsleistung haben kann.¹⁵

Für die Beräumungsprozesse wurden verschiedene Umwelteinflüsse untersucht. Hierzu wurden die Umwelteinflüsse durch die Nutzung von IoT-basierter Sensortechnologie fortlaufend aufgezeichnet, um verlässliche Daten zu erhalten.

Das Internet der Dinge (IoT) ermöglicht durch seine Programmierbarkeit, das Speichervermögen, die Sensoren und die Kommunikationstechnik sowie durch die Vernetzung von Objekten einen echtzeitbasierten Informations- und Datenaustausch zu betreiben. Dadurch können beispielsweise Heizungen oder Beleuchtungen selbstständig über das Internet gesteuert werden.¹⁶

Abbildung 2 zeigt die Grundsätze des Internets der Dinge. Die Ubiquität beschreibt die Möglichkeit, allgegenwärtige Objekte in intelligente Objekte umwandeln zu können. Diese Objekte sind in der Lage, ermittelte Daten messen, verarbeiten und speichern zu können. Durch diese Art der Informationsspeicherung können große Mengen an Datensammlungen unter dem Begriff „Big Data“ zusammengefasst und ausgewertet werden.

Ihre Kommunikation erfolgt direkt miteinander oder über Schnittstellen (Interfaces). Die Vernetzung der Objekte mit dem Internet erfolgt beispielsweise über RFID-Chips (Radiofrequency Identification) oder Interfaces, wodurch die Objekte durch Selbststeuerung Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich wechselseitig steuern können. In diesem Zusammenhang beschreiben die Optimierung und Lernfähigkeit der Objekte die Möglichkeit, wiederkehrende Muster zu erkennen und ihre Aktivität zu optimieren. So „lernt“ das Objekt beispielsweise, wann eine Heizung eingeschaltet werden soll.¹⁷

¹⁵ Berg (1984), S. 54.

¹⁶ Grimm (2016)

¹⁷ Grimm (2016)



Abbildung 2: Kennzeichen des Internets der Dinge¹⁸

Das Prinzip des Internets der Dinge wurde für die Erfassung der Umwelteinflüsse bei den untersuchten Beräumungsprozessen verwendet. Hierzu wurden Sensoren genutzt, die unter anderem Lufttemperatur, Luftfeuchte, Beleuchtung, Lärm und Staub gemessen haben. Das Übertragungsschema der Daten ist in Abbildung 3 dargestellt.

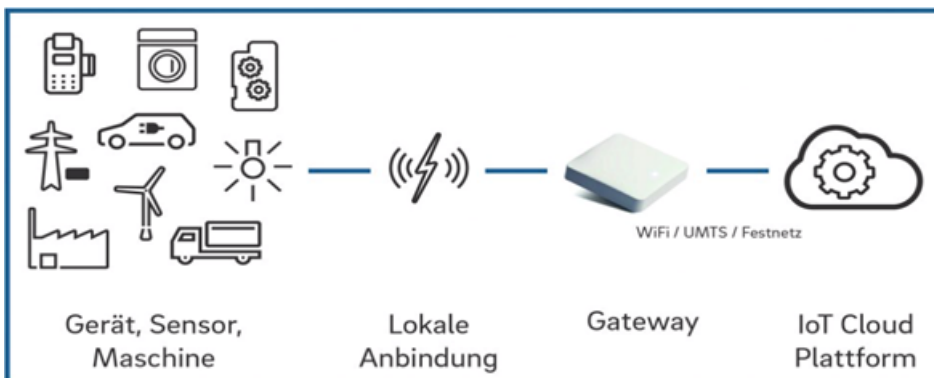


Abbildung 3: Übertragungsweg der Sensordaten an IoT-Plattform¹⁹

Zur Erfassung der Daten wurden die Sensoren in einem möglichst geringen Abstand zu den Arbeitskräften platziert und auf Kopf-/Brust-Höhe ausgerichtet. Hierzu wurde ein polysensorales System auf einem Stativ kreiert (s. Abbildung 4 links). Das Gateway und die benötigte Antenne wurden in einem

¹⁸ Grimm (2016)

¹⁹ Pereira (2018)

Baustellencontainer untergebracht, um die durchgehende Stromversorgung zu gewährleisten (s. Abbildung 4 rechts).



Abbildung 4: Messvorgang Umweltdaten (links) und Gateway mit Antenne (rechts)

Nach Übertragung der Daten an die IoT-Plattform konnten diese jederzeit abgerufen werden. Das Dashboard der IoT-Plattform wurde nach einem Baukastenprinzip aufgebaut und ist in Abbildung 5 dargestellt.

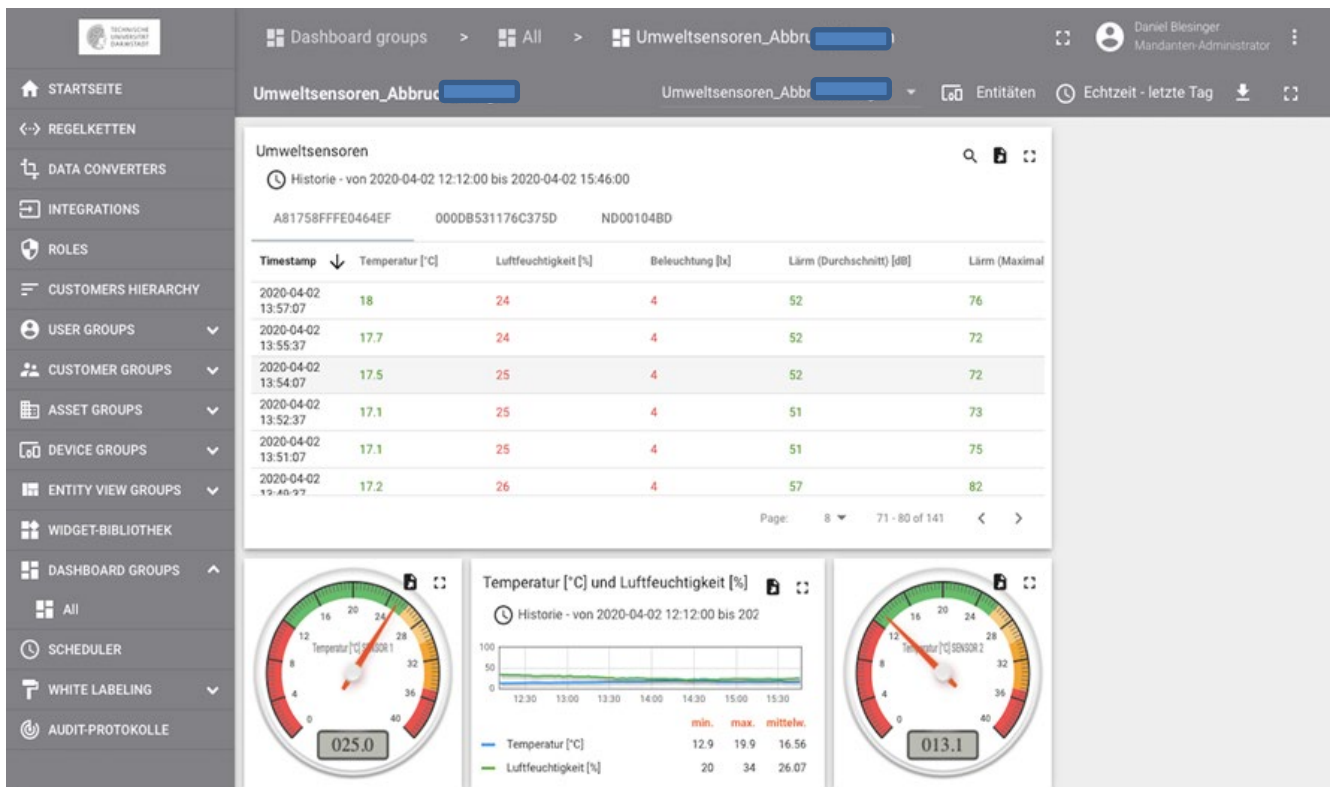


Abbildung 5: Dashboard der angewendeten IoT-Plattform

Auf der Startseite sind die einzelnen Umweltdaten tabellarisch in Spalten aufgelistet und die Messwerte in Abhängigkeit von der Uhrzeit in Zeilen dargestellt. Über die Einstellungen können Zeitfenster, Aufnahmeintervall und Datenaggregationsfunktion variabel umgestellt werden. Zur schnellen Übersicht werden die einzelnen Emissionswerte zusätzlich als radiales Messgerät mit Nadel dargestellt. Die Einstellungen der Grafiken können variabel gestaltet werden, so dass beispielsweise die Darstellung der Lufttemperatur-Messwerte in einem Diagramm und über ein vorher festgelegtes Zeitfenster möglich ist (s. Abbildung 6). Sämtliche Messdaten können als CLV- oder Excel-Tabelle formatiert werden.

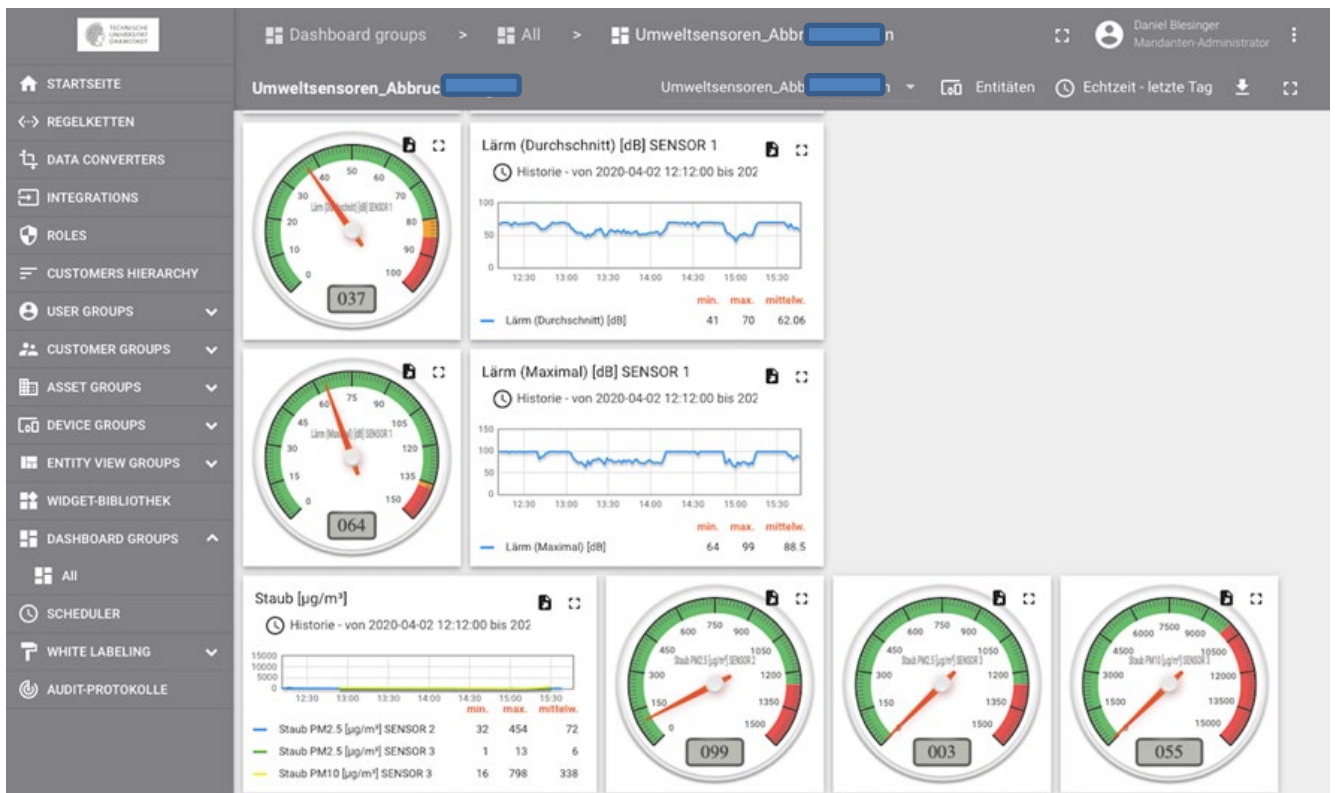


Abbildung 6: Dashboard Grafiken und Diagramme

Bei den Untersuchungen wurden drei (3) LoRaWAN Wireless Sensoren verwendet:

- Sensor 1 zur Erfassung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsstärke sowie Lärm,
- Sensor 2 zur Erfassung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Staubpartikel PM_{2.5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$],
- Sensor 3 zur Erfassung von Staub mit PM_{2.5} und PM₁₀.

Bei den Messungen von Feinstaub PM_{2.5} haben die Sensoren 2 und 3 unterschiedliche Werte gemeldet. Die Auswertung hat ergeben, dass die Funktion des Sensors 3 eine Störung aufwies.

Die Datenaufnahme erfolgte ausschließlich mit dem Ziel, die Umwelteinflüsse zu dokumentieren. Eine Auswertung in Bezug auf die Einhaltung der geltenden Regeln für den Arbeits- und Gesundheitsschutz wurde nicht vorgenommen. Eine solche Auswertung erfordert eine gesonderte Untersuchung.

2.4 Aufnahme und Auswertung realer Beräumungsprozesse durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre

Die Ermittlung von Auftragszeiten (Aufwandswert zuzüglich Rüstzeit) bei der Durchführung von Beräumungsprozessen wurde an den in Tabelle 3 aufgelisteten Beräumungsobjekten durchgeführt:

Tabelle 3: Untersuchte Beräumungsobjekte

Nr.	Gebäudetyp	Ausführung	Beräumungsobjekt
1	Geschossbau	Entkernung	Kaserne
2	Geschossbau	Entkernung	Kindertagesstätte
3	Geschossbau	Entkernung	Kindertagesstätte
4	Geschossbau	Entkernung	Wohnen und Gewerbe
5	Geschossbau	Entkernung	Wohnen und Gewerbe
6	Geschossbau	Entrümpelung + Entkernung	Wohnen
7	Geschossbau	Schadstoffsanierung	Universitätsbau
8	Geschossbau	Schadstoffsanierung	Wohnen
9	Geschossbau	Schadstoffsanierung	Schule
10	Geschossbau	Entrümpelung + Entkernung	Hochhaus – Gewerbe

Nachfolgend werden die Gebäudesteckbriefe der untersuchten Beräumungsobjekte dargestellt.


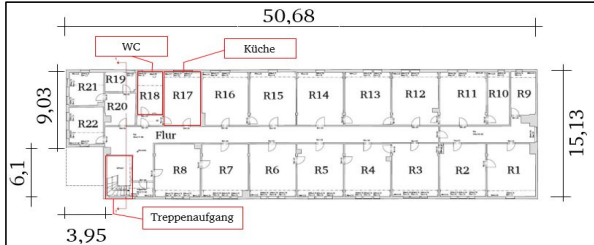
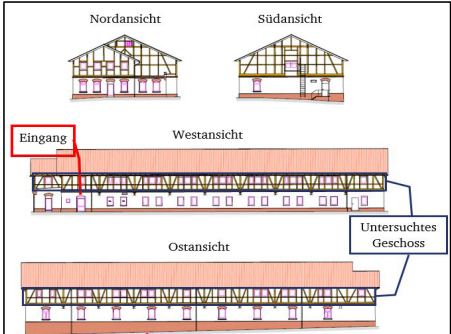

Beräumungs- objekt 1	Kaserne
Gebäude- beschreibung	Bürogebäude in Fachwerkkonstruktion. Erd- und Obergeschoss in Massivbauweise, Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Grundriss</p>  <p>Ansichten</p>  <p>Entkernungs- prozess</p> 

Abbildung 7: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 1²⁰

²⁰ Disser/Blesinger (2020)

Beräumungs- objekt 2	Kindertagesstätte 1
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	5-1 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion – Entsorgung 5-2 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion – Entsorgung
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Katasterplan</p>  <p>Grundriss</p>  <p>Entkernungs- prozess</p> 

Abbildung 8: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 2²¹

²¹ Luft/Blesinger (2020)


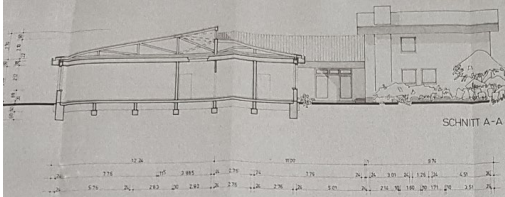
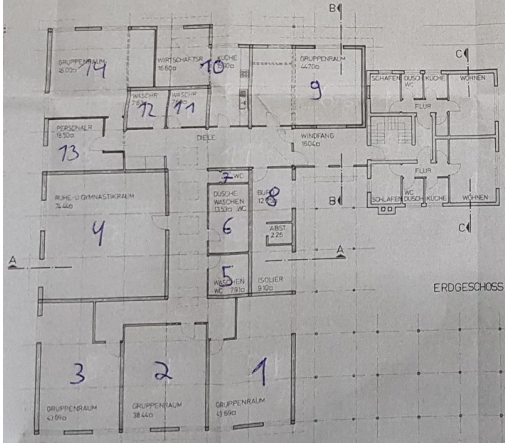


Beräumungs- objekt 3	Kindertagesstätte 2	
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach	
Durchgeführte REFA-Studien	6-3 Entkernung Beläge auf Decken-konstruktionen: Linoleum/PVC 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt 5-2 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände	
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	Außenaufnahme	
	Schnitt	
	Grundriss	
Entkernungs- prozess		

Abbildung 9: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 3²²

²² Azizullah/Blesinger (2020)


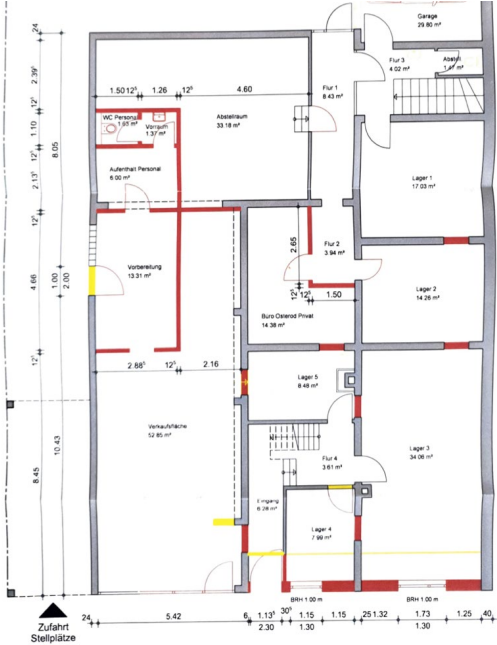

Beräumungs- objekt 4	Wohn- und Geschäftshaus 1
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten 2-5 Elementierte Innenwände 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Grundriss</p>  <p>Entkernungsprozess</p> 

Abbildung 10: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 4²³

²³ Perica/Blesinger (2020)

Beräumungs- objekt 5	Wohn- und Geschäftshaus 2
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten 2-4 Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Grundriss</p>  <p>Entkernungs- prozess</p> 

Abbildung 11: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 5²⁴

²⁴ Perica/Blesinger (2020)


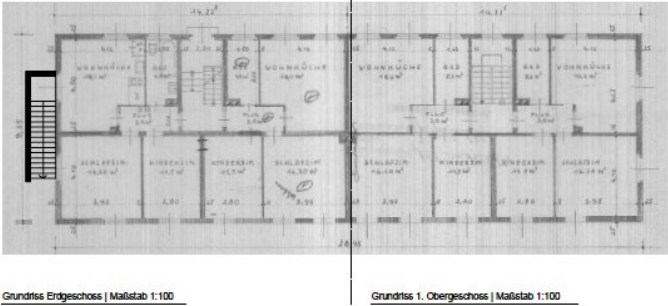

Beräumungs- objekt 6	Neun Mehrfamilienhäuser mit 108 Wohneinheiten	
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach	
Durchgeführte REFA-Studien	0-1 Entrümpelung Gegenstände - kleine Gegenstände 0-2 Entrümpelung Gegenstände - große Gegenstände 2-2 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Putz (Schadstoff Asbest) inkl. Reinigung des kontaminierten Bereichs 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände (Holztrennwände) 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster 4-1 Entkernung Innentüren und -tore (exkl. Türrahmen) 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche 11-4 Entkernung Leitungen Wärmeverteilnetze (Schadstoff KMF in Rohrisolierung)	
Fotos,	Außen- aufnahme	 <p>Three photographs showing the exterior of the building: a front view, a side view, and a rear view. To the right is a site plan with a blue area indicating the location of the building. Below the photos is a floor plan.</p>
	Grundriss	 <p>Two architectural floor plans. The left one is labeled 'Grundriss Erdgeschoss Maßstab 1:100' and the right one is 'Grundriss 1. Obergeschoss Maßstab 1:100'. Both show room layouts with furniture and fixtures.</p>
	Entkernungs- prozess	 <p>Four photographs showing the demolition process: workers removing wall panels, a worker in a room with debris, a pile of demolition materials, and a yellow excavator loading a green container.</p>

Abbildung 12: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 6²⁵

²⁵ Loshaj/Blesinger (2020)


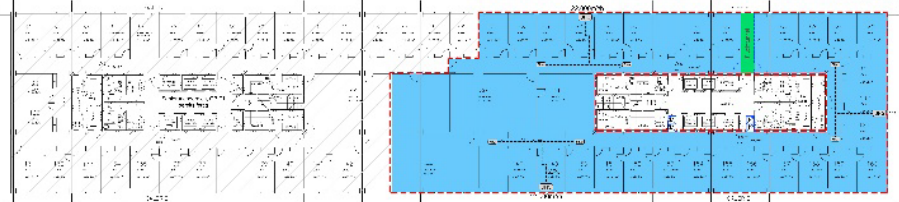
Beräumungs- objekt 7	Verwaltungsgebäude
Gebäude- beschreibung	Stahlbetonskelettbauweise
Durchgeführte REFA-Studien	2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Grundriss</p> 

Abbildung 13: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 7²⁶

²⁶ Wilhelm/Blesinger (2021)


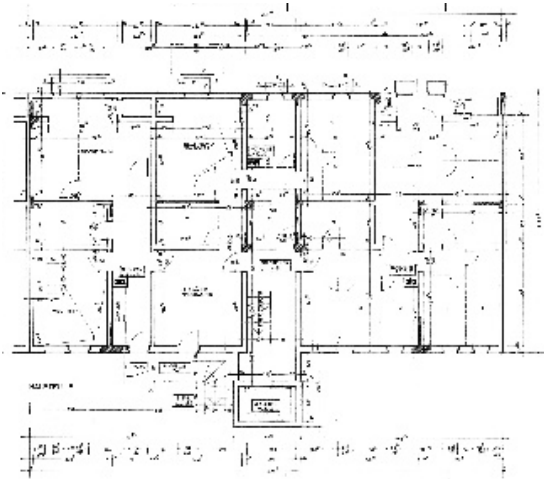

Beräumungs- objekt 8	Mehrfamilienhaus
Gebäude- beschreibung	Massivbauweise
Durchgeführte REFA-Studien	11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Leitungen Wärmeverteilnetze
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Grundriss</p>  <p>Entkernungs- prozess</p> 

Abbildung 14: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 8²⁷

²⁷ Wilhelm/Blesinger (2021)


Beräumungs- objekt 9	Schule	
Gebäude- beschreibung	Schule, Skelettbauweise	
Durchgeführte REFA-Studien	5-1 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest + KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze	
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	Außenaufnahme	
	Grundriss	
	Ansichten	
	Entkernungs- prozess	

Abbildung 15: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 9²⁸

²⁸ Wilhelm/Blesinger (2021)

Beräumungs- objekt 10	Hochhaus - Gewerbe
Gebäude- beschreibung	Hochhaus in Stahlbetonskelettbauweise
Durchgeführte REFA-Studien	3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster (denkmalgeschützte Glaskunstfenster mit und ohne Schutzverglasung)
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	<p>Außenaufnahme</p>  <p>Entkernungsprozess</p> <p>Skizzen/ Fotopressionen</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>1. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>2. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>3. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>4. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>5. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>6. </p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>7. </p> </div> </div>

Abbildung 16: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 10²⁹

²⁹ Ott/Blesinger (2018)

Erfasst wurden dabei 18 Beräumungsprozesse sowie vier (4) Prozesse der Schadstoffsanierung entsprechend der Systematik nach Tabelle 1, die in der nachfolgenden Tabelle 4 und Tabelle 5 aufgelistet sind.

Tabelle 4: Erfasste Beräumungsprozesse der Ebene 2

Nr.	Prozesse der Ebene 2
1	0-1 Entrümpelung Gegenstände – kleine Gegenstände
2	0-2 Entrümpelung Gegenstände – große Gegenstände
3	2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände
4	2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten
5	2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen
6	2-5 Entkernung Elementierte Innenwände
7	3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster
8	3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster (denkmalgeschützte Glaskunstfenster mit und ohne Schutzverglasung)
9	4-1 Entkernung Innentüren und -tore
10	5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion
11	5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion
12	6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich
13	6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC
14	6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein
15	6-6 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt
16	6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt
17	9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche
18	13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung

Tabelle 5: Erfasste Prozesse der Schadstoffsanierung

Nr.	Prozesse der Schadstoffsanierung
1	2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
2	5-1 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion
3	11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Leitungen Wärmeverteilnetze
4	11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze

2.5 Exemplarische Darlegung der Ergebnisse der REFA-Studie für das Beräumungsobjekt 6

Bei dem untersuchten Beräumungsobjekt 6 handelt es sich um mehrere gleichartige Gebäude einer Wohnungsbaugesellschaft.³⁰ Ein Gebäude ist beispielhaft in Abbildung 17 dargestellt.

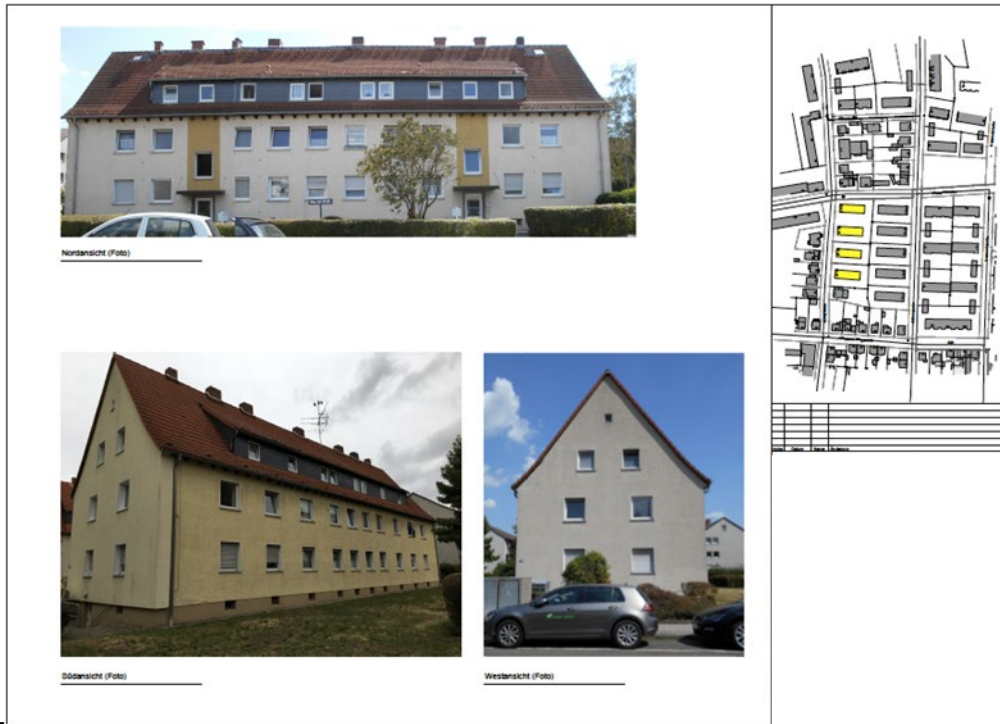


Abbildung 17: Fotoansichten und Lageplan³¹ des Beräumungsobjektes 6

Die folgenden neun (9) Teilarbeitssysteme der Beräumung werden an mehreren Gebäuden auf der Baustelle identifiziert, definiert und analysiert:

- 0-1 Entrümpelung Gegenstände – kleine Gegenstände
- 0-2 Entrümpelung Gegenstände – große Gegenstände
- 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
- 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände
- 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster
- 4-1 Entkernung Innentüren und -tore
- 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich
- 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC
- 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche

³⁰ Loshaj/Blesinger (2020)

³¹ KREBS+KIEFER (2020); Loshaj/Blesinger (2020), S. 67

Die Teilarbeitssysteme sind in Kapitel 4.2 dokumentiert.

Der Prozess „Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC“ setzt sich aus dem Lösen sowie der Verbringung (Laden, Zwischenlagern, Transportieren und Abladen in einen Entsorgungscontainer oder an einer Entsorgungsstelle) zusammen und wurde in zwölf (12) Wohneinheiten in unterschiedlichen Gebäuden aufgenommen.

Das Entkernen des PVC-Bodenbelags erfolgte durch zwei Arbeitskräfte, die mit Hilfe eines Brecheisens im Türspalt zunächst mittels einer Hebelbewegung den Belag angehoben und anschließend stückweise oder in Bahnen getrennt haben (s. Abbildung 18).



Abbildung 18: Herausbrechen von Belagsstücken³²

Nach dem Trennen der Teilstücke wurden diese zunächst liegengelassen. Das Abtransportieren erfolgte in den meisten Fällen im Anschluss. Die Verbringung des PVC-Bodenbelags erfolgte durch drei Arbeitskräfte. Hierbei wurde das Abbruchmaterial von den beiden Arbeitskräften der Entkernung in den Räumen aufgesammelt und anschließend über das Fenster vor das Gebäude befördert. Im Anschluss erfolgte das Aufsammeln, das Laden in eine Radladerschaufel und das Verbringen in einen Abfallcontainer durch den Fahrer des Radladers.

³² Loshaj/Blesinger (2020), S. 91

Die Auswertung der Zeitaufnahmen führt zur Bildung von Aufwandswerten für den Prozess des Entkernens von PVC-Bodenbelägen. Die Aufwandswerte aller untersuchten Beräumungsobjekte wurden in der Bewertungsmatrix erfasst. Sie können ausschließlich als Richtwerte betrachtet werden, denn in der realen Anwendung sind die individuellen Randbedingungen der jeweiligen Bauaufgabe zu würdigen.

Bezogen auf die Analyse der Ablaufarten wird konstatiert, dass die Haupttätigkeit einen Anteil von 94 %, die Nebentätigkeit 2 % und das erholungsbedingte Unterbrechen 4 % aufweist. Die Ergebnisse lassen annehmen, dass hier von einer effizienten Ausführung der Tätigkeit auszugehen ist. Die Arbeitsweise war flüssig und ohne Unterbrechungen.

Aus den Relationen der ermittelten Aufwandswerte für das Abbrechen und die Verbringung lassen sich entsprechende Zuschlagssätze für die Entsorgungsprozesse auf der Baustelle ableiten, die exemplarisch in Tabelle 6 dargestellt sind.

Tabelle 6: Zuschlag für Verbringung/Entsorgung auf der Baustelle Bodenbelag³³

Prozess	Dauer Vorgabezeit [h:mm:ss]											
	Wohnung 1	Wohnung 2	Wohnung 3	Wohnung 4	Wohnung 5	Wohnung 6	Wohnung 7	Wohnung 8	Wohnung 9	Wohnung 10	Wohnung 11	Wohnung 12
Entkernung Bodenbelag	00:13:25	00:33:17	00:25:13	00:29:37	00:21:05	00:50:26	00:15:50	00:18:24	00:27:32	00:38:53	00:17:53	00:29:44
Entsorgung auf der Baustelle	00:08:58	00:12:00	00:14:11	00:07:47	00:06:39	00:12:29	00:06:46	00:07:26	00:07:36	00:08:45	00:08:10	00:07:18

Prozess	Aufwandswert [h/m ²]											
	Wohnung 1	Wohnung 2	Wohnung 3	Wohnung 4	Wohnung 5	Wohnung 6	Wohnung 7	Wohnung 8	Wohnung 9	Wohnung 10	Wohnung 11	Wohnung 12
Entkernung Bodenbelag	0,011	0,028	0,016	0,015	0,013	0,025	0,008	0,012	0,018	0,021	0,010	0,015
Entsorgung auf der Baustelle PVC	0,006	0,008	0,008	0,003	0,004	0,006	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003
Zuschlag	53,2%	29,0%	52,1%	23,1%	26,5%	22,6%	34,3%	35,0%	20,4%	17,1%	34,9%	18,4%

Die Umwelteinflüsse stellen einen der sieben Systembegriffe nach REFA dar und wurden in jeder Gebäudeuntersuchung dokumentiert. In Tabelle 7 sind die mithilfe des in Kapitel 2.3 beschriebenen Sensorsystems erfassten Umweltdaten (Minimal- und Maximalwerte) dargestellt.

³³ Loshaj/Blesinger (2020), S. 94

Tabelle 7: Umweltdaten Entkernung Bodenbelag³⁴

Umwelteinfluss	Minimalwert	Maximalwert
Lufttemperatur [°C]	8,0	16,7
Luftfeuchtigkeit [%]	32	100*
Beleuchtung [lx]	1	991
Lärm [dB]	-	99
Staub PM _{2,5} [mg/m ³]	-	0,6
Staub PM ₁₀ [mg/m ³]	-	0,4

*Zwei Messwerte über eine Dauer von jeweils 1 Minute

Grundsätzlich ist anzumerken, dass bei der Gestaltung von Arbeitssystemen eine Gefährdungsbeurteilung anzufertigen ist. Die Angaben zu den Werten der Tabelle 7 können nicht weiter kommentiert werden, da die Gefährdungsbeurteilungen der untersuchten Beräumungsobjekte den Verfassern nicht zur Verfügung standen.

- Die Werte für die Lufttemperatur im Bereich von 8,0 °C bis 16,7 °C sind auf Baustellen üblich.
- Die Luftfeuchtigkeit erreichte einen Maximalwert von 100 % (zwei (2) Messwerte über eine Dauer von jeweils 1 Minute), sonst lag sie im Bereich von 30 % bis 50 %, was auf Baustellen üblich ist.
- Bei der Beleuchtungsstärke wurde der erforderliche Minimalwert von 200 lx selten unterschritten. Ein Grund für den kurzzeitigen Minimalwert von rund 1 lx ist auf den Positionswechsel der Sensoren zurückzuführen.
- Der Lärmpegel erreichte maximal 99 dB. Mögliche Auswirkungen auf die Ausführungsdauer durch die hohe Lärmentwicklung konnten nicht beobachtet werden.
- Die gemessene Staubbelastung für PM_{2,5} und für PM₁₀ lag unter den zulässigen Grenzwerten von 1,25 mg/m³ respektive 10 mg/m³.

Durch die Aufnahme, Beschreibung und Analyse weiterer Beräumungsprozesse in Form von Arbeitsstudien bei Beräumungsobjekten vor Ort wurde eine Vielzahl von Aufwandswerten ermittelt. Es liegen derzeit Aufwandswerte von 18 Beräumungsprozessen zuzüglich vier (4) Schadstoffsanierungen vor, welche in dem Datenbankelement „Eintragungstabellen“ hinterlegt und mit der Bewertungsmatrix

³⁴ Loshaj/Blesinger (2020), S. 95

verknüpft sind. Darüber hinaus wurden Aufwandswerte aus Literaturquellen recherchiert und ebenfalls in die Datenbank eingetragen. Die Anzahl der ermittelten und für die Bewertungsmatrix verwendeten Kennzahlen ist in der Bewertungsmatrix für jeden Prozess in einer separaten Spalte neben dem Aufwand respektive der Dauer angegeben.

3 AP 2: Sensorgestützte Bestandsaufnahme in Fallstudien

Bereits im Jahre 2002 stellt Ebner³⁵ fest, dass die Durchführung einer Bestandsaufnahme bei Abbrucharbeiten zwingend erforderlich ist. In seiner Umfrage geben nahezu 80 % der befragten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Ingenieurbüros an, dass eine unvollständige Bestandsaufnahme und daraus resultierende zusätzliche Leistungen der Grund für die Nichteinhaltung des Kostenrahmens eines Abbruchprojektes sind.

Motzko und Klingenberger³⁶ sehen eine Bestandsaufnahme als Grundlage zur Erfassung der Eingangsgrößen, welche für die Kalkulation von Abbrucharbeiten benötigt werden. Hierzu zählen sie unter anderem die Bauart und Bauweise des Abbruchobjektes, die verwendeten Baustoffe sowie die Abmessungen der Bauteile.

Entsprechend der Angaben der VDI-Richtlinie 6210-9³⁷ ist für die Erstellung einer Abbruchstatik vor Beginn der Abbruchmaßnahme eine Bestandsaufnahme durchzuführen. Auch die sich derzeit im Gründruck befindliche VDI-Richtlinie 6210-1³⁸ zählt zur Grundlagenermittlung unter anderem die Sichtung der Bestandsunterlagen, eine Ortsbegehung sowie den Abgleich zwischen Ist-Zustand und Aktenlage, was einer Bestandsaufnahme gleichkommt.

Laut Deutschem Abbruchverband³⁹ sind u. a. für Kostenschätzungen und Entsorgungskonzepte sowohl Mengenermittlungen als auch Mengeneinschätzungen möglich, sofern keine Schadstoffe im Abbruchobjekt vorhanden sind. Weiterhin wird angegeben, dass Mengeneinschätzungen bei Zeitmangel mitunter unvermeidbar sind und auf Basis von Kennzahlen erfolgen können. Es wird darauf hingewiesen, dass Mengeneinschätzungen mit hohem Risiko behaftet sind, was in der Ausführungspraxis häufig durch die alleinige Angabe des abzubrechenden Volumens (in m³ BRI) bedingt ist. Für technische Anlagen, welche u. a. im Fokus dieser Untersuchung stehen, wird angegeben, dass eine Mengenermittlung aufgrund der Vielfalt der Ausrüstungen nicht möglich ist, so dass gebäudebezogene Berechnungen durchzuführen sind.

³⁵ Ebner (2002), S. 110

³⁶ Motzko; Klingenberger (2004), S. 23

³⁷ VDI 6210 Blatt 9:2020-06, S. 2

³⁸ VDI 6210 Blatt 1:2016-02, S. 13

³⁹ Deutscher Abbruchverband (2015), S. 156

Entgegen dieser Aussagen und basierend auf den vorgenannten Literaturquellen sollten für Abbruch-, Beräumungs- und Umbaumaßnahmen stets umfassende Bestandsaufnahmen mit Mengenermittlung durchgeführt werden, um das Ausführungs- und Kostenrisiko zu minimieren.

In der Folge wird auf die Durchführung einer Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten näher eingegangen.

3.1 Einordnung der Bestandsaufnahme in den Ablauf von Abbrucharbeiten

Wie bereits zuvor beschrieben, ist im Vorfeld der Planung und Ausführung von Abbruch- und Beräumungsarbeiten eine Bestandsaufnahme durchzuführen, um Daten und Informationen des Abbruchobjektes zu ermitteln und für die weitere Bearbeitung zu dokumentieren. Der Ablauf eines Abbruchprojektes ist in Abbildung 19 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass eine Bestandsaufnahme die Vorleistung zur Planung darstellt und die Ausführung respektive die Beräumung und der Abbruch der Tragkonstruktion jeweils mit der Entsorgung abgeschlossen werden.

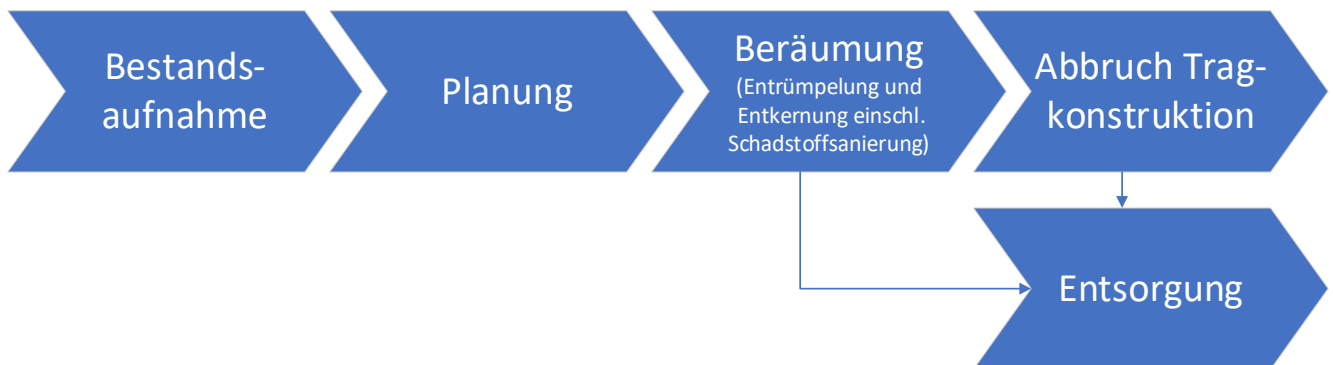


Abbildung 19: Ablauf von Abbruchprojekten⁴⁰

3.2 Kategorien der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten

Eine Bestandsaufnahme kann je nach Zweck und erforderlichem Informationsgehalt in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Für Beräumungsarbeiten stehen die maßliche, technische, nutzungs- und umgebungsbezogene Bestandsaufnahme im Fokus, welche in Abbildung 20 dargestellt sind.

⁴⁰ Eigene Darstellung

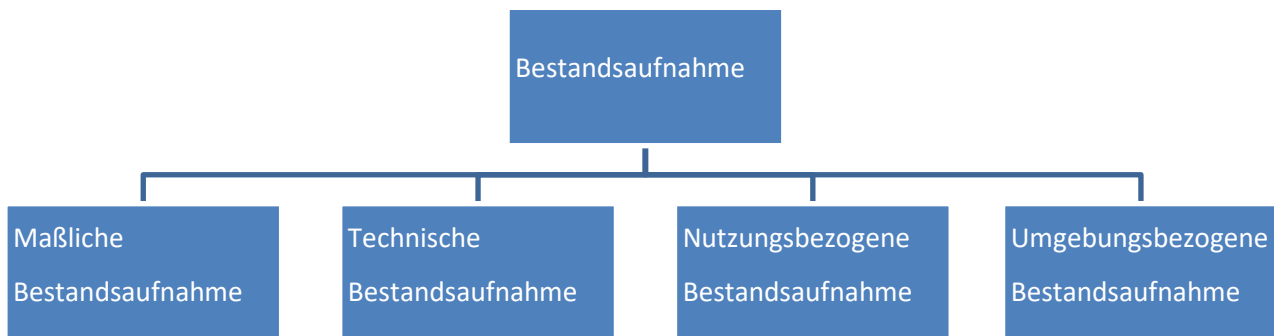


Abbildung 20: Kategorien einer Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten⁴¹

Bei der maßlichen Bestandsaufnahme⁴² werden die für die Mengenermittlung erforderlichen Abmessungen der Bauteile wie beispielsweise Längen-, Höhen- und Winkelmaße vor Ort erfasst, was einer quantitativen Dokumentation entspricht. Falls vorhanden, lassen sich somit die Angaben auf Bestandsplänen überprüfen und aktualisieren oder es können neue Bestandsunterlagen für die weitere Projektbearbeitung generiert werden. In der Folge können die zu erwartenden Abfallmengen ermittelt werden.

Bei der technischen Bestandsaufnahme werden die einzelnen Gebäudekomponenten vor Ort hinsichtlich ihrer Konstruktion, ihrer Bauart und Bauweise, ihrer Funktionsfähigkeit und ihres Zustandes erfasst, was einer qualitativen Dokumentation entspricht⁴³. Falls vorhanden, können spezifische Angaben zu den verbauten Bau- und Anlagenteilen aus technischen Unterlagen, die beispielsweise bei der Anlagenwartung erzeugt wurden, herangezogen werden. Im Zuge der Bestimmung der verbauten Materialien und Baustoffe sollte besonders auf das mögliche Vorhandensein von Schadstoffen geachtet werden. Im Verdachtsfall sind die Bauteile auf Schadstoffe zu untersuchen.

Bei der nutzungsbezogenen Bestandsaufnahme⁴⁴ liegen die ehemaligen Nutzungen des Objektes seit dem Zeitpunkt der Erstellung einschließlich durchgeführter baulicher Veränderungen im Fokus. So können Informationen zu ehemaligen Gebäude- oder Raumfunktionen Indizien für gegebenenfalls vorhandene Schadstoffe geben. Vor allem bei vermehrten Nutzungswechseln kann eine Befragung der ehemaligen Eigentümerschaft, der Nutzer und der an (Um-)Baumaßnahmen Beteiligten eine Unterstützung leisten.

⁴¹ Eigene Darstellung

⁴² Schmitz et al. (1991), S. 19

⁴³ Schmitz et al. (1991), S. 19 f.

⁴⁴ Klingenberg (2007). S. 93 und Schmitz et al. (1991), S. 26

Die umgebungsbezogene Bestandsaufnahme befasst sich mit der angrenzenden Umgebung des Objektes, so dass der Standort des Objektes und seine Nachbarbebauung zu erfassen sind. Wichtige Informationen aus dieser Aufnahme sind Abstand und Nutzung der Nachbarbebauung, vorhandene Straßen oder Versorgungsleitungen, Umweltbedingungen wie Vegetation und Gewässer sowie Beschränkungen bezüglich der Arbeits- und Ausführungszeiten.⁴⁵ Für die Ausführung der Abbrucharbeiten geben diese Informationen Aufschluss über die Platz- und Versorgungsverhältnisse vor Ort, was sich unter anderem auf die Auswahl von Abbruchverfahren und die Baustelleneinrichtung einschließlich Lager- oder Sammelflächen auswirkt. Weiterhin ist nach der Hessischen Bauordnung⁴⁶ eine Baustelle so einzurichten, dass keine Gefahren für die Arbeitskräfte und die Umgebung auftreten können, was im Rahmen einer Bestandsaufnahme zu prüfen ist.

Anhand der im Zuge der Bestandsaufnahme ermittelten Daten und Informationen kann bereits in der Planung der Beräumungsarbeiten die Entscheidung getroffen werden, ob eine Wiederverwendung von Bauteilen sinnvoll ist. Hierbei ist der Mehraufwand für einen zerstörungsfreien Ausbau respektive für das Demontieren dem (Geld-)Wert des auszubauenden Bauteils gegenüberzustellen. Somit kann bereits im Zuge der Bestandsaufnahme ein wichtiger Schritt zur Ressourcenschonung durch die Verwendung von Bauteilen geleistet werden.

3.3 Aufzunehmende Daten bei der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten

Die Qualität der aufzunehmenden Daten bei einer Bestandsaufnahme richtet sich vordergründig nach dem gewünschten Verwendungszweck der Daten. Handelt es sich beispielsweise um eine ausschließliche Abbruch- respektive Beräumungsmaßnahme, so können die Qualität und die Quantität der aufzunehmenden Daten geringer ausfallen als beispielsweise bei einer Bestandsaufnahme für eine Umbaumaßnahme. Für die Analyse von Beräumungsprozessen muss somit die erforderliche Genauigkeit der Bestandsaufnahme festgelegt werden. Bei einer Beräumung mit geplanter Beseitigung der Gegenstände respektive Bauteile sollten die Abmessungen der Bauteile entsprechend den zulässigen Abweichungen aus der DIN 18459:2016-09⁴⁷ auf +/- 10 cm aufgenommen werden. Hierdurch ist ein vertretbares Maß zwischen Aufwand und Nutzen gegeben. Beispielsweise entspricht dies bei der Entkernung einer 4,0 m langen Trennwand zwischen zwei Räumen einer zulässigen prozentualen Abweichung von weniger als 2,5 %. Im Falle einer geplanten Verwendung von Gegenständen und Bauteilen oder einzelner Komponenten ist eine höhere Genauigkeit der Aufnahme erforderlich.

⁴⁵ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010), S. 14

⁴⁶ HBO, § 11

⁴⁷ DIN 18459:2016-09, S. 10

Für die Planung und für die Ausführung von Beräumungsarbeiten sollen im Zuge einer Bestandsaufnahme die folgenden Daten von ortsveränderlichen Gegenständen (für die Entrümpelung die Einordnung in kleine und große Gegenstände) und fest mit dem Gebäude verbundenen Bauteilen aufgenommen werden:

- Art der Gegenstände wie beispielsweise Schrank, Regal, Sessel, Teppich sowie Art des Bauteils, systematisch geordnet.
- Gewicht und Anzahl der Gegenstände sowie die Anzahl und Maße der Bauteile, um abzuwägen, ob für einen losen Gegenstand oder für das abzubrechende Bauteil ein vorheriges Auseinanderbauen vorteilhaft im Vergleich zum Aufwand des Abtransports in einem Stück ist.
- Materialzusammensetzung der Gegenstände sowie der Bauteile, um eine Zuordnung zum Abfallschlüssel zu gewährleisten.
- Zustand der Gegenstände sowie der Bauteile, um noch vor der Ausführung der Beräumungsarbeiten über eine mögliche Verwendung der Gegenstände respektive der Bauteile anstelle einer Entsorgung zu entscheiden.
- Lage der Gegenstände respektive der Bauteile im Abbruchobjekt und damit zusammenhängende Transportwege, um abzuwägen, ob die vorliegenden Maße der Gebäudeöffnungen für den Abtransport geeignet sind.
- Tragfähigkeit der Deckenkonstruktion, da im Zuge der Beräumungsarbeiten teilweise eine größere Menge an Entsorgungsmaterial konzentriert auf den Decken zwischengelagert wird.
- Bestimmung der Schadstoffbelastung.

3.4 Sensorgestützte Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten

Die maßliche Bestandsaufnahme erfordert einen erheblichen Zeitbedarf vor Ort. Im Rahmen des Forschungsprojekts wird deshalb der Ansatz verfolgt, die Bestandsaufnahme mittels bildgebender Sensoren durchzuführen und somit den Aufwand bei mindestens gleichbleibender Qualität der Daten zu reduzieren.

Das in dieser Untersuchung eingesetzte System bildgebender Sensoren für die Bestandsaufnahme von Gebäuden besteht aus verschiedenen Hardware- und Softwarekomponenten und ist wie folgt aufgebaut:

- Hardware: Smartphone mit speziellem Tiefensensor – Lenovo Phab 2 Pro,
- Plattform zur Verarbeitung von sensorischen Informationen: Google Tango,
- Software zur Aufnahme der näheren Umgebung in Form einer Punktwolke: RTAB-Map,
- Software zur Weiterverarbeitung der Punktwolke: CloudCompare, MeshLab, Autodesk ReCap, Autodesk Revit.

Zum Zeitpunkt der Beantragung des Forschungsvorhabens stellt das Smartphone Lenovo Phab 2 Pro in Verbindung mit der App RTAB-Map den Stand der Technik für die Durchführung einer sensorgestützten Bestandsaufnahme dar.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass sowohl bei einer analogen als auch bei einer sensorgestützten digitalen Bestandsaufnahme lediglich die Oberfläche eines Bauteils erfasst wird. Rückschlüsse auf den Schichtenaufbau und die Materialität des Bauteils können in der Regel nicht ohne weitere Untersuchungen abgeleitet werden. Informationen zum Aufbau mehrschichtiger Bauteile (zum Beispiel von Wandkonstruktion und Bodenaufbauten) und zu Bauteileigenschaften (zum Beispiel des inneren Tragsystems und der Schadstoffbelastung) können in diesem Zuge nicht erlangt werden und sind mittels weiterer Analytik und Beprobungen festzustellen.

In der Folge werden die einzelnen Soft- und Hardwarekomponenten beschrieben.

3.4.1 Smartphone mit Tiefensensor – Lenovo Phab 2 Pro

Das Lenovo Phab 2 Pro (im Folgenden nur noch Lenovo Phab genannt) stellt die Hardwarebasis für die sensorgestützte Bestandsaufnahme dar. Es handelt sich dabei um ein Smartphone des chinesischen Computer- und Smartphoneherstellers Lenovo, welches im Jahr 2017 auf den deutschen Markt gekommen ist. Es besitzt ein 6,4 Zoll großes Display und das Betriebssystem Android. Zum Zeitpunkt der Durchführung der ersten Studie hat Lenovo die Produktion und den weltweiten Verkauf von Smartphones außerhalb Indiens eingestellt.⁴⁸

Das Lenovo Phab beinhaltet spezielle Sensoren, welche den Einsatz für die sensorgestützte Bestandsaufnahme ermöglichen und in der Folge erläutert werden:

- Infrarot-Tiefenbereichssensor/TOF-Sensor (TOF, englisch: time-of-flight): Mit Hilfe des TOF-Sensors kann das Lenovo Phab die räumliche Tiefe wahrnehmen.⁴⁹ Der Sensor sendet Infrarotstrahlen aus, wodurch die Entfernung zu einem Objekt berechnet werden kann. Vergleichbar mit dem Laserscanning geschieht dies über eine Laufzeitmessung der Infrarotstrahlen.⁵⁰
- RGB-Kamerasensor (RGB: Rot, Grün, Blau): Bei einem RGB-Kamerasensor handelt es sich um einen Bildsensor, der bei Standardkameras eingesetzt wird. Dieser ermöglicht die zweidimensionale und farbliche Aufnahme der Umgebung. Das Resultat ist ein RGB-Bild. Die Kombination

⁴⁸ Költzsch (2017)

⁴⁹ Lenovo

⁵⁰ Sun (2014), S. 6 f.

des Tiefenbildes und des RGB-Bildes ergibt mit Hilfe entsprechender Transformationsvorgänge ein sogenanntes RGB-D-Bild, also ein Tiefenbild mit Farbinformation.⁵¹

- Inertialsensoren: Diese Sensoren bestehen aus Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Sie messen die Beschleunigung und Rotationen in Richtungen der x-, y-, und z-Achse. Über die Erdbeschleunigung g wird die Neigung und Ausrichtung des Smartphones gegenüber der Erdoberfläche bestimmt. Damit verbunden erkennt der Sensor Änderungen der Beschleunigung und ermittelt mit dieser Information die damit verbundene Bewegung des Geräts. So kann bestimmt werden, wo sich das Gerät befindet und in welche Richtung es sich bewegt. Da hierfür kein GPS erforderlich ist, ermöglichen diese Sensoren den Einsatz des Smartphones in Gebäuden.⁵²
- Bewegungserfassungssensor mit Fisheye-Objektiv: Ein weiteres Hilfsmittel zur Erfassung von Bewegungsänderungen des Lenovo Phab ist der Bewegungserfassungssensor mit Fisheye-Objektiv. Durch zusätzliche, visuelle Bildinformationen unterstützt der Sensor die zuvor beschriebenen Inertialsensoren und trägt zu einer Präzisierung von Bewegung, Rotation und Ausrichtung des Geräts bei.⁵³

Das Lenovo Phab verfügt über weitere Sensoren, die für die sensorgestützte Bestandsaufnahme keine Bedeutung haben. Abbildung 21 zeigt die Rückseite des Lenovo Phab und die Anordnung der zuvor erläuterten Sensoren.

⁵¹ Sun (2014), S. 12

⁵² Keilwerth (2017), S. 19

⁵³ Terabayashi et al. (2012), S. 678



Abbildung 21: Rückseite Lenovo Phab 2 Pro mit Beschriftung der Sensoren⁵⁴

3.4.2 Plattform zur Verarbeitung von sensorischen Informationen: Google Tango

Bei dem Google-Projekt „Tango“ handelte es sich um eine Software-Plattform, die mobilen Geräten mittels maschinellen Sehens ihre relative Positionierung zur Außenwelt ohne GPS ermöglichte. Das Projekt wurde zwischenzeitlich eingestellt. Die Erfahrungswerte sind jedoch nützlich für das Ergebnis des vorliegenden Forschungsprojektes.

Über „Tango“ wurden die sensorischen Informationen zusammengeführt und ausgewertet. So wurde ein digitales Abbild der näheren räumlichen Umgebung generiert sowie die Position des Geräts im Raum ermittelt. Über Programmierschnittstellen konnte die in dieser Untersuchung verwendete App RTAB-Map auf die Informationen der Sensoren des Lenovo Phab über „Tango“ zugreifen.

3.4.3 Punktwolkenaufnahme-Software: RTAB-Map

RTAB-Map steht für Real-Time Appearance-Based Mapping (deutsch: erscheinungsbasierte Echtzeit-Kartierung). Dabei handelt es sich um eine kostenlose Software für Computer und Smartphones zur dreidimensionalen Aufnahme der näheren Umgebung und Erstellung einer originalgetreuen, die Umgebung wiedergebenden Punktwolke, welche visuell dargestellt und weiterverarbeitet werden kann.

⁵⁴ Eigene Anpassung der Grafik von Lenovo

RTAB-Map stellt dabei die Aufnahmesoftware dar und ist mit entsprechender Sensortechnik ausgestatteter Hardware zu verbinden. Neben verschiedenen Systemen wie dem Kinect-System von Microsoft, Stereokameras oder 3D-Laserscanner⁵⁵ funktionierte RTAB-Map ebenfalls mit der Sensortechnik des Lenovo Phab in Verbindung mit „Tango“.

Der Funktionsweise von RTAB-Map liegt der sogenannte graphenbasierte SLAM-Ansatz zu Grunde (simultaneous localization and mapping, deutsch: simultane Positionsbestimmung und Kartenerstellung). Abbildung 22 erläutert das graphenbasierte SLAM-Prinzip, wobei die drei nacheinander angesteuerten Positionen des Aufnahmegeräts in blau, grün und rot dargestellt sind.

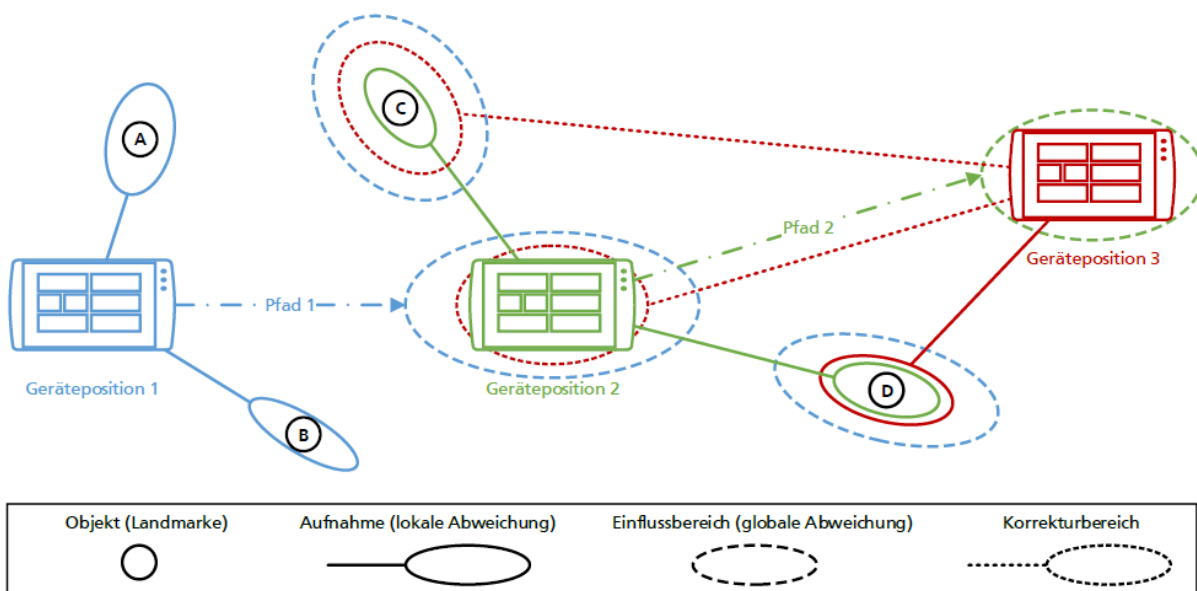


Abbildung 22: Prinzip des graphenbasierten SLAM-Ansatzes⁵⁶

Position 1 (blau) stellt den Startpunkt dar, von dem aus die Objekte A und B aufgenommen werden. Die Bestimmung der Lage beider Objekte birgt eine Ungenauigkeit, welche durch die Flächen der blauen Ellipsen dargestellt ist.

Im weiteren Verlauf ändert sich die Position des Smartphones zur Position 2. Die Pfadfortschreitung und die neue Position 2 sind ebenfalls mit einer Ungenauigkeit behaftet und werden durch die blau gestrichelte Linie um die Geräteposition 2 verdeutlicht. Somit häufen sich die einzelnen Ungenauigkeiten und summieren sich während der Pfadfortschreibung auf. Der Fehler erfährt eine Fortpflanzung. In der

⁵⁵ Labbé (2017)

⁵⁶ Keilwerth (2017), S. 33

neuen Geräteposition 2 (grün) werden die Objekte C und D aufgenommen. Ihre Lage ist noch weniger präzise bestimmt, da hier einerseits die allgemeine Lagebestimmungen ungenauigkeit der Objekte (durch die grünen Ellipsen um C und D eingegrenzte Fläche) und andererseits die Ungenauigkeit der Pfadfortschreitung hinzukommen. Die Positionen der Objekte C und D befinden sich demzufolge im Bereich der durch die blau gestrichelten Linien eingegrenzten Fläche. An dieser Stelle wird der stets größer werdende Fehler gut sichtbar, da die Positionen der Punkte A und B durch kleinere Flächen eingegrenzt werden als die Positionen der Punkte C und D.

Im letzten Schritt bewegt sich das Lenovo Phab zu Geräteposition 3 (rot). Von dieser Position aus werden die Objekte C und D nun wiederholt lokalisiert, was zu einem Schleifenschluss führt. Durch die erneute Lokalisierung der Objekte C und D wird deren Positionsabschätzung verbessert. Die Position der Objekte wird nun im Bereich der rot gestrichelten Linie geschätzt, was genauer ist als der größere blau gestrichelte Bereich der vorigen Schätzung. Darüber hinaus wird auch die Schätzung der vorigen Position 2 des Lenovo Phab genauer (rot gestrichelter Bereich um Position 2). Daraus ergibt sich, je mehr Schleifen geschlossen werden, desto höher ist die Genauigkeit der Positions- und Pfadschätzung und der aufgenommenen Punktwolke. Es soll angemerkt sein, dass die Positionsungenauigkeiten auf diese Weise zwar verkleinert, aber nicht vollständig beseitigt werden können.⁵⁷

Neben der aufgenommenen Punktwolke und den Pose-Informationen speichert RTAB-Map noch weitere Einzelheiten bei der Aufnahme, wie beispielsweise RGB- und Tiefenbilder, welche für die Planung von Beräumungsarbeiten genutzt werden können.

3.4.4 Software zur Weiterverarbeitung der Punktwolke – CloudCompare

CloudCompare ist eine Open Source und plattformunabhängige Software mit Funktionen zur Verarbeitung von dreidimensionalen Punktwolken. Ursprünglich für den Vergleich zweier Punktwolken entwickelt, ist sie mittlerweile zu einer Verarbeitungssoftware für Punktwolken erweitert worden. Sie besitzt verschiedene Funktionen wie zum Beispiel die Handhabung von Farb-, Normal- und Skalarfeldern, Statistikberechnungen, eine Sensorverwaltung, eine interaktive oder automatische Segmentierung und eine Anzeigeoptimierung der Punktwolke.⁵⁸ Diese Funktionen können bei der Analyse und Bearbeitung von Punktwolkendateien von großer Hilfe sein.

⁵⁷ Keilwerth (2017), S. 34

⁵⁸ CloudCompare

In vorliegender Untersuchung wurde die Software CloudCompare für die Dateikonvertierung zur späteren Verwendung der Punktwolke in Autodesk Revit eingesetzt. Hierzu wandelt CloudCompare das Format der Punktwolke in der Weise um, dass es in der Folge mit Autodesk Revit geöffnet werden kann. Dies ist notwendig, da die mit RTAB-Map aufgenommene Punktwolke nach der Aufnahme und dem anschließenden Export in einem von Autodesk Revit nicht lesbaren Format vorlag (Format OBJ oder PLY). CloudCompare bietet für diesen Fall eine breite Unterstützung von Dateiformaten, wobei einige im Folgenden aufgelistet sind:⁵⁹

- Open Point Cloud-Formate: ASCII (.asc, .txt, .xyz, .neu, .pts), LAS, E57,
- Herstellerformate: DP, Riegl, FARO,
- Polygonnetzformate: OBJ, PLY, STL, FBX,
- Polylinien- oder Polygonformate: SHP, DXF.

Für die weitere Verarbeitung der Punktwolke im Laufe dieser Untersuchung wurde die Unterstützung des OBJ- und PLY-Formats von Bedeutung, so dass die obige Auflistung vordergründig der Vollständigkeit dient. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, dass CloudCompare die Punktwolkendatei von RTAB-Map sowohl lesen als auch in ein Dateiformat umwandeln bzw. exportieren kann, welches von Autodesk Revit gelesen bzw. importiert werden kann. Damit verbunden ist die Unterstützung des ASCII-Dateiformats PTS notwendig.

3.4.5 Software zur Weiterverarbeitung der Punktwolke – MeshLab

Bei der Software MeshLab handelt es sich um eine Alternative zu CloudCompare mit ähnlicher Funktionalität. MeshLab ist eine Open Source Software und plattformunabhängig.⁶⁰ Im Vergleich zu CloudCompare bietet MeshLab ebenfalls die grundlegenden Funktionen für die Weiterverarbeitung von Punktwolken. Bei der ersten Verwendung benötigte es jedoch mehr Arbeitsspeicher, so dass die Bearbeitung weniger flüssig ablief. Darüber hinaus unterstützt es nicht das erforderliche PTS-Format. Da keine Vorteile gegenüber CloudCompare ausgemacht werden konnten und die Nachteile überwiegen, wurde die Software für diese Untersuchung nicht verwendet.

3.4.6 Software zur Erstellung des Bestandsmodells: Autodesk ReCap und Revit

Als Werkzeuge für die Gebäudemodellierung auf Basis der zuvor generierten Punktwolke und für die weitere Verarbeitung wurden Softwareprodukte des Unternehmens Autodesk eingesetzt. Mit dem

⁵⁹ CloudCompare

⁶⁰ MeshLab

Programm Autodesk Revit sind die Bauteile modelliert und Autodesk ReCap wurde dazu verwendet, um Einzelmessungen von Entfernungen innerhalb der Punktwolke durchzuführen.

3.5 Durchführung der sensorgestützten Bestandsaufnahme

Die Aufnahmesoftware RTAB-Map lässt sich ohne besondere Einweisung intuitiv benutzen. In Abbildung 23 ist das Startfenster von RTAB-Map gezeigt, welches während der gesamten Aufnahme sichtbar bleibt.

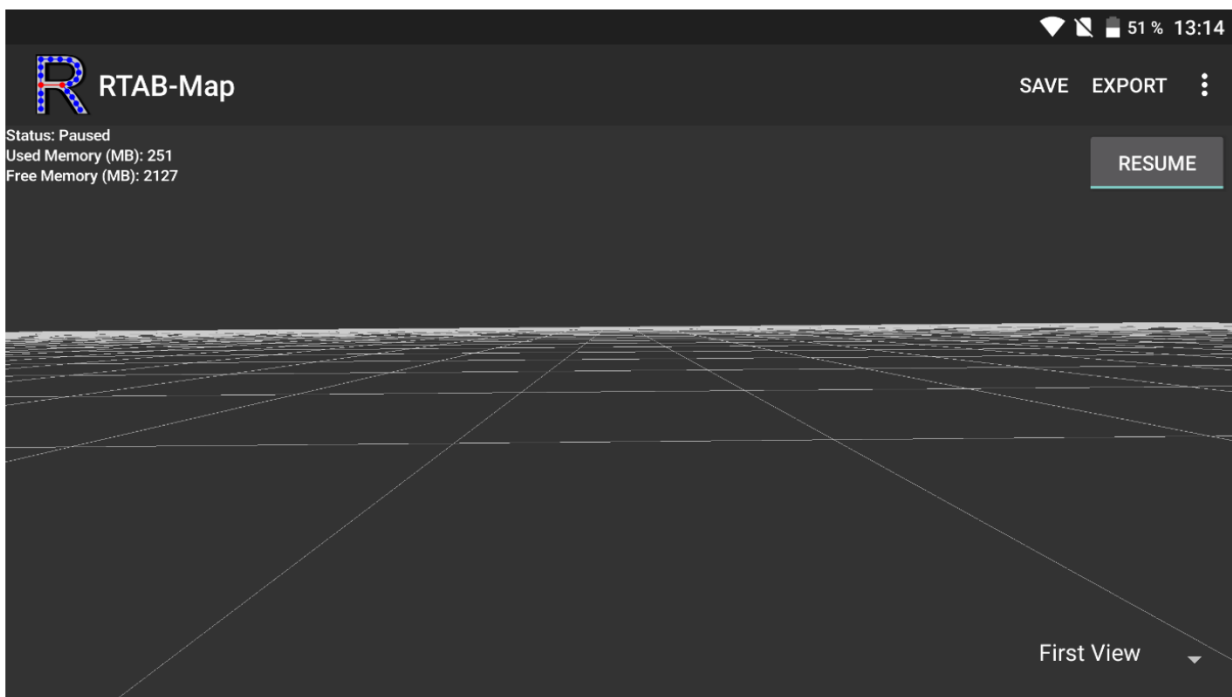


Abbildung 23: RTAB-Map Hauptfenster⁶¹

Der zentral angezeigte fiktive Horizont musste mit dem realen Horizont übereinstimmen, andernfalls ist die automatische Kalibrierung der App fehlgeschlagen, was durch einen Neustart behoben werden konnte. Im Zuge der Aufnahme wurde im Hauptfenster die aufgenommene Punktwolke visuell dargestellt, ebenso wurden Hinweise und Fehlermeldungen sowie erfolgreiche Loop-Closures während der Aufnahme eingeblendet.

Das Menü zum Anpassen der Einstellung war durch die drei übereinanderliegenden Punkte oben rechts aufrufbar. Die Einstellungsoptionen ließen sich im Menü unter „Settings“ finden. Es musste sichergestellt werden, dass die Aufnahme in Form einer Punktwolke erfolgt, wozu der entsprechende Menüpunkt

⁶¹ Lach/Blesinger (2019), S. 50

„Point Cloud“ zu aktivieren war. Unten rechts konnte die Darstellungsperspektive angepasst werden. Als Standard wurde die „First View“-Perspektive eingestellt, welche der Perspektive der Erstellenden mit einer normalen Kamera entspricht, und welche bei den Aufnahmen überwiegend zum Einsatz kam. Darüber hinaus gab es die Auswahlmöglichkeiten „Third-Person View“, „Top View“ und „Ortho View“. Im Zuge der Aufnahmen zeigte sich die „Top View“-Einstellung vereinzelt hilfreich, da die entstehende Punktwolke von oben dargestellt wird, was einem live entstehenden Grundriss respektive einer Modelldraufsicht entspricht. Vorteilhaft ist hierbei, dass in dieser Perspektive Bereiche mit einer geringen Anzahl an aufgenommenen Punkten der Punktwolke schnell ersichtlich werden und diese Bereiche in der laufenden Aufnahme nochmals aufgenommen werden können.

Der Ausgangspunkt der sensorgestützten Bestandsaufnahme sollte markante Ankerpunkte aufweisen, um die Wiedererkennung und Orientierung zu unterstützen. Die Aufnahme mit RTAB-Map respektive mit dem Lenovo Phab war am zuvor festgelegten Ausgangspunkt zu starten und in Richtung des gewählten Laufwegs fortzuführen. Dabei sollte die Bewegungsgeschwindigkeit nicht zu hoch sein, da unscharfe Aufnahmen entstehen können. Es sind wie beim Dreh eines Films alle relevanten Stellen abzulaufen und aufzunehmen. Es empfiehlt sich, die Aufnahme entlang der Kante von Wand/Boden in Richtung der Mitte der Wandfläche und anschließend in Richtung der Kante Wand/Decke auszuführen. In der Folge ist dieser Prozess parallel neben der vorigen Stelle auszuführen, so dass eine Überlappung der Bereiche entsteht, was die Punktwolke stabilisiert und zu geschlossenen Schleifen (Loop-Closures) führt.

Für die Beräumung ist eine Aufnahme der Geometrie von Bauteilen und Gegenständen auf diese Weise gewährleistet. Sollten spezielle Anforderungen an die Aufnahme von Entrümpelungsgegenständen wie beispielsweise annähernd exakte Abmessungen oder die Oberflächenqualität der Gegenstände gestellt sein, so empfiehlt es sich, eine intensive Aufnahme der Gegenstände von allen Seiten durchzuführen.

Nachfolgend werden die an Versuchsgebäuden durchgeführten sensorgestützten Bestandsaufnahmen dargestellt.

3.6 Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 1

3.6.1 Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme

Die erste sensorgestützte Bestandsaufnahme erfolgte am Versuchsgebäude 1⁶², welches als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt wird und in Abbildung 24 dargestellt ist. Es stammt aus den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, kann aber aufgrund seines Alters und des Bauzustands als Muster für ein potenziell zu beräumendes Gebäude für das Bauen im Bestand respektive für den Abbruch angesehen werden.



Abbildung 24: Ostbereich Gebäude 1⁶³

Für die Durchführung der sensorgestützten Bestandsaufnahme wurde der repräsentative Ostbereich des Gebäudes gewählt. Der Untersuchungsbereich ist im Grundriss in Abbildung 25 mit gelber Markierung angezeigt.

⁶² Lach/Blesinger (2019): Sensorgestützte Bestandsaufnahme von Gebäuden

⁶³ Lach/Blesinger (2019), S. 46

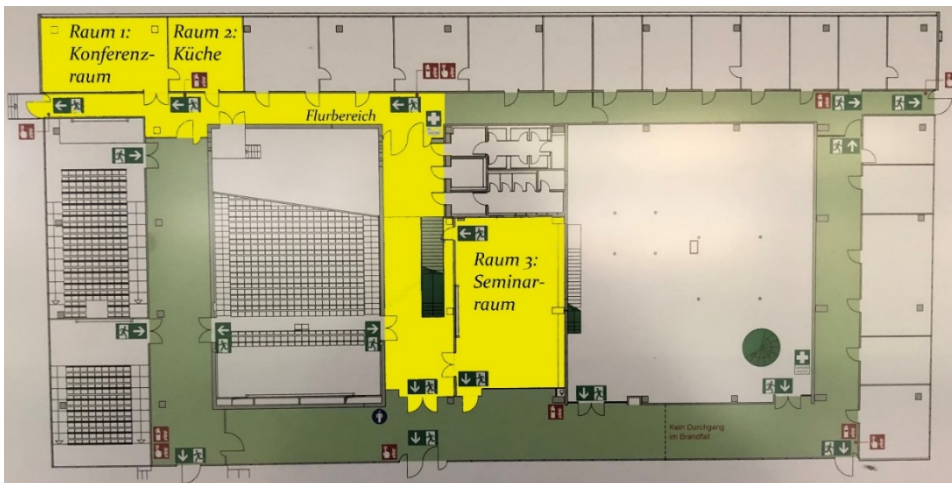


Abbildung 25: Versuchsgebäude 1: Grundriss und Untersuchungsbereich⁶⁴

Die Erstellung der Punktwolke erfolgte durch mehrere Einzelaufnahmen der jeweiligen Räume, welche anschließend automatisiert mit RTAB-Map zusammengefügt wurden. Dieser Prozess ist in Abbildung 26 dargestellt.

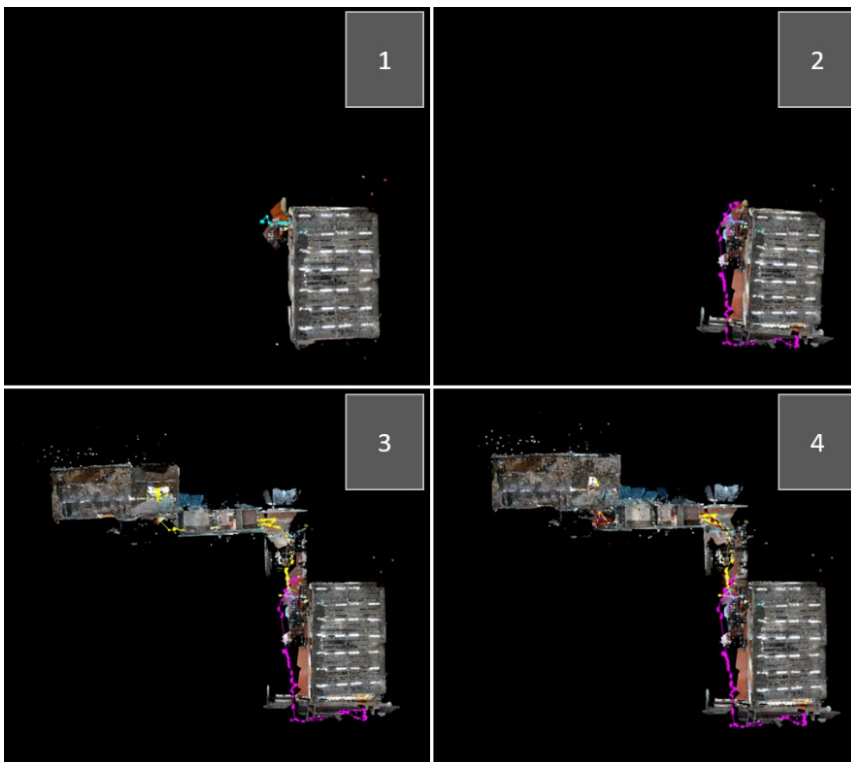


Abbildung 26: Versuchsgebäude 1: Automatisiertes Zusammenfügen der einzelnen Punktwolken⁶⁵

⁶⁴ Lach/Blesinger (2019), S. 48

⁶⁵ Lach/Blesinger (2019), S. 56

Im Ergebnis wurde eine dreidimensionale Punktwolke erzeugt. In Abbildung 27 ist exemplarisch der Konferenzraum dargestellt.

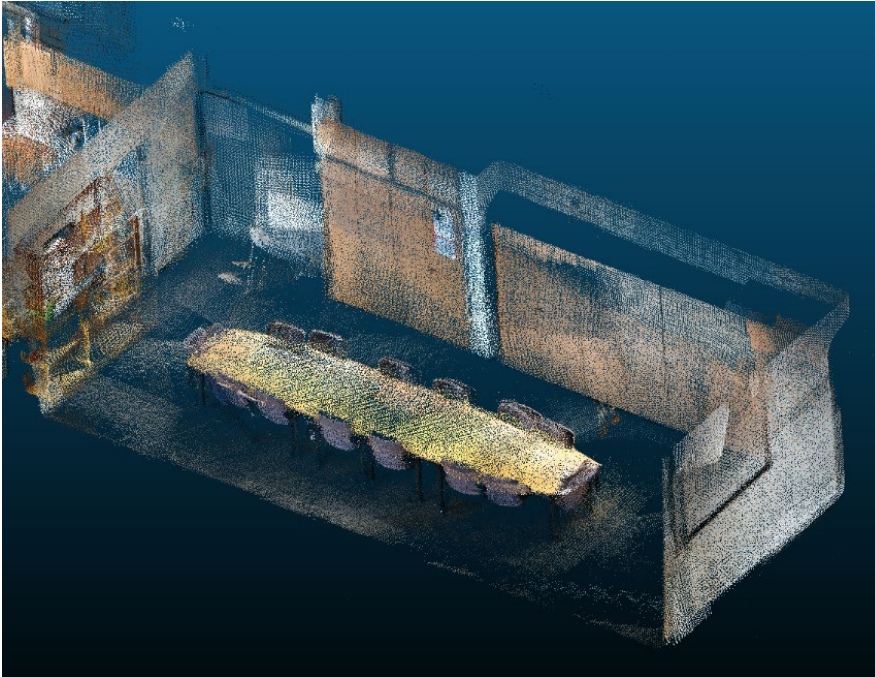


Abbildung 27: Versuchsgebäude 1: Punktwolke des Konferenzraums⁶⁶

3.6.2 Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell

Nach dem Zusammenfügen der einzelnen Punktwolken, einer optionalen optischen Verbesserung (zum Beispiel durch Eliminierung von Spiegelungen) und der Anpassung zur Weiterverarbeitung (mittels Umwandlung des Dateiformats) wurde ein digitales Modell erstellt. Die Punktwolke diente hierbei als „Schablone“ für das einfache Nachmodellieren und als „Wissensspeicher“ für die vorliegenden Quantitäten, Geometrien und teilweise als Indiz für die Materialität. Mit Hilfe des Streckenmessungswerkzeugs in Autodesk Revit und Autodesk ReCap konnten die Maße der einzelnen Objekte der Punktwolke bestimmt werden. So konnte zum Beispiel die Wandstärke durch die Aufnahme zweier aneinandergrenzender Räume im Modell ermittelt werden.

Das digitale Modell wurde mit Entkernungsbauteilen (zum Beispiel die raumbildenden Ausbauten Boden, Wand und Decke) ergänzt, wodurch weitere Informationen wie zum Beispiel Raumgröße und Raumumfang automatisch berechnet werden konnten. Weiterhin wurden ortsveränderliche

⁶⁶ Lach/Blesinger (2019), S. 58

Entrümpelungsgegenstände (zum Beispiel Tische, Stühle und Aktenschränke) modelliert. Abbildung 28 zeigt den Konferenzraum als Ausschnitt des erstellten digitalen Modells.

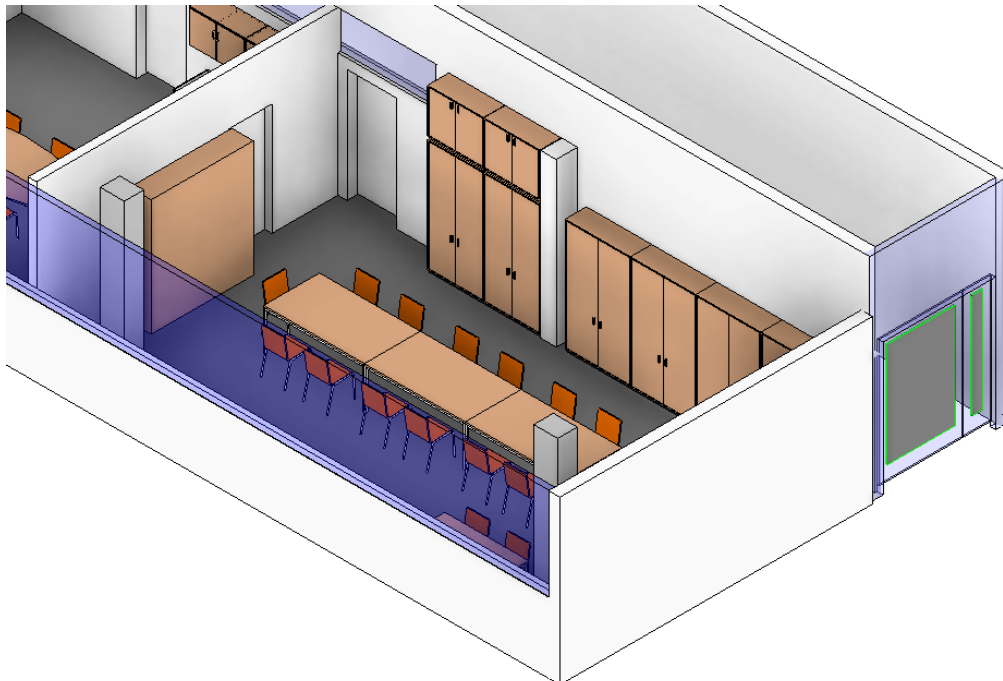


Abbildung 28: Versuchsgebäude 1: Aggregiertes Modell des Konferenzraums⁶⁷

3.6.3 Auswertung der aufgenommenen Daten

Mit Hilfe von individuell erstellten Bauteillisten konnten die Informationen in Autodesk Revit zur Verfügung gestellt werden. Ein Beispiel für eine Raumliste mit geometrischen Bauteilangaben ist in Tabelle 8 dargestellt.

⁶⁷ Lach/Blesinger (2019), S. 67

Tabelle 8: Versuchsgebäude 1 – Raumliste aus dem Revit-Modell⁶⁸

<Raumliste>					
A	B	C	D	E	F
Nummer	Name	Lichte Höhe	Umfang	Fläche	Volumen
1	Konferenzraum	2.85 m	30.25 m	49.89 m ²	142.19 m ³
2	Küche	2.85 m	21.75 m	29.53 m ²	84.17 m ³
3	Seminarraum	3.40 m	46.36 m	109.93 m ²	372.22 m ³

Weiterhin wurde die Maßgenauigkeit der sensorgestützten Bestandsaufnahme überprüft. Bei Bauteilen für die Entkernung liegt die Differenz der Werte, welche aus dem digitalen Modell gewonnen wurden im Vergleich zu den real gemessenen Werten unter 1 %. Dies stellt eine ausreichend hohe Genauigkeit für die Planung und für die Ausführung der Entkernungsprozesse dar. Bei Gegenständen der Entrümpelung liegt diese Abweichung bei maximal 3 %. Dies stellt eine ausreichend hohe Genauigkeit für die Planung und für die Ausführung der Entrümpelungsprozesse dar.

3.7 Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 2

3.7.1 Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme

Die zweite sensorgestützte Bestandsaufnahme erfolgte am Versuchsgebäude 2⁶⁹, welches als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt wird und in Abbildung 28 dargestellt ist. Es stammt ebenso wie das Versuchsgebäude 1 aus den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts und kann aufgrund seines Alters und des Bauzustands als Muster für ein potenziell zu beräumendes Gebäude für das Bauen im Bestand respektive für den Abbruch angesehen werden. Das Gebäude 2 besitzt zwei innenliegende Treppenhauskerne für die Erschließung, untergeordnete Räume wie Sanitärbereiche und Lager, welche zum Inneren orientiert sind, sowie außenliegende Büros. Es besteht aus einem Unter- und einem Erdgeschoss sowie fünf aufgehenden Regelgeschossen, welche den gleichen Grundriss aufweisen und in Abbildung 29 als Autodesk Revit-Modell einschließlich der überlagerten Punktwolke dargestellt sind. Das Versuchsgebäude 2 wurde umfangreicher modelliert als das Versuchsgebäude 1.

⁶⁸ Lach/Blesinger (2019), S. 69

⁶⁹ Morgenstern/Blesinger (2019): Sensorgestützte Gebäudeaufnahme zur Planung von Abbrucharbeiten

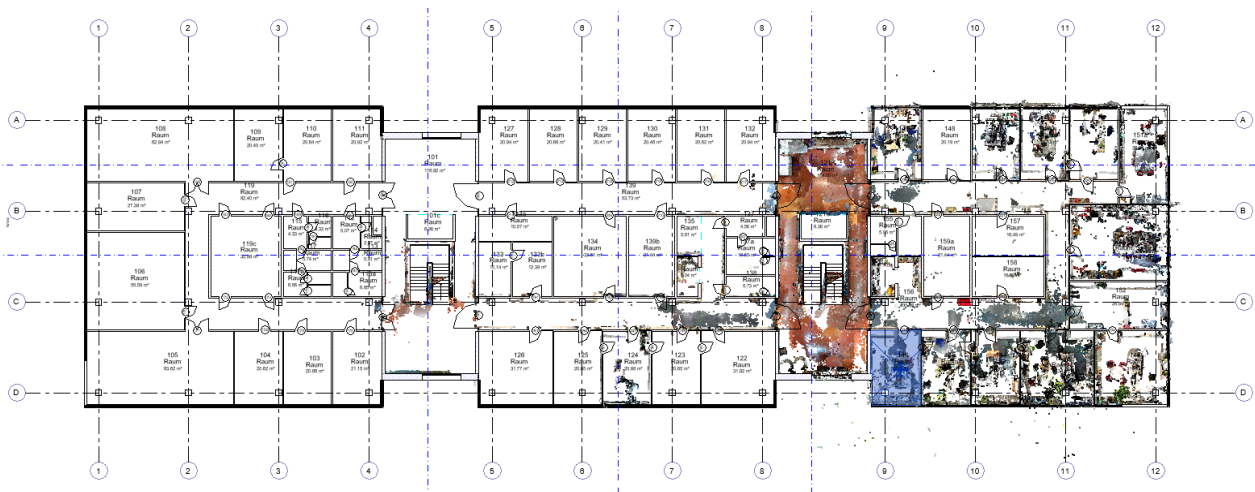


Abbildung 29: Versuchsgebäude 2: 1. OG als Revit-Modell mit überlagert Punktwolke⁷⁰

Abbildung 30 zeigt den zuvor beschriebenen Schleifenschluss (Loop closure) während der Aufnahme mit RTAB-Map, bei dem einzelne Punkte der Punktwolke wiedererkannt und somit die Genauigkeit der Punktwolke verbessert wurde. Es kann angenommen werden, dass die vielen vorliegenden Details in dieser Aufnahme wie beispielsweise die Pinnwand mit den angebrachten Notizen und der Heizkörper mit seinen einzelnen Rippen zu diesem Schleifenschluss geführt haben.

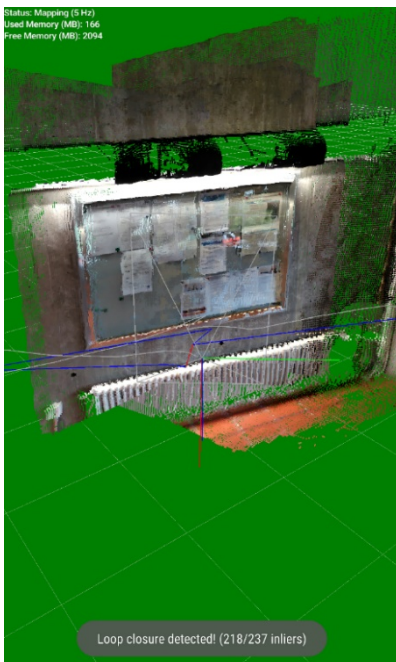


Abbildung 30: Versuchsgebäude 2: Screenshot während eines Schleifenschlusses (Loop closure)⁷¹

⁷⁰ Morgenstern/Blesinger (2019), S. 53

⁷¹ Morgenstern/Blesinger (2019), S. 71

Für die mit dem Lenovo Phab erzeugten Punktwolken ist beispielhaft ein Raum in Abbildung 31 in einer 3D-Darstellung und einer Draufsicht respektive einem Grundriss dargestellt. Anhand dieser Aufnahme ist das Nachmodellieren des Versuchsgebäudes 2 auf einfachem Wege möglich. Zudem entstehen im Rahmen der Aufnahme etwa 200 Bilder, welche zur detaillierten Planung der Entrümpelung herangezogen werden können.

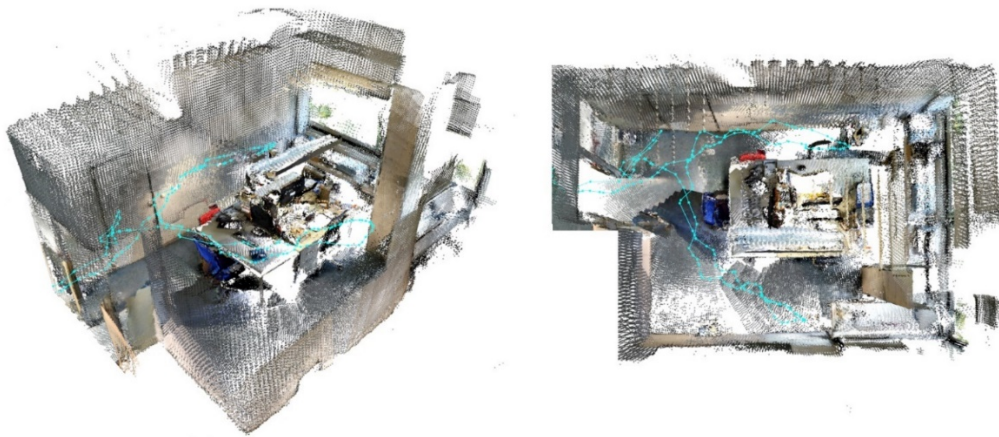


Abbildung 31: Versuchsgebäude 2: Punktwolken eines Raumes in 3D-Darstellung und Grundriss⁷²

3.7.2 Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell

Aus den aufgenommenen Punktwolken wurde ein Modell in Autodesk Revit erstellt, welches in die verschiedenen Netto-Raumflächen (NRF) unterteilt und in Abbildung 31 dargestellt ist.

⁷² Morgenstern/Blesinger (2019), S. 53

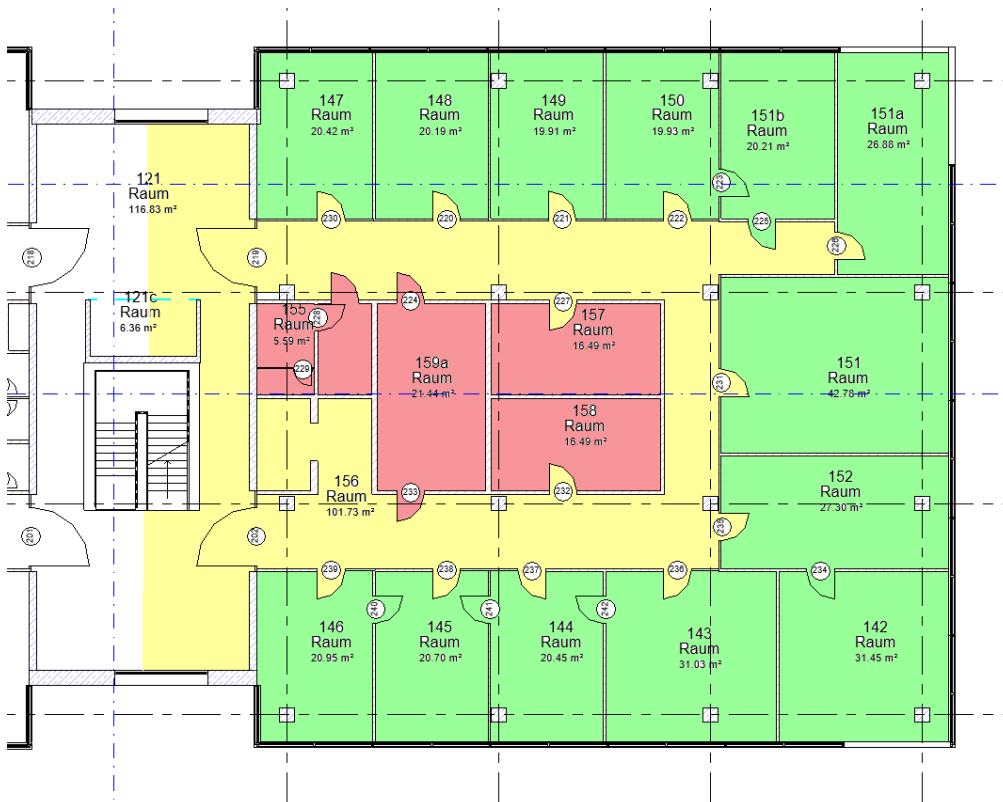


Abbildung 32: Versuchsgebäude 2: Revit-Modell mit Nutzfläche (grün), Verkehrsfläche (gelb) und Technikfläche (rot)⁷³

Bei der fortlaufenden Aufnahme wurden die Treppenhäuser erfasst und angrenzende Bereiche, welche zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden, in RTAB-Map automatisiert angefügt. Das Ergebnis dieser Aufnahme respektive der Schnitt einschließlich der überlagerten Punktwolke des Versuchsgebäudes 2 ist in Abbildung 33 dargestellt. Unter anderem konnten so die Dicken der Geschossdecken auf einfachem Wege ermittelt werden.

⁷³ Morgenstern/Blesinger (2019), S. 90

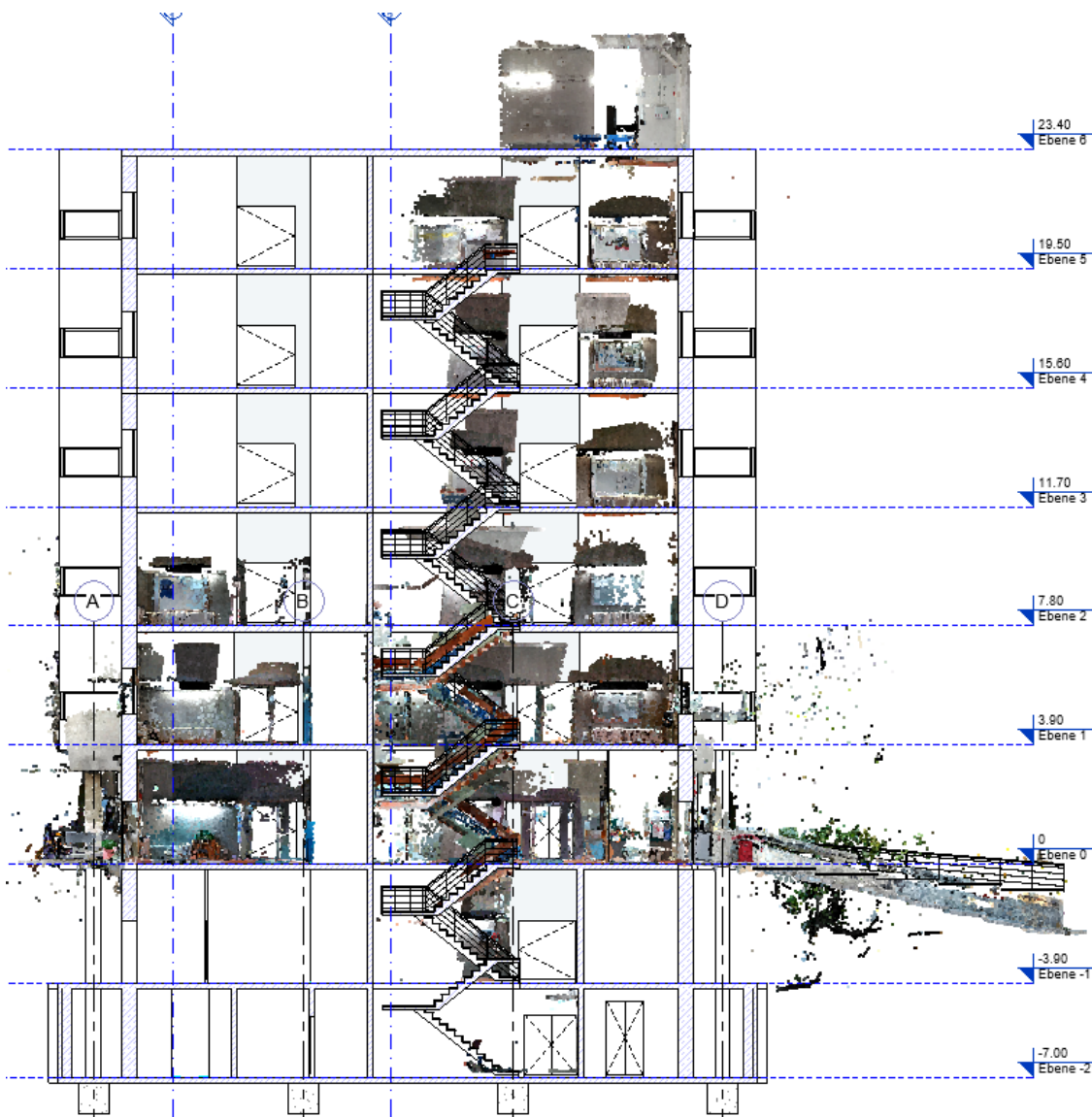


Abbildung 33: Versuchsgebäude 2: Schnitt einschließlich überlagerter Punktwolke⁷⁴

3.7.3 Auswertung der aufgenommenen Daten

Beim Versuchsgebäude 2 wurde in Analogie zum Versuchsgebäude 1 die Maßgenauigkeit der sensor-gestützten Bestandsaufnahme überprüft. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Tabelle 9 dargestellt.

⁷⁴ Morgenstern/Blesinger (2019), S. 104

Tabelle 9: Versuchsgebäude 2 – Maßabweichungen der Messergebnisse⁷⁵

Messwert	Laserdistanzmessgerät	Zollstock Z	Abweichung <= zu =>	Punktwolke P (gemittelt)	Punkt- wolke (min.)	Punkt- wolke (max.)
			$s_i = \frac{P - Z}{Z}$			
1	2,29 m	2,285 m	0,667 %	2,30025	2,2691	2,3314
2	1,87 m	1,870 m	-0,337 %	1,86370	1,8466	1,8808
3	6,37 m	6,390 m	0,671 %	6,43285	6,3693	6,4964
4	6,26 m	6,255 m	-0,136 %	6,24650	6,2052	6,2878
5	2,92 m	2,920 m	-0,738 %	2,89845	2,8766	2,9203

Für die Planung und für die Ausführung von Beräumungsprozessen kann die erreichte Genauigkeit als ausreichend eingestuft werden.

3.8 Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 3

3.8.1 Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme

Die dritte sensorgestützte Bestandsaufnahme erfolgte am Versuchsgebäude 3⁷⁶, welches in den 1950er Jahren erbaut und als Bürogebäude mit Wohneinheit genutzt wurde. Nach Leerstand sollte eine Umnutzung erfolgen, so dass ein Umbau mit umfassenden Beräumungsarbeiten geplant war. Der mit Autodesk Revit nachmodellerte Querschnitt des aufgenommenen Versuchsgebäudes 3 ist in Abbildung 34 dargestellt.

⁷⁵ Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Morgenstern/Blesinger (2019), S. 82

⁷⁶ Bingert/Blesinger (2020): Digitale Bestandsaufnahme von Gebäuden unter Verwendung von Sensoren

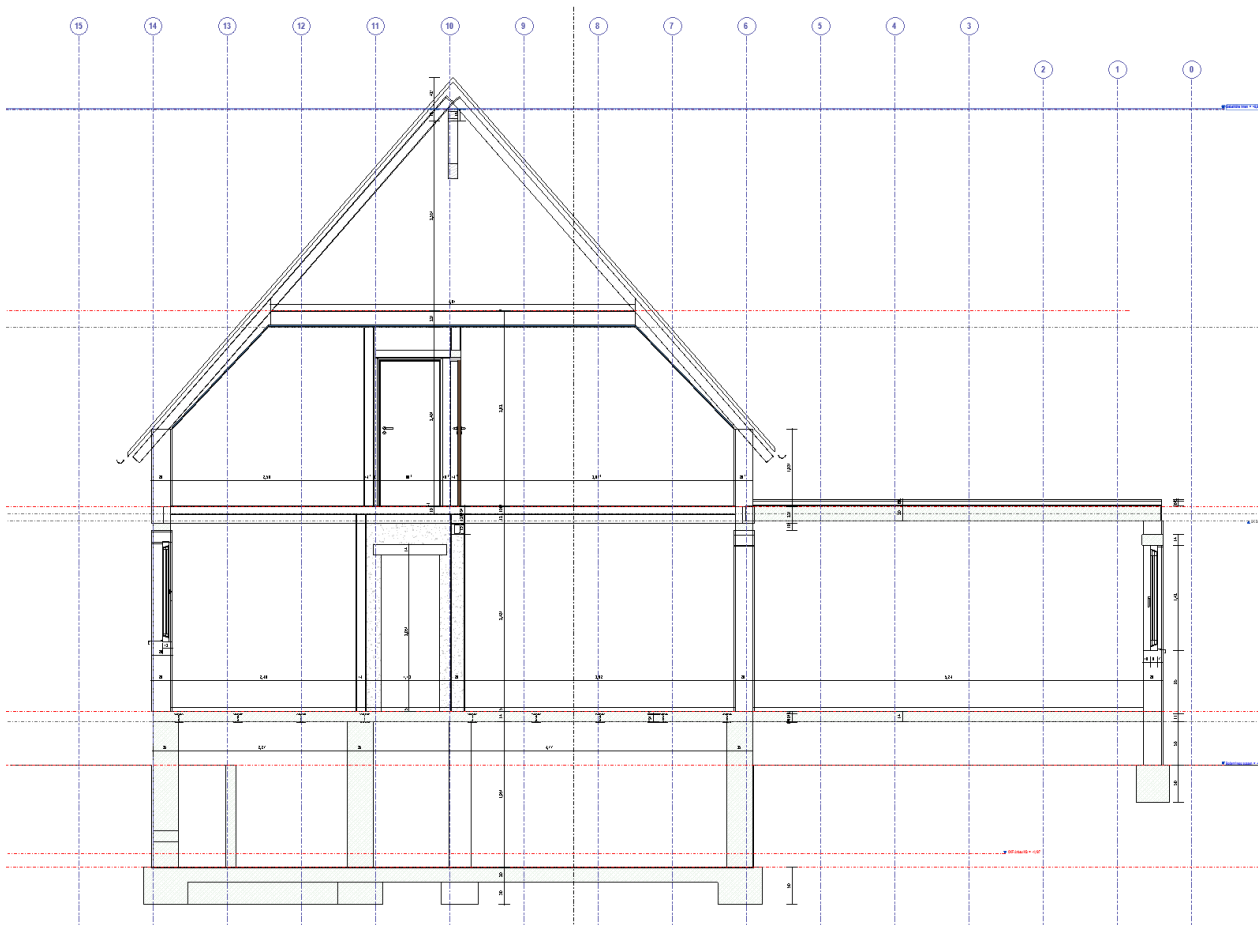


Abbildung 34: Versuchsgebäude 3: Querschnitt nachmodelliert mit Autodesk Revit⁷⁷

Die Vorgehensweise der sensorgestützten Bestandsaufnahme mit anschließender Modellerstellung entspricht den vorgenannten Untersuchungen.

3.8.2 Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell

Aufgrund der Aufnahme aller Räumlichkeiten mittels sensorgestützter Bestandsaufnahme war ein detailgetreues Nachmodellieren des Bestandes auf einfache Weise möglich. Im Zuge dessen konnte eine Vielzahl der in vorherigen Untersuchungen gewählten Einstellungen von RTAB-Map verifiziert und angepasst werden.

3.8.3 Auswertung der aufgenommenen Daten

Um eine Aussage über die Genauigkeit der aufgenommenen Punktwolke treffen zu können, wurden vor Ort manuelle Kontrollmessungen durchgeführt, welche im Anschluss am Computer mit den Maßen in

⁷⁷ Bingert/Blesinger (2020), S. 92

der Punktwolke verglichen wurden. Die Gegenüberstellung dieses maßlichen Vergleichs zwischen manuellem Aufmaß und den Maßen aus der Punktwolke ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Versuchsgebäude 3 – Vergleich manuelles Aufmaß zur Punktwolke⁷⁸

	Maße gemessen	Maße aus Punktwolke	Abweichung absolut	Abweichung prozentual
Wandstärke Küche/Flur OG	0,158 m	0,173 m	1,5 cm	9,5 %
Türhöhe OG	2,00 m	2,005 m	0,5 cm	0,25 %
Länge Flur OG	1,87 m	1,854 m	2,9 cm	1,6 %
Sturzhöhe Flur/Raum1 EG	2,18 m	2,186 m	0,6 cm	0,3 %
Länge Flur EG	1,02 m	1,014 m	0,6 cm	0,6 %
Auflagerlänge Stahlträger	0,276 m	0,267 m	0,9 cm	3,3 %
Bodenaufbau EG	0,05 m	0,049 m	0,01 cm	0,2 %

Die ermittelten prozentualen Abweichungen sind in der Mehrzahl gering, so dass diese für die Planung von Beräumungsarbeiten vernachlässigt werden können.

Ergänzend wurden Bauteillisten erstellt, womit eine automatisierte Auswertung der aufgenommenen Gebäudedaten erfolgen konnte. Hierzu wurde das AddOn „Roombook Area“ von Autodesk in Autodesk Revit installiert, wodurch Lage, Flächen und Mengen gemäß DIN 277 berechnet werden können. Die Flächen wurden direkt im Modell über die Raumstempel eingefügt. Weiterhin wurden verschiedene Bauteillisten erstellt, wovon beispielhaft in Abbildung 35 eine Fundamentliste dargestellt ist. In dieser Liste sind neben verschiedenen, in Autodesk Revit standardmäßig enthaltenen, Bauteilcharakteristika wie Bauteiltyp, -material, -abmessungen und -volumen auch eigene Bauteilparameter wie beispielsweise das Bauteilgewicht dargestellt.

⁷⁸ Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Bingert/Blesinger (2020), S. 101

<ING - FUNDAMENTLISTE>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Anzahl	Nummer	Typ	Material	Länge	Breite	Höhe	Volumen	Gewicht	
1		STB 750x 750 x 500	Ortbeton - bewehrt	75,0 cm	75,0 cm	50,0 cm	0,17 m³	0,422 t	
1		STB 750x 750 x 500	Ortbeton - bewehrt	75,0 cm	75,0 cm	50,0 cm	0,17 m³	0,422 t	
							2	0,34 m³	0,844 t
1		STB 200	Ortbeton - bewehrt	809,0 cm	884,5 cm		14,31 m³	35,778 t	
1		STB 200	Ortbeton - bewehrt	352,3 cm	391,0 cm		2,75 m³	6,887 t	
							2	17,07 m³	42,665 t
1		STB 450x500	Ortbeton - bewehrt	373,0 cm	45,0 cm		0,42 m³	1,044 t	
1		STB 450x500	Ortbeton - bewehrt	276,0 cm	45,0 cm		0,36 m³	0,889 t	
1		STB 450x500	Ortbeton - bewehrt	552,0 cm	45,0 cm		1,26 m³	3,159 t	
1		STB 450x500	Ortbeton - bewehrt	525,0 cm	45,0 cm		1,18 m³	2,953 t	
1		STB 450x500	Ortbeton - bewehrt	135,0 cm	45,0 cm		0,28 m³	0,706 t	
1		STB 500x500	Ortbeton - bewehrt	262,0 cm	50,0 cm		0,34 m³	0,851 t	
1		STB 500x500	Ortbeton - bewehrt	299,5 cm	50,0 cm		0,43 m³	1,076 t	
1		STB 500x500	Ortbeton - bewehrt	263,4 cm	50,0 cm		0,38 m³	0,941 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	849,5 cm	60,0 cm		1,78 m³	4,447 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	774,0 cm	60,0 cm		1,60 m³	3,996 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	774,0 cm	60,0 cm		1,68 m³	4,195 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	849,5 cm	60,0 cm		1,62 m³	4,046 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	149,4 cm	60,0 cm		0,25 m³	0,627 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	391,0 cm	60,0 cm		1,19 m³	2,975 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	312,3 cm	60,0 cm		0,94 m³	2,342 t	
1		STB 600x500	Ortbeton - bewehrt	350,9 cm	60,0 cm		1,20 m³	3,007 t	
Streifenfundament: 16							14,90 m³	37,256 t	
Gesamt: 20							32,31 m³	80,764 t	

Abbildung 35: Versuchsgebäude 3: Fundamentliste⁷⁹

Für die Planung der Entrümpelungsprozesse besteht die Möglichkeit des Nachmodellierens von Einrichtungsgegenständen, welche in der Punktwolke zu erkennen sind. Zum Zeitpunkt der Durchführung der Bestandsaufnahme am Versuchsgebäude 3 war die Entrümpelung seitens der Eigentümerschaft bereits abgeschlossen, weshalb keine Entrümpelungsgegenstände in das Revit-Modell integriert werden konnten. In zukünftigen Untersuchungen ist zu prüfen, mit welchem Umfang und welcher Detailtiefe eine Erfassung von Einrichtungsgegenständen erfolgen soll.

3.9 Fallstudie zur sensorgestützten Bestandsaufnahme: Versuchsgebäude 4

3.9.1 Gebäudebeschreibung und Punktwolkenaufnahme

Am Versuchsgebäude 4⁸⁰ wurde eine weitere sensorgestützte Bestandsaufnahme durchgeführt, um die zuvor dargelegten Erkenntnisse zu verifizieren. Das Versuchsgebäude 4 wird als Bürogebäude genutzt und ist aufgrund seines Alters und seiner Lage in einer Großstadt als potenzielles Beräumungsobjekt einzustufen. Eine Darstellung des mit Autodesk Revit nachmodellierten Grundrisses erfolgt in Abbildung 36.

⁷⁹ Bingert/Blesinger (2020), S. 97

⁸⁰ Yalcin/Blesinger (2020): Fallstudie zur digitalen Gebäudebestandsaufnahme und Entwicklung eines BIM-Fachmodells „Abbruch“

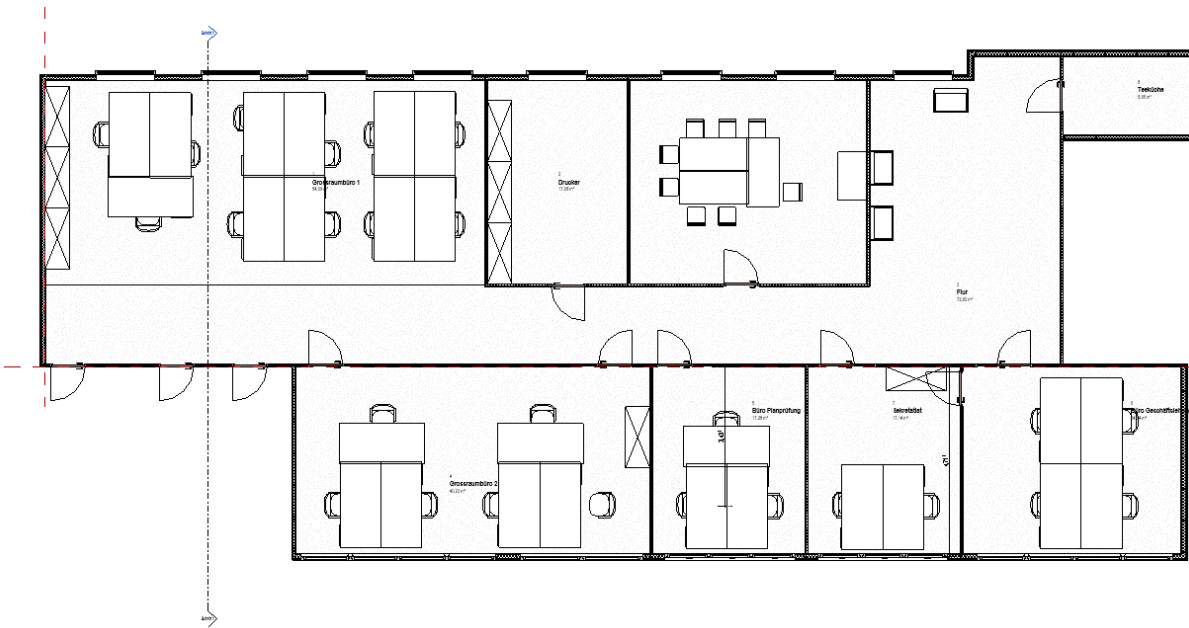


Abbildung 36: Versuchsgebäude 4: Grundriss nachmodelliert mit Autodesk Revit⁸¹

3.9.2 Aggregation der aufgenommenen Daten zu einem digitalen Modell

Die aufgenommenen Punktwolken wurden in Autodesk Revit importiert, so dass diese als Schablone für die Modellierung des Bestands dienten. Durch die Verwendung verschiedener Perspektiven wie zum Beispiel Grundriss- und Schnittansicht konnten die Kanten von Bauteilen gut erkannt und nachmodelliert werden. Mit Hilfe der Begrenzungsfunktion in der 3D-Ansicht konnten Schnitte durch das 3D-Modell und die überlagerte Punktwolke gelegt werden; dies erlaubte eine gezielte Modellierung von Teilbereichen (s. Abbildung 37).

⁸¹ Yalcin/Blesinger (2020), S. 4

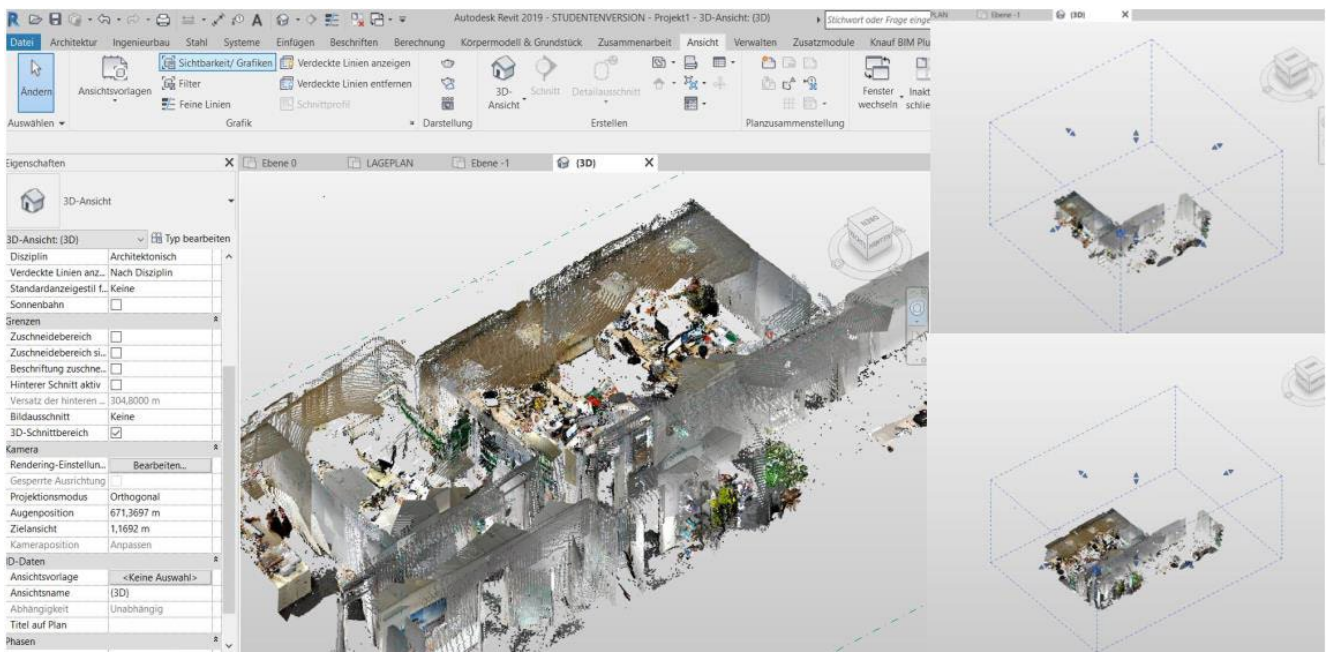


Abbildung 37: Versuchsgebäude 4: 3D-Schnitt in Revit mit unterschiedlichen Schnitthöhen (rechts)⁸²

Eine Vielzahl von Herstellern stellt die Bauprodukte in Form digitaler Bauteilkataloge einschließlich des Schichtenaufbaus zur Verfügung. In Abbildung 38 sind beispielhaft Trockenbauwände als Metallständerkonstruktion des Herstellers Knauf dargestellt. Die in der Datenbank angegebenen Parameter können für die Belange einer Bestandsaufnahme verwendet werden, wenn der entsprechende Bauteiltypus vor Ort festgestellt wird.

⁸² Yalcin/Blesinger (2020), S. 52

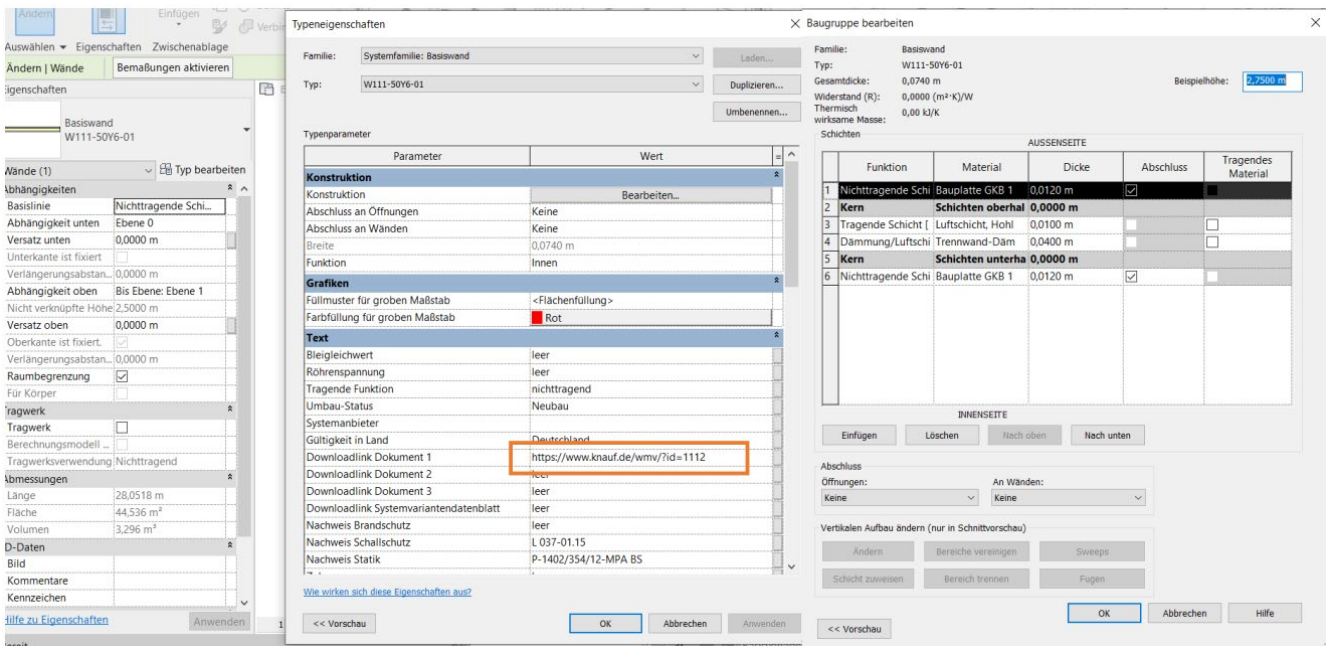


Abbildung 38: Knauf Metallständersystem und Referenz⁸³

3.9.3 Auswertung der aufgenommenen Daten

Mittels automatisch generierter und individuell anpassbarer Listen konnten Bauteilmengen und weitere Parameter automatisiert ermittelt werden. Beispielhaft ist in Abbildung 39 eine Wandliste der Trockenbauwände dargestellt, welche beispielsweise für die Ausschreibung der Entkernungsarbeiten von Trockenbauwänden verwendet werden kann.

⁸³ Yalcin/Blesinger (2020), S. 53

<WANDLISTE>						
A	B	C	D	E	F	G
Anzahl	Kennzeichen	Typ	Breite	Fläche	Anzahl Beplankun	Beplankungsdicke
W111-50Y6-01						
1		W111-50Y6-01	0,074 m	10,95 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	10,58 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	10,58 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	8,69 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	44,54 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	11,64 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	17,84 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	11,47 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	11,47 m²	1	12,5
1		W111-50Y6-01	0,074 m	15,48 m²	1	12,5
				153,23 m²		
W131-100Y3-02						
1		W131-100Y3-02	0,161 m	21,93 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	10,58 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	16,53 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	31,59 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	1,38 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	12,56 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	4,79 m²	2	2x 15
1		W131-100Y3-02	0,161 m	7,13 m²	2	2x 15

Abbildung 39: Versuchsgebäude 4: Wandliste aus Revit⁸⁴

3.10 Erkenntnisse zur Durchführung der Punktwolkenaufnahme

Für die Durchführung der Punktwolkenaufnahme waren vorbereitende Maßnahmen vor Ort und in Form von Einstellungen von RTAB-Map auf dem Lenovo Phab auszuführen, welche nachfolgend erläutert werden.

3.10.1 Vorbereitende Maßnahmen vor Ort

Die vor Ort auszuführenden vorbereitenden Maßnahmen sind in Abbildung 40 dargestellt.

⁸⁴ Yalcin/Blesinger (2020), S. 54

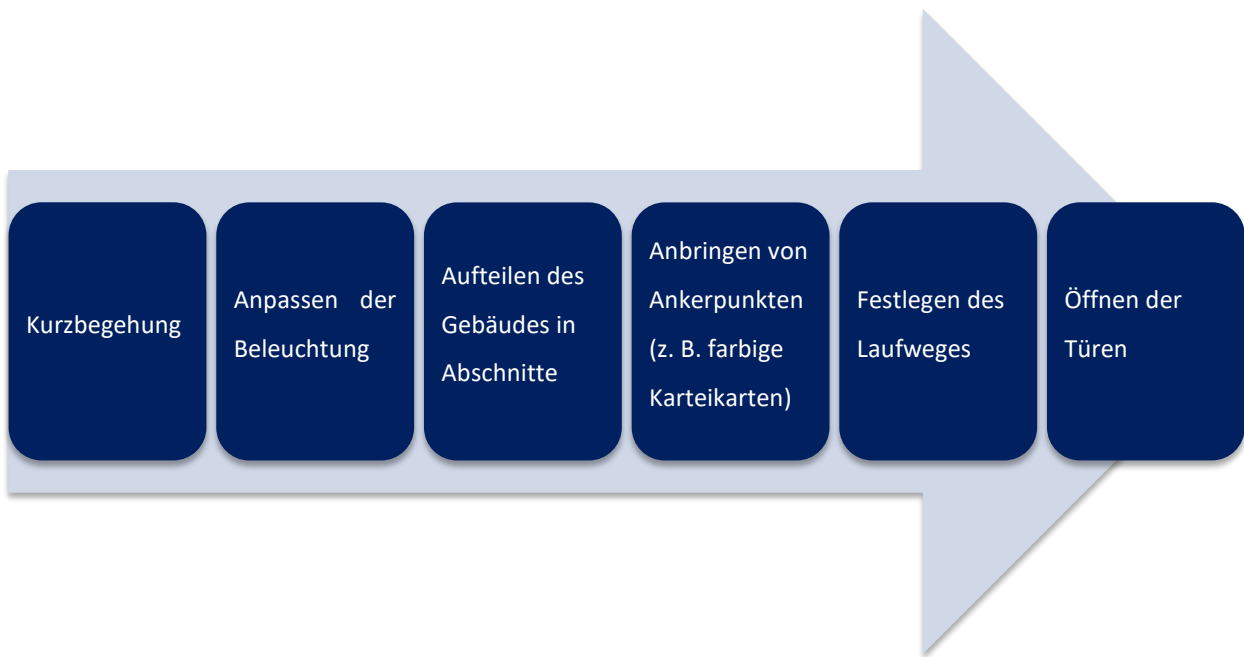


Abbildung 40: Vorbereitende Maßnahmen zur digitalen Bestandsaufnahme vor Ort⁸⁵

Vor Beginn der sensorgestützten Bestandsaufnahme sollte eine Kurzbegehung zur Erfassung des Objektes durchgeführt werden. Dieses ist unter anderem erforderlich, um festzustellen, ob die Lichtverhältnisse der natürlichen Beleuchtung ausreichend sind respektive ob künstliche Beleuchtung einzurichten ist.

Da der Arbeitsspeicher des Lenovo Phab lediglich für die Aufnahme von bis zu zwei Räumen ausreicht, ist das Objekt in einzelne Aufnahmeabschnitte zu unterteilen. Damit die einzelnen Aufnahmen automatisiert von RTAB-Map oder nachträglich am Rechner zusammengesetzt werden können, sollten markante Ankerpunkte an den Bauteilen platziert werden. Im Zuge der Untersuchungen stellten sich farbige Karteikarten als effiziente Ausführungsmöglichkeit der Ankerpunkte heraus. Die Ausführung von Ankerpunkten ist in Abbildung 41 beispielhaft dargestellt.

Durch das Festlegen des Laufweges der sensorgestützten Bestandsaufnahme kann Mehraufwand durch Dopplungen in der Aufnahme und eine Überbelastung des Arbeitsspeichers entgegengewirkt werden. Weiterhin sollten die Türen im Gebäude so geöffnet werden, dass einerseits das Durchgehen möglich ist und andererseits der dahinterliegende Bereich respektive die dahinterliegenden Bauteile aufgenommen werden können.

⁸⁵ Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Bingert/Blesinger (2020), S. 72



Abbildung 41: Ankerpunkte mittels farbiger Karteikarten: Foto (links)⁸⁶ und ReCap (rechts)⁸⁷

3.10.2 Einstellungen von RTAB-Map auf dem Lenovo Phab

Aus der Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten in RTAB-Map haben sich im Zuge der sensorgestützten Bestandsaufnahmen der vier untersuchten Versuchsgebäude die in der Tabelle 11 dargestellten Einstellungen als vorteilhaft herausgestellt.

⁸⁶ Bingert/Blesinger (2020), Anhang S. ix

⁸⁷ Bingert/Blesinger (2020), Anhang S. xii

Tabelle 11: Vorteilhaftes Einstellungen in RTAB-Map⁸⁸

Kategorie/ Bezeichnung	Beschreibung in RTAB- Map	Übersetzung/Funktion	Gewählter Wert
Rendering			
Point Cloud Density	Decrease density to reduce rendering time and memory.	Gibt die Dichte der Punktwolke an. Verringert man diese, reduziert sich die benötigte Zeit für das Rendering und der benötigte Speicherplatz.	Max
Mesh Angle Tolerance	Minimum polygon angle. Increase to force scanning perpendicular to surfaces.	Minimaler Polygon- Winkel. Bei Erhöhung des Werts werden nur Daten senkrecht zur Oberfläche gescannt.	5 deg
Mesh Triangle Size	Size in pixels of the polygons created from the depth image.	Pixelgröße der Polygone/Punkte, die vom Tiefenbild erzeugt werden.	2 pix
Nodes Filtering	Render only the newest point cloud of a loop closure.	Es wird nur die neueste Punktwolke eines Loop-Closures gerendert.	Off
General			
Mapping			
HD Mode	Save HD images of the color camera if you want very detailed textures. More memory will be required.	Speichert HD-Bilder der RGB-Kamera. Anzuwenden, wenn man die Textur (max. mögliche Informationen, die auf einer Oberfläche dargestellt werden ⁸⁹ ; hier Oberfläche=Mesh) sehr genau darstellen will. Dies benötigt mehr Speicherplatz.	Off
Smoothing	Smooth the point clouds.	Glätten/Bereinigen der Punktwolken.	On

⁸⁸ Bingert/Blesinger (2020), S. 65 ff.

⁸⁹ Tom's Hardware

Kategorie/ Bezeichnung Forts.	Beschreibung in RTAB- Map Forts.	Übersetzung/Funktion Forts.	Gewählter Wert Forts.
Similarity Threshold	Threshold at which consecutive images are considered the same, so the corresponding node's weight is increased. The background turns dark blue when this happens.	Schwelle, ab welcher aufeinanderfolgende Bilder als gleich erkannt werden. Ist dies der Fall, erhält der Knoten mehr Gewicht. Der Hintergrund wird kurz blau.	0,3
Max Features Extracted (Vocabulary)	Extracting more features per image would result in better loop closure hypotheses but more processing time is required.	Werden mehr Details pro Bild ausgewertet, können mehr potentielle Loop-Closures gefunden werden. Dieser Prozess benötigt mehr Zeit.	400
Max Features Extracted (Loop Closure)	Extracting more features per image would result in better loop closure transforms but more processing time is required.	Werden mehr Details pro Bild ausgewertet, können gefundene Loop-Closures besser verwertet werden. Dieser Prozess benötigt mehr Zeit.	800
Save all Frames in Database	Discarded frames while not moving are still saved in database. Useful to replay exactly the scanning on RTAB-Map Desktop.	Verworfen Bilder, die während des Stillstandes des Smartphones aufgenommen werden, werden in der Datenbank gespeichert. Hilfreich bei der Rekonstruktion des Laufweges am PC.	Off
Exporting			
Voxel Size	If you don't need a very precise point cloud, you can set this to reduce the output point cloud size. This is also used to optimize mesh.	Wird keine genaue Punktwolke benötigt, kann diese Einstellung verwendet werden, um die Punktwolkengröße zu begrenzen. Mesh (Polygonnetz zur Beschreibung der Oberfläche) wird ebenfalls optimiert.	Disabled

Kategorie/ Bezeichnung Forts.	Beschreibung in RTAB- Map Forts.	Übersetzung/Funktion Forts.	Gewählter Wert Forts.
Texture Size	If the map is large, you may want to increase this to maximize the texture resolution.	Wenn der aufzunehmende Bereich groß ist, kann diese Einstellung erhöht werden, um die maximal angezeigten Details auf der Oberfläche zu erhöhen.	16384* 16384
Block Rendering Threat While Exporting	This decreases exporting time, but freezes rendering while exporting. This also clears temporarily the rendered clouds/meshes from memory during exporting, this can be used to avoid out of memory errors.	Die benötigte Zeit für den Export wird reduziert, es findet während des Exports aber kein Rendering statt. Zudem werden während des Exports die gerenderten Punktwolken und der Mesh kurzfristig aus dem Speicher gelöscht. Dies vermeidet eine Überlastung des Speichers.	Off
Color Radius	Radius used to transfer nearest color from the point cloud to reconstructed mesh. When exporting with texture, if Clean Mesh is also enabled, this will limit the number of polygons textured in holes.	Radius, der beim Transfer der nächstgelegenen Farbe von der Punktwolke in den erstellten Mesh genutzt wird. Wenn die Textur mit exportiert wird und Clean Mesh verfügbar ist, schränkt diese Einstellung die Anzahl an Punkten, die in Löchern dargestellt werden, ein.	0,02
Color Correction Radius	Radius used to find pixel correspondences for Adjust Colors optimization.	Benutzter Radius um gleiche Pixel bei der Farboptimierung zu finden.	0,025
Noise Filtering Ratio	Polygon clusters with size smaller than this ratio of the largest cluster are removed by the Noise Filtering optimization.	Polygon Cluster (Verknüpfung mehrerer Punkte) mit einer kleineren Größe als dem gewählten Verhältnis zum größten Cluster werden entfernt.	0,1

3.11 Fazit zur sensorgestützten Bestandsaufnahme

Mit den Ergebnissen der Untersuchungen an den Versuchsgebäuden 1 bis 4 konnte nachgewiesen werden, dass die Durchführung von sensorgestützten Bestandsaufnahmen verwertbare Daten für die Planung und für die Ausführung von Beräumungsarbeiten liefert. In der Regel wird eine ausreichend hohe Genauigkeit erzielt, wobei größere Abweichungen bei der BP-ID 0-1 „Kleine Gegenstände“ festzustellen sind.

Die Punktwolkenaufnahmen weisen eine hohe Genauigkeit auf. Der Zeitaufwand ist relativ gering. Der derzeit noch erhöhte Aufwand in der Modellierung kann durch Herabsetzen des Detaillierungsgrads reduziert werden. Dieser wird abhängig sein, ob es sich um eine Baumaßnahme im Bestand oder um einen Abbruch handelt.

4 AP 3: Prozessmodellierung

In Kapitel 2.1 wurde die Systematisierung der Beräumungsprozesse entwickelt, welche einen (1) Entrümpelungsgrundprozess und 19 Entkernungsgrundprozesse beinhaltet. Die an den untersuchten Beräumungsobjekten erfassten Prozesse wurden im Rahmen von REFA-Studien analysiert und beispielhaft in Kapitel 2.4 beschrieben.

Die in Kapitel 2.1 entwickelte Systematisierung der Beräumungsprozesse bildet die Grundlage für das nachfolgend dargelegte „Prozessmodell Beräumung“. Ziel der Prozessmodellierung ist es, alle wesentlichen Elemente, welche zur Ausführung der einzelnen Aufgaben notwendig sind, formal zu beschreiben und übersichtlich darzustellen.⁹⁰

4.1 Beschreibung „Prozessmodell Beräumung“

Das „Prozessmodell Beräumung“ ist in Abbildung 42 dargestellt und wird anschließend beschrieben.

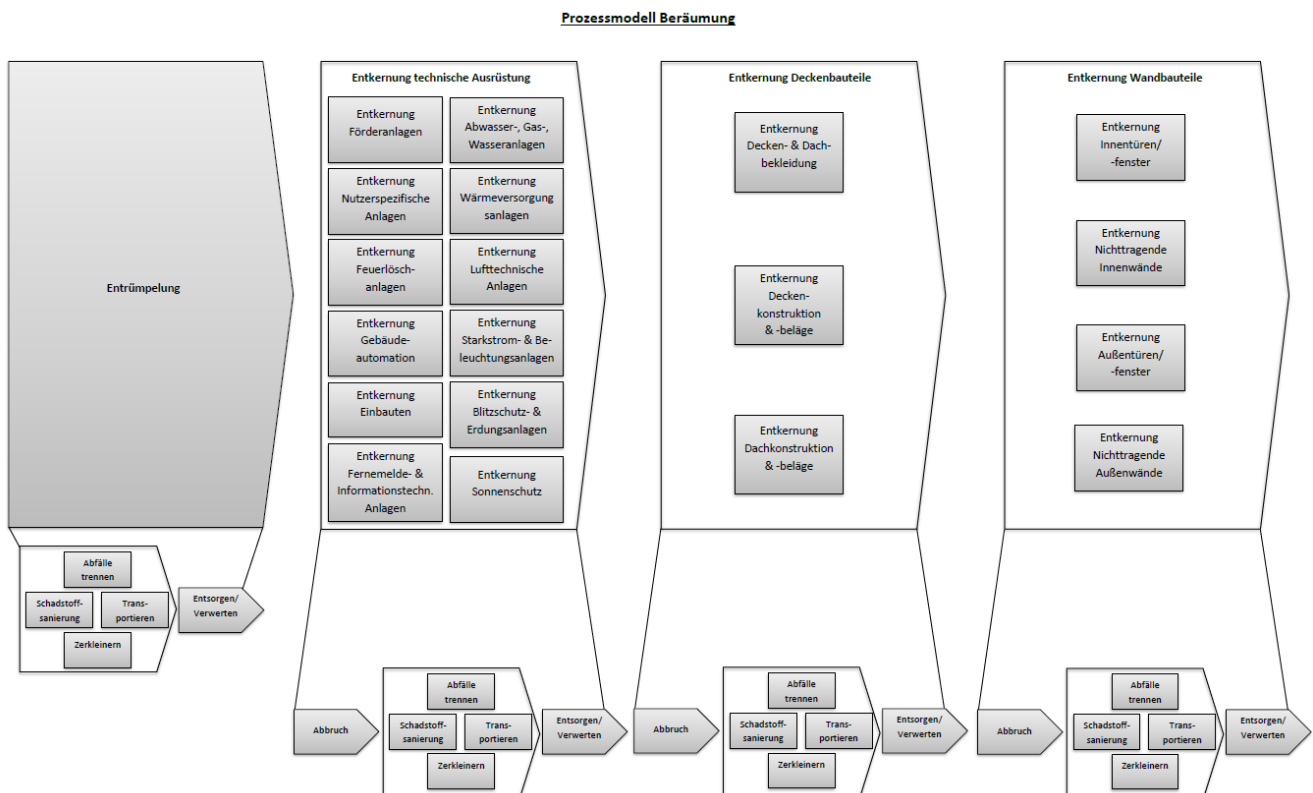


Abbildung 42: Prozessmodell Beräumung⁹¹

⁹⁰ Borrmann et al. (2015), S. 61

⁹¹ Krapp/Blesinger (2020), S. 16

Das „Prozessmodell Beräumung“ bezieht sich auf Geschossbauten und stellt den Planenden und den Ausführenden eine präzise Prozessstruktur zur Verfügung. Es unterstützt die Anwenderinnen und Anwender bei der Ausschreibung sowie bei der Kalkulation und Preisbildung von Beräumungsarbeiten.

Für die Belange der Prozessstrukturbildung wurden die in Tabelle 1 erfassten Prozesse der Ebene 1 in vier Prozessbereiche gruppiert (s. Tabelle 12):

- die Entrümpelung,
- die Entkernung der Wandbauteile,
- die Entkernung der Deckenbauteile,
- die Entkernung der technischen Anlagen.

Dies stellt allerdings keine zwingende Reihenfolge dar. So können beispielsweise die Leitungen und Objekte der technischen Anlagen erst nach den Wand- respektive Deckenbauteilen entkernt werden.

Tabelle 12: Zuordnung der Prozesse zu den Prozessbereichen

BP-Bereich	Prozessbereich	Prozess
0	Gegenstände	Entrümpelung Gegenstände
1	Wandbauteile	Entkernung Nichttragende Außenwände und Wandbekleidungen, außen
2		Entkernung Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen
3		Entkernung Außentüren und -fenster
4		Entkernung Innentüren und -fenster
5	Deckenbauteile	Entkernung Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)
6		Entkernung Deckenkonstruktionen und Deckenbeläge (auf Konstruktion)
7		Entkernung Dachkonstruktionen und Dachbeläge (auf Konstruktion)
8	Technische Anlagen	Entkernung Sonnenschutz
9		Entkernung Einbauten
10		Entkernung Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
11		Entkernung Wärmeversorgungsanlagen
12		Entkernung Lufttechnische Anlagen
13		Entkernung Starkstrom- und Beleuchtungsanlagen
14		Entkernung Blitzschutz- und Erdungsanlagen
15		Entkernung Fernmelde- und informationstechnische Anlagen
16		Entkernung Förderanlagen
17		Entkernung Nutzerspezifische Anlagen
18		Entkernung Feuerlöschanlagen
19		Entkernung Gebäudeautomation

Im Rahmen der Modellierung konnte ermittelt werden, dass den Prozessen eine Basisstruktur zu Grunde liegt, welche eine Prozessstandardisierung ermöglicht.

Der Prozessbereich Entrümpelung beinhaltet einen Teilprozess, welcher aus den Basisvorgängen der Schadstoffsanierung, der Zerkleinerung, des Transports und der Trennung besteht. Da keine allgemein gültige Reihenfolge dieser vier Basisvorgänge festgelegt werden kann, sind diese in einem Schritt zusammengefasst. Die vier Basisvorgänge können je nach Baustellenbedingungen in einer unterschiedlichen Reihenfolge ausgeführt werden. Nicht notwendige Basisvorgänge können entfallen. Danach folgt im weiteren Schritt die Entsorgung oder Verwertung, was vom jeweiligen Objekt abhängig ist (s. Abbildung 43, linke Seite).

Die Entkernung lässt sich analog darstellen, allerdings steht zu Beginn der Basisvorgang des Abbruchs des Entkernungsbauteils und darauffolgend die Basisvorgänge der Schadstoffsanierung, der Zerkleinerung, des Transports und der Trennung sowie nachfolgend der Entsorgung respektive der Verwertung (s. Abbildung 43, rechte Seite).

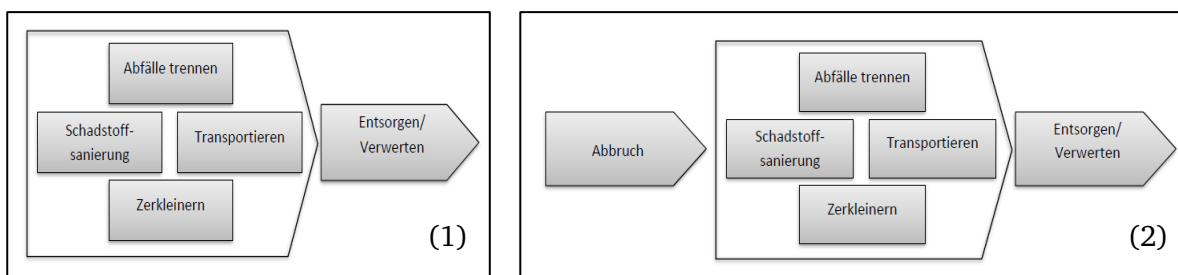


Abbildung 43: Basisvorgänge der Entrümpelung (1) und der Entkernung (2)⁹²

Im Zusammenhang mit dem hier entwickelten Prozessmodell sind besonders die Aspekte des Risikomanagements sowie des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zu nennen. Ihre Berücksichtigung in der Modellanwendung ist erforderlich, da Beräumungsprozesse häufig auf der Basis unvollständiger Bestandsaufnahmen geplant werden, so dass die Einflussgrößen einerseits auf Kosten sowie auf Bauzeit und andererseits auf die notwendigen Gefährdungsanalysen für die Arbeitssysteme intransparent vorliegen.

⁹² Krapp/Blesinger (2020), S. 16

Risikomanagement: Die Beräumungsprozesse sind mit den Überlegungen und mit den Maßnahmen des Risikomanagements zu koppeln. Das Risikomanagement als Prozess kann in sechs Teilprozesse unterteilt werden: die Risikoidentifikation, die Risikobewertung, die Risikoklassifizierung, die Risikobewältigung, die Berechnung der Risikokosten und das Risikocontrolling. Die Risikoidentifikation dient der vollständigen Erfassung möglicher Risiken. Die Bewertung und die Klassifizierung dienen der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadenshöhe des gefährlichen Ereignisses. Auf dieser Grundlage und unter Berücksichtigung der Risikobereitschaft sowie der Risikostrategie des ausführenden Unternehmens respektive des Beräumungsprojekts erfolgt die Festlegung der Maßnahmen zur Risikobewältigung. Die identifizierten Risiken sind einem Risikocontrolling zu unterziehen. Daraus folgt, dass für jedes Beräumungsprojekt ein Chancen-Risikoprofil zu erstellen und aktiv zu betreiben ist. Werden Risiken nicht berücksichtigt, kann dieses unter anderem zu Defiziten in Qualität, Projektökonomie und Termintreue führen.

Arbeitssicherheit: Der Arbeitsschutz gehört zum Kernbestandteil der Arbeits- und Sozialpolitik.⁹³ Ziel des Arbeitsschutzes ist es, durch technische, organisatorische und personelle Regelungen sowie mithilfe von Instrumenten und Institutionen die Arbeitsbedingungen menschengerecht zu gestalten. Für Bauherren und Bauunternehmen besteht in den Maßnahmen für Arbeitssicherheit eine besondere Pflicht und Verantwortung gegenüber den Projektbeteiligten und den auf Baustellen beschäftigten Personen, da dort die Unfallraten sehr hoch sind. Einen besonders unfallträchtigen Bereich bildet der Gefahrenbereich „Absturz“, dem besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist, wobei über die Unfallraten bei Beräumungsarbeiten keine spezifischen Daten vorliegen. Zu beachten ist:

- Der Bauherr muss die Grundsätze des geltenden Arbeitsschutzgesetzes sowie die in weiteren Gesetzen und Richtlinien präzisierten Pflichten befolgen. Dazu gehören in der Regel die Bestellung des Koordinators (SiGeKo), die Aufstellung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplans (SiGePlan), die Anfertigung der Unterlage und die Vornahme der Vorankündigung über die Durchführung der Bauarbeiten. Die Umsetzung kann an geeignete Experten delegiert werden.
- Der Unternehmer muss die nationalen Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes, des Arbeitssicherheitsgesetzes und die Präzisierung durch die Betriebssicherheitsverordnung befolgen. Er ist verantwortlich für das Aufstellen, die Dokumentation, die Umsetzung und die Revision einer Gefährdungsbeurteilung für jede Baustelle. Gegebenenfalls sind weitere Dokumente mit Bezug zur Arbeitssicherheit aufzustellen. Seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind verpflichtet zur gesetzeskonformen Umsetzung der daraus resultierenden Maßnahmen.

⁹³ Pieper 2009

Bei Beräumungsarbeiten zählen zu den Gefährdungen: mechanische Schwingungen (zum Beispiel das Arbeiten mit dem Presslufthammer), Gefahrenstoffe (beispielsweise Asbest und Mineralwolle) und physische Faktoren (Heben und Tragen von schweren Gegenständen). Deshalb fordern Bauarbeiten von allen Beteiligten ein konstruktives und koordiniertes Zusammenwirken, geprägt von Fachkenntnis, Sachverstand und Verantwortungsbewusstsein.⁹⁴ All diese Gefährdungen müssen identifiziert und der Umgang mit ihnen geplant werden. Da die Arbeitssicherheit auf jeder Baustelle zu berücksichtigen ist, wird sie als Grundvoraussetzung für jedes Projekt gesehen und nicht explizit im Modell dargestellt.

4.2 Integration der Teilarbeitssysteme der Beräumungsprozesse in das Arbeitssystem „Abbruch“

Löhr hat für den Abbruch ein idealisiertes Arbeitssystem aufgestellt. Dieses Arbeitssystem ist in folgende Teilarbeitssysteme gegliedert (Löhr nennt diese Untersysteme):⁹⁵

- Untersystem Planung,
- Untersystem Abbruch,
 - Teiluntersystem Entkernung,
 - Teiluntersystem Entrümpelung,
 - Teiluntersystem Sanierung,
 - Teiluntersystem reiner Abbruch,
- Untersystem Entsorgung,
 - Teiluntersystem Deponie,
 - Teiluntersystem Weiterverwendung,
 - Teiluntersystem Wiederverwendung.

Die Beräumungsprozesse wurden hierbei nicht weiter präzisiert. Diese Präzisierung wurde im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes realisiert. In der Abbildung 44 ist das idealisierte Arbeitssystem „Abbruch“ nach Löhr dargestellt, welches um die neu definierten Teilarbeitssysteme für die Beräumungsprozesse ergänzt wurde.

⁹⁴ Deutscher Abbruchverband (2015), S. 63 f.

⁹⁵ Löhr (2013), S. 33

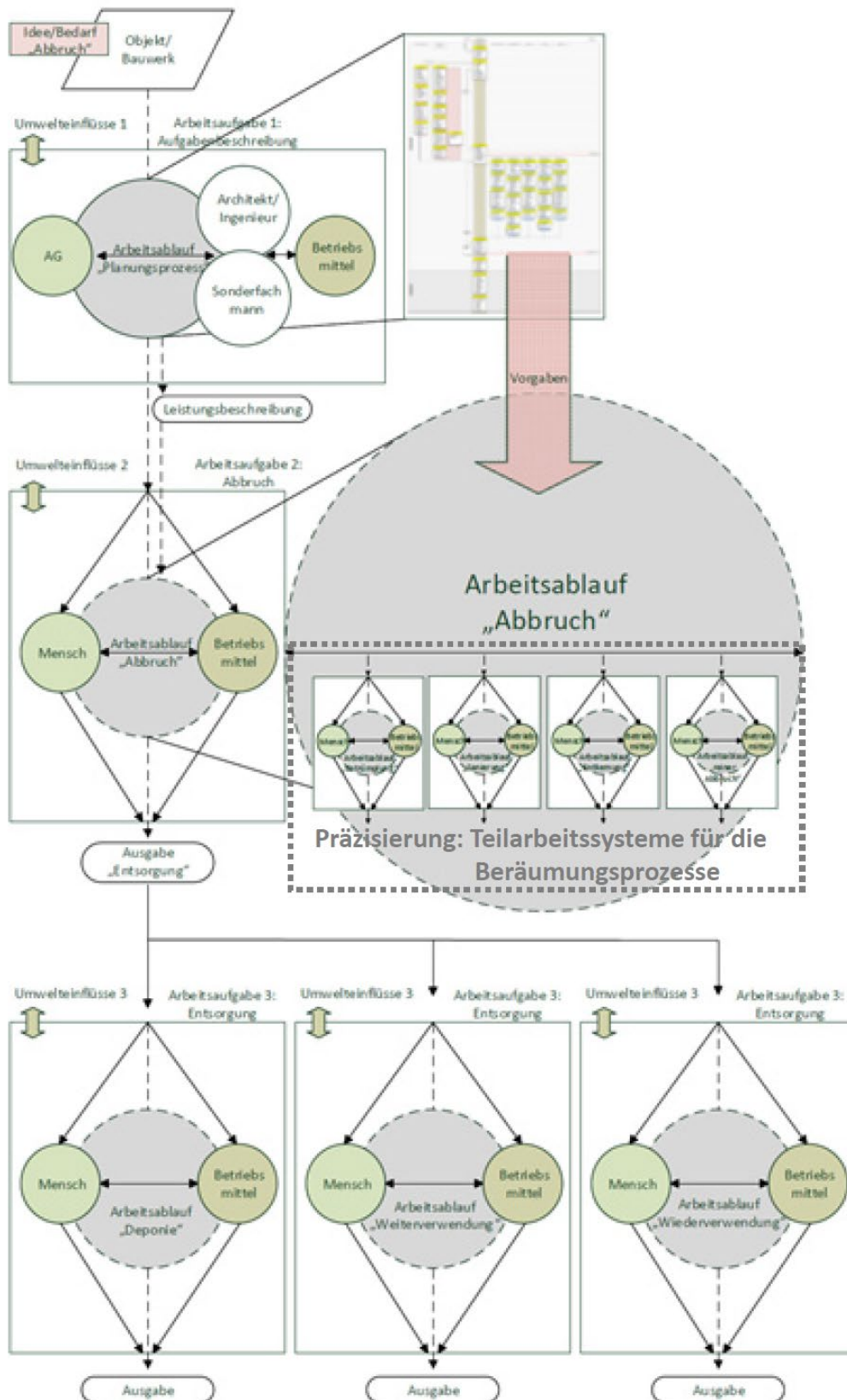


Abbildung 44: Idealisiertes Arbeitssystem „Abbruch“ mit Ergänzung um die Beräumungsprozesse

Nachfolgend werden die Teilarbeitssysteme für die Beräumungsprozesse dokumentiert.

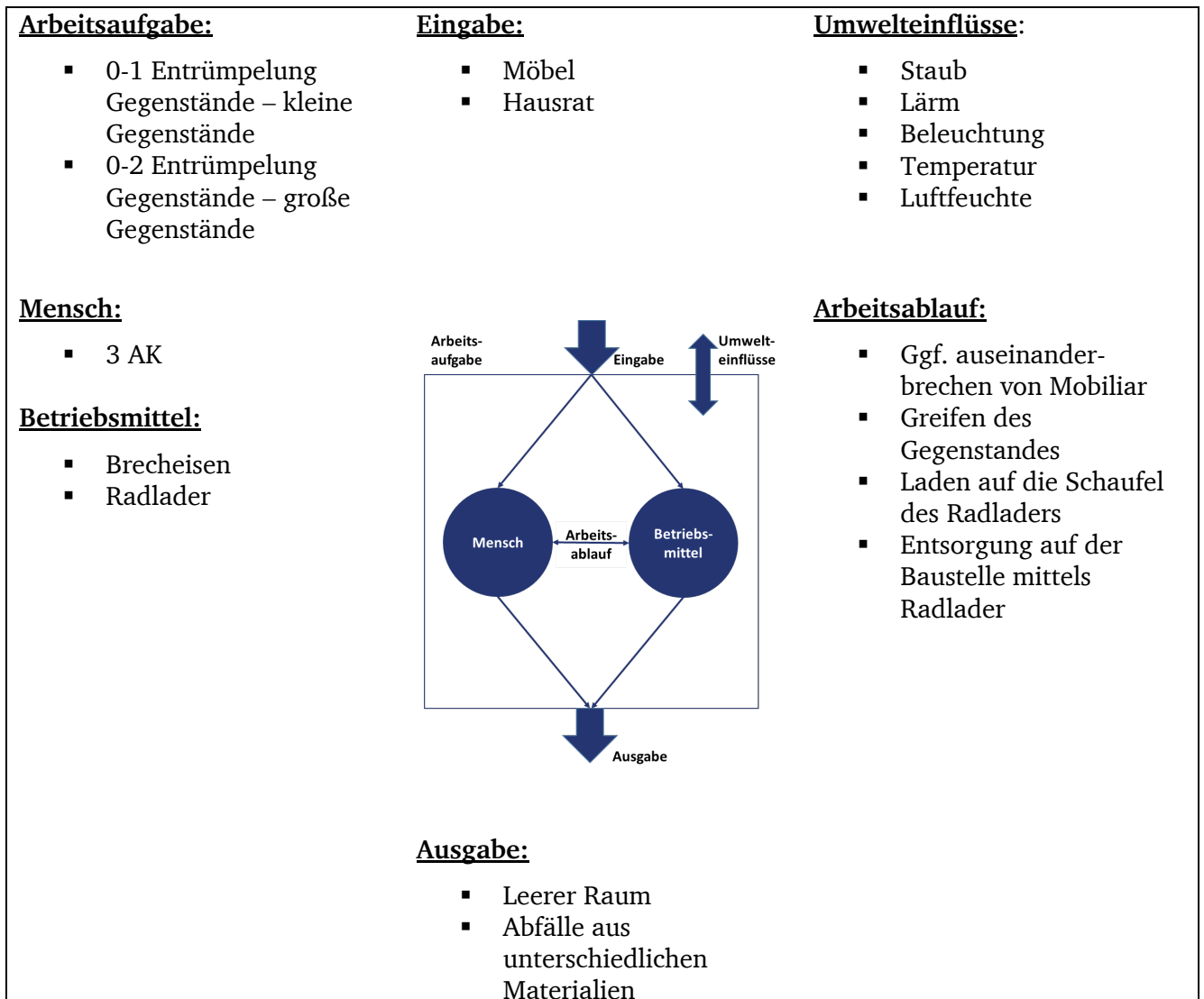


Abbildung 45: Teilarbeitssysteme 0-1 und 0-2 Entrümpelung Gegenstände

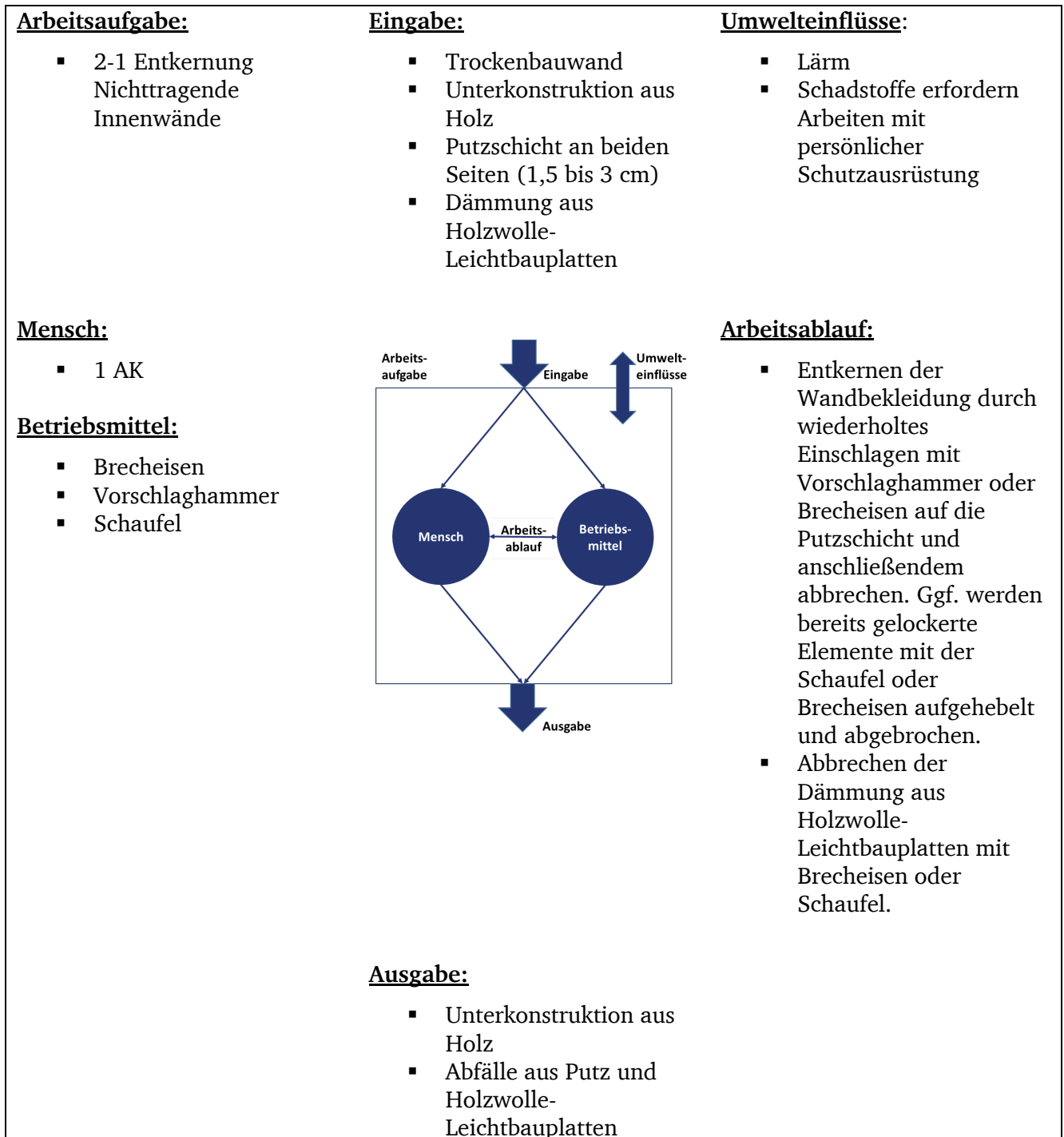


Abbildung 46: Teilarbeitssystem 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände

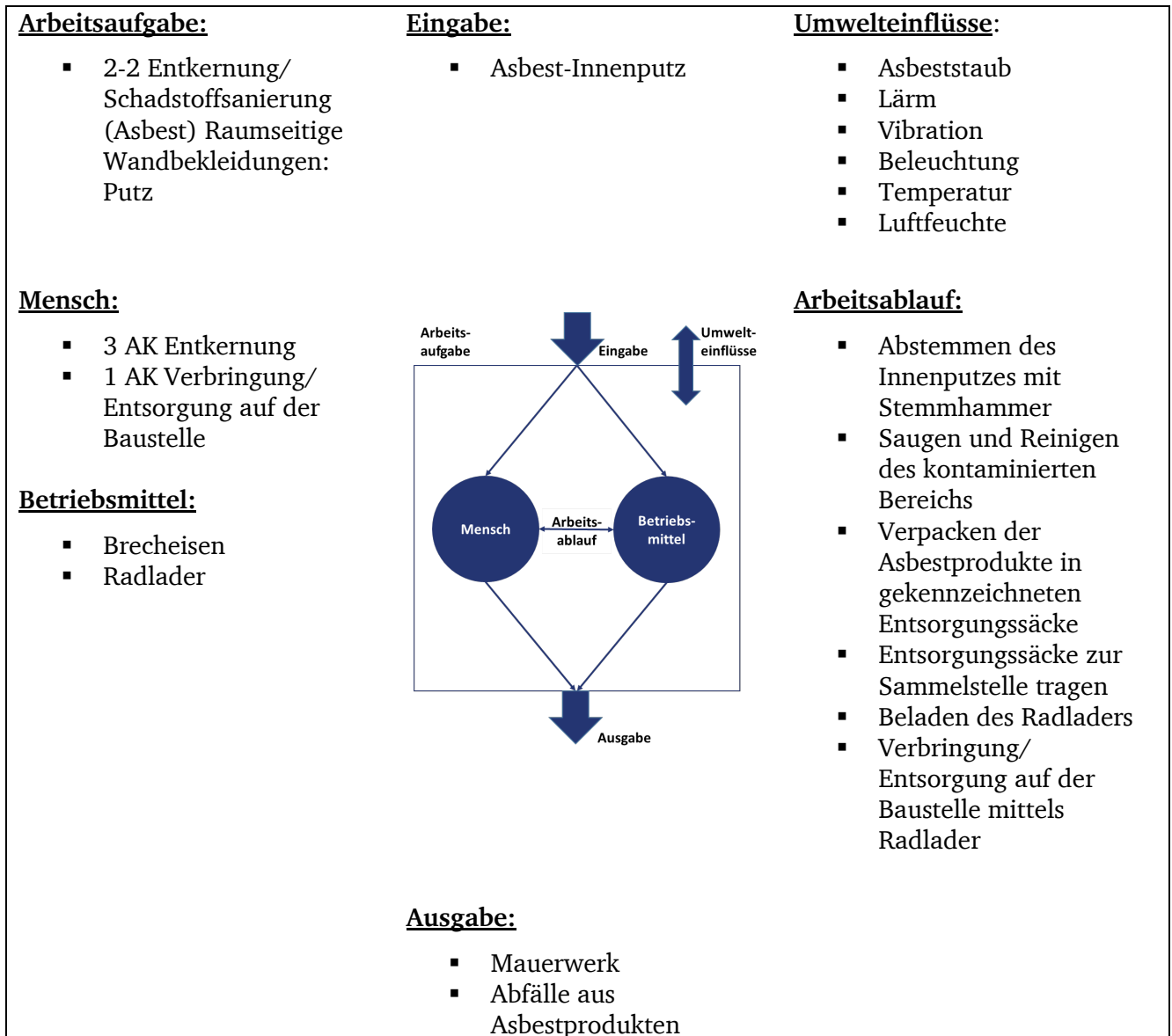


Abbildung 47: Teilarbeitssystem 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz

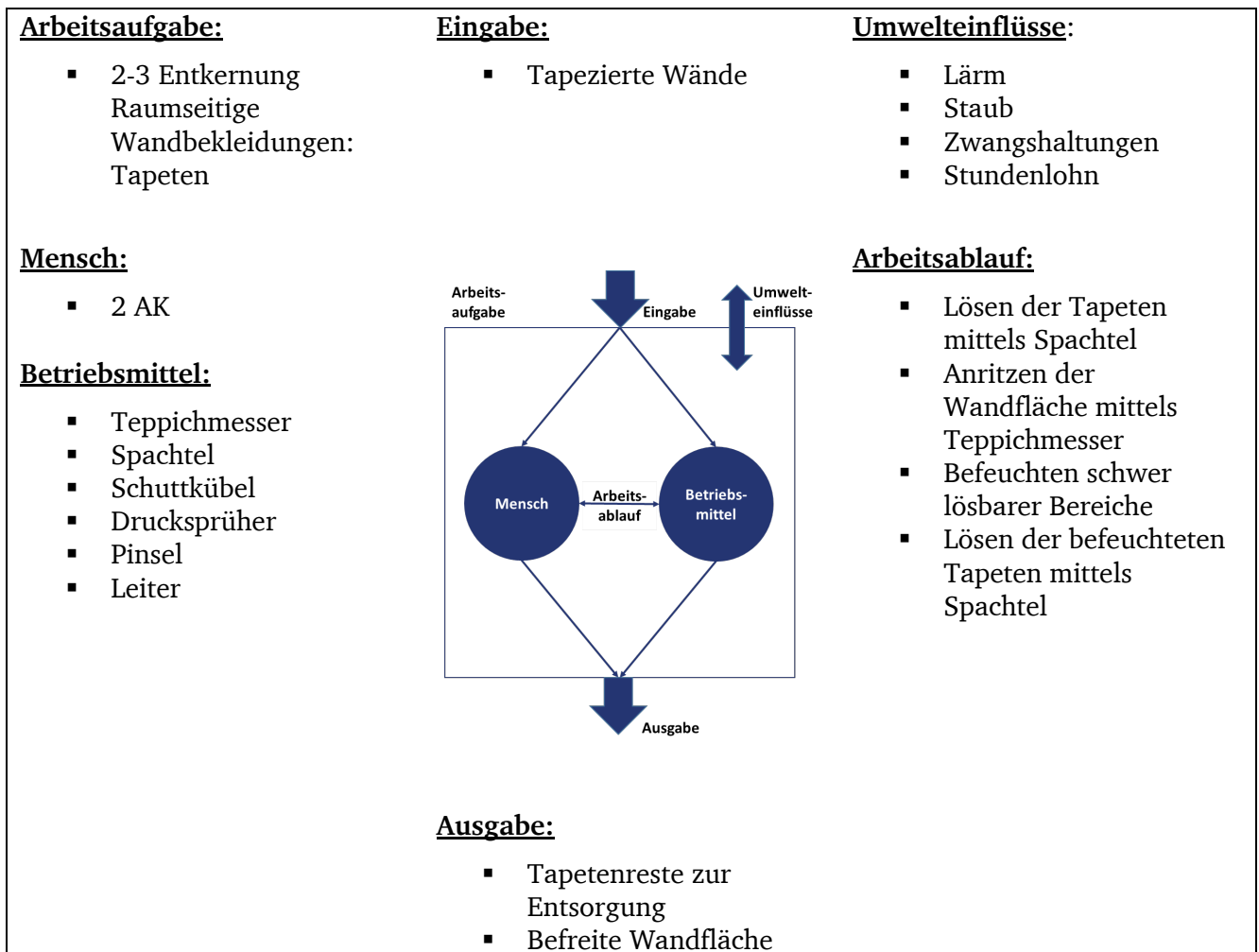


Abbildung 48: Teilarbeitssystem 2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten

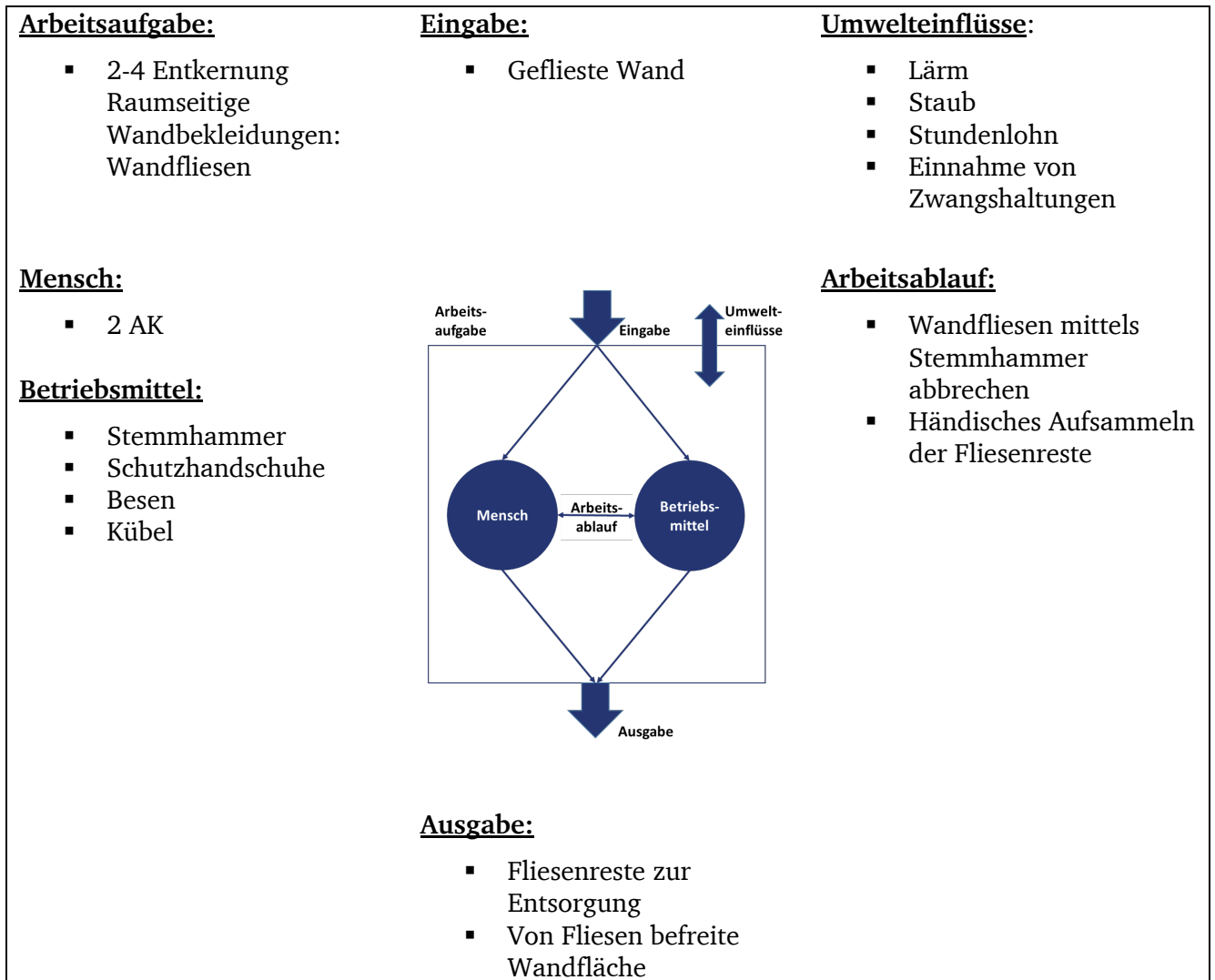


Abbildung 49: Teilarbeitssystem 2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen

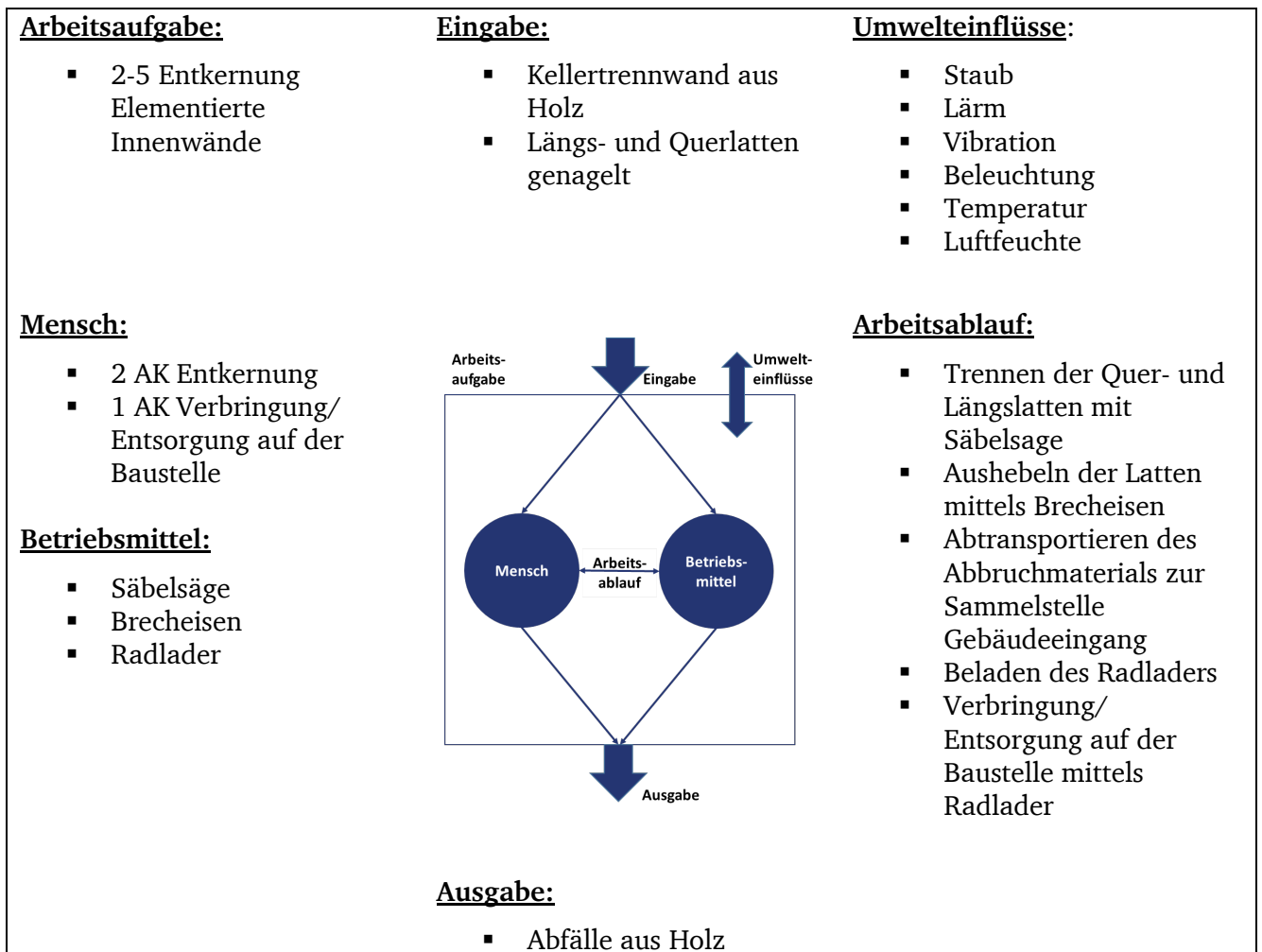


Abbildung 50: Teilarbeitssystem 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände

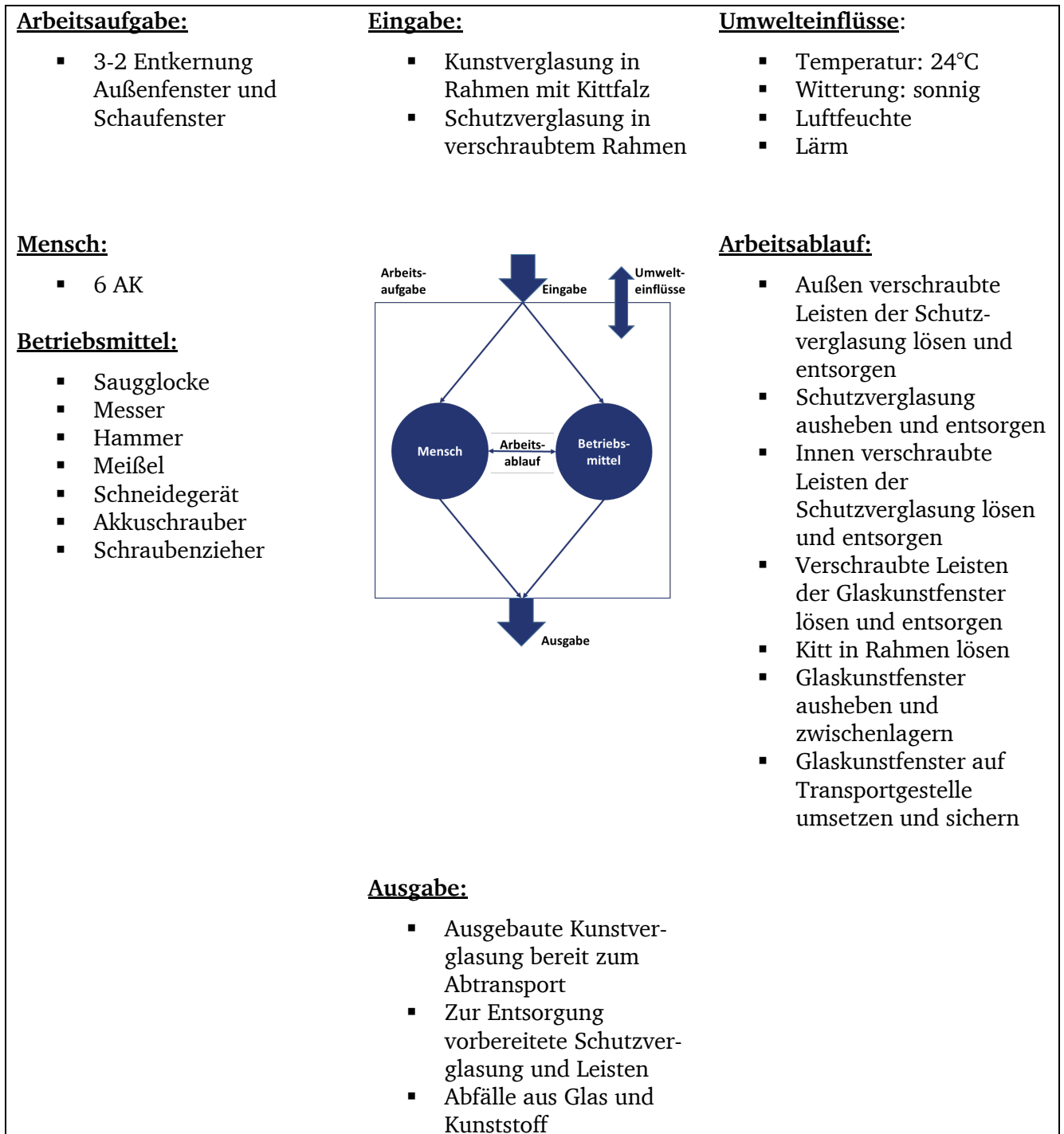


Abbildung 51: Teilarbeitssystem 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster

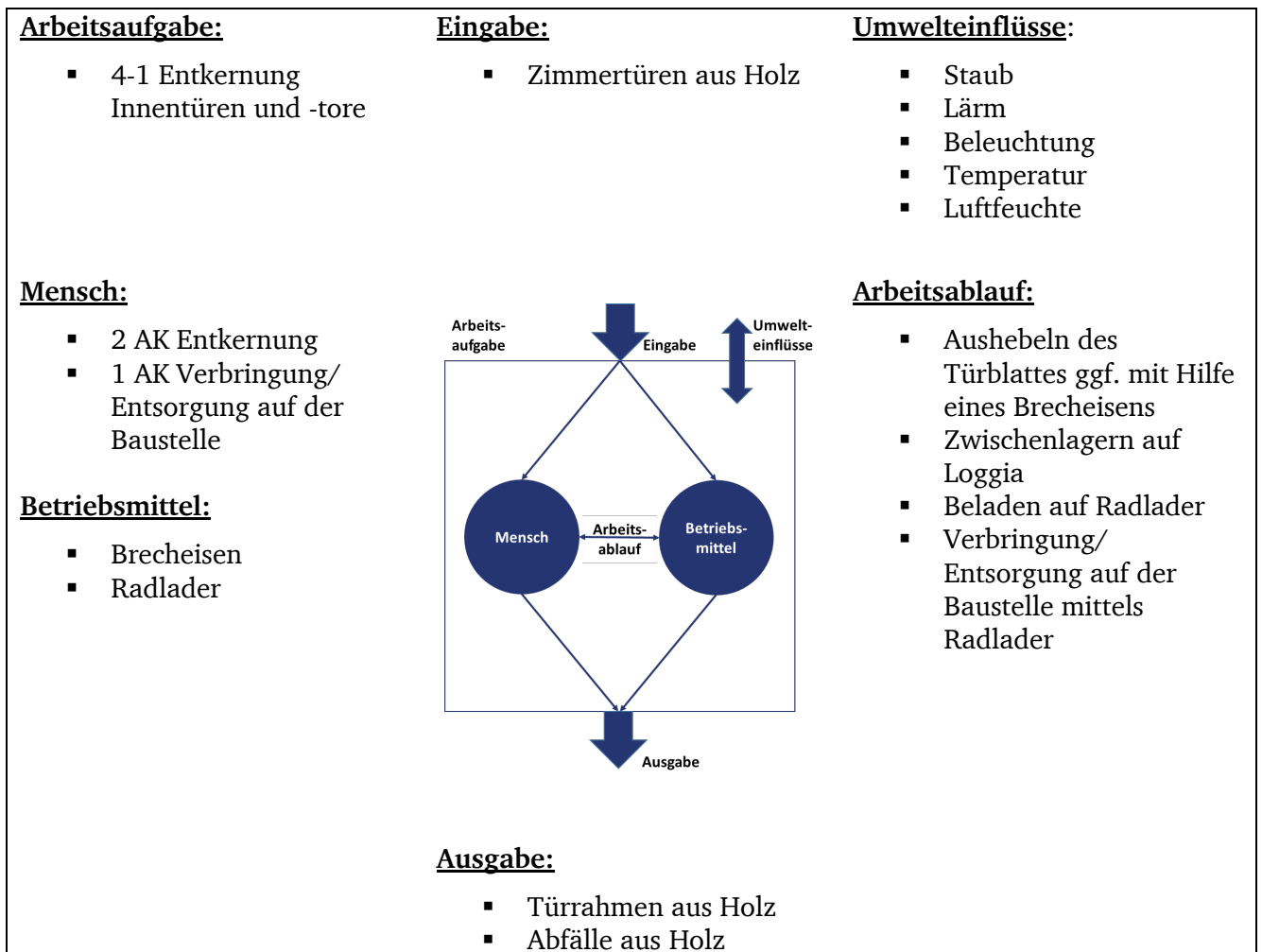


Abbildung 52: Teilarbeitssystem 4-1 Entkernung Innentüren und -tore

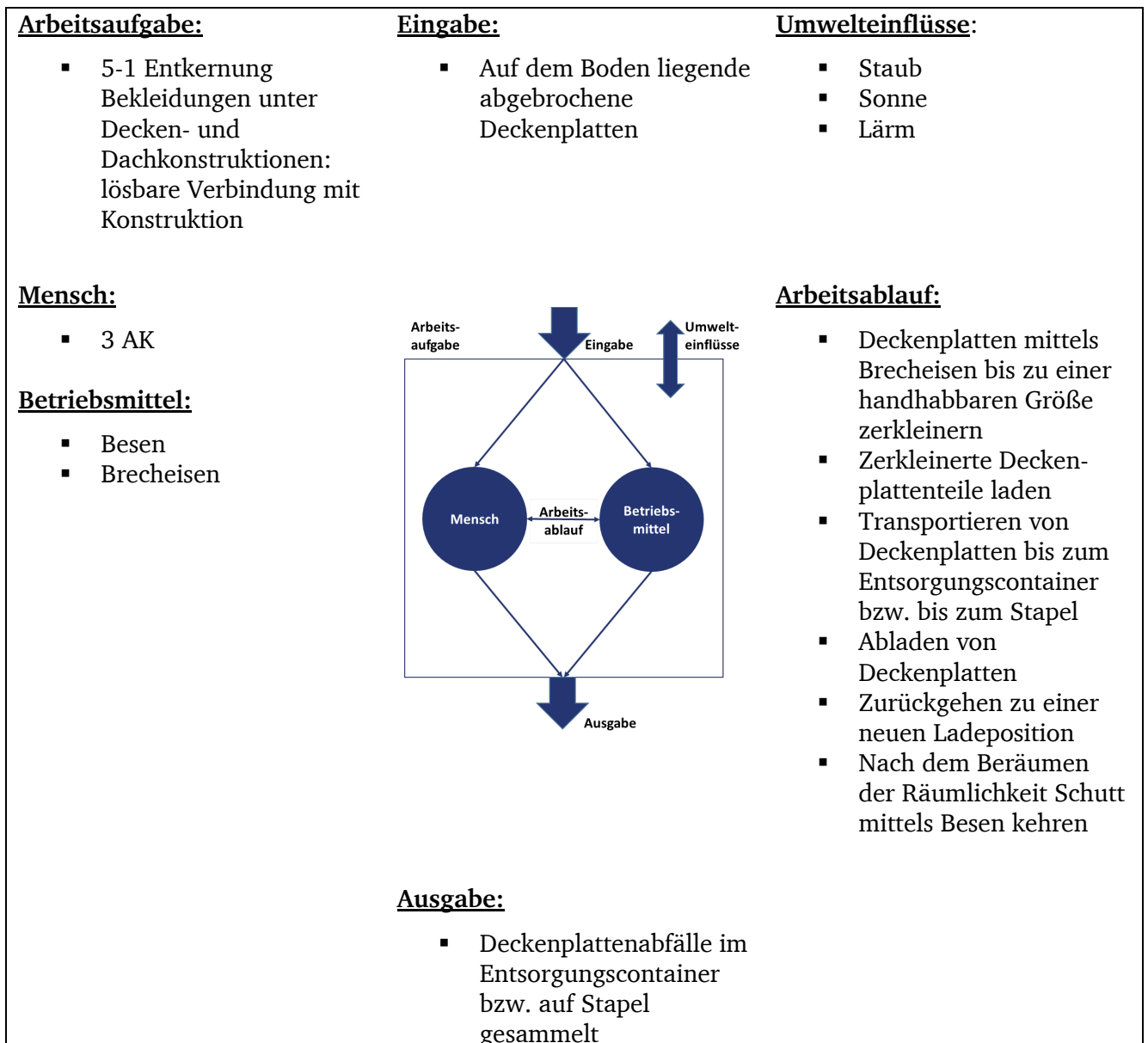


Abbildung 53: Teilarbeitssystem 5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion

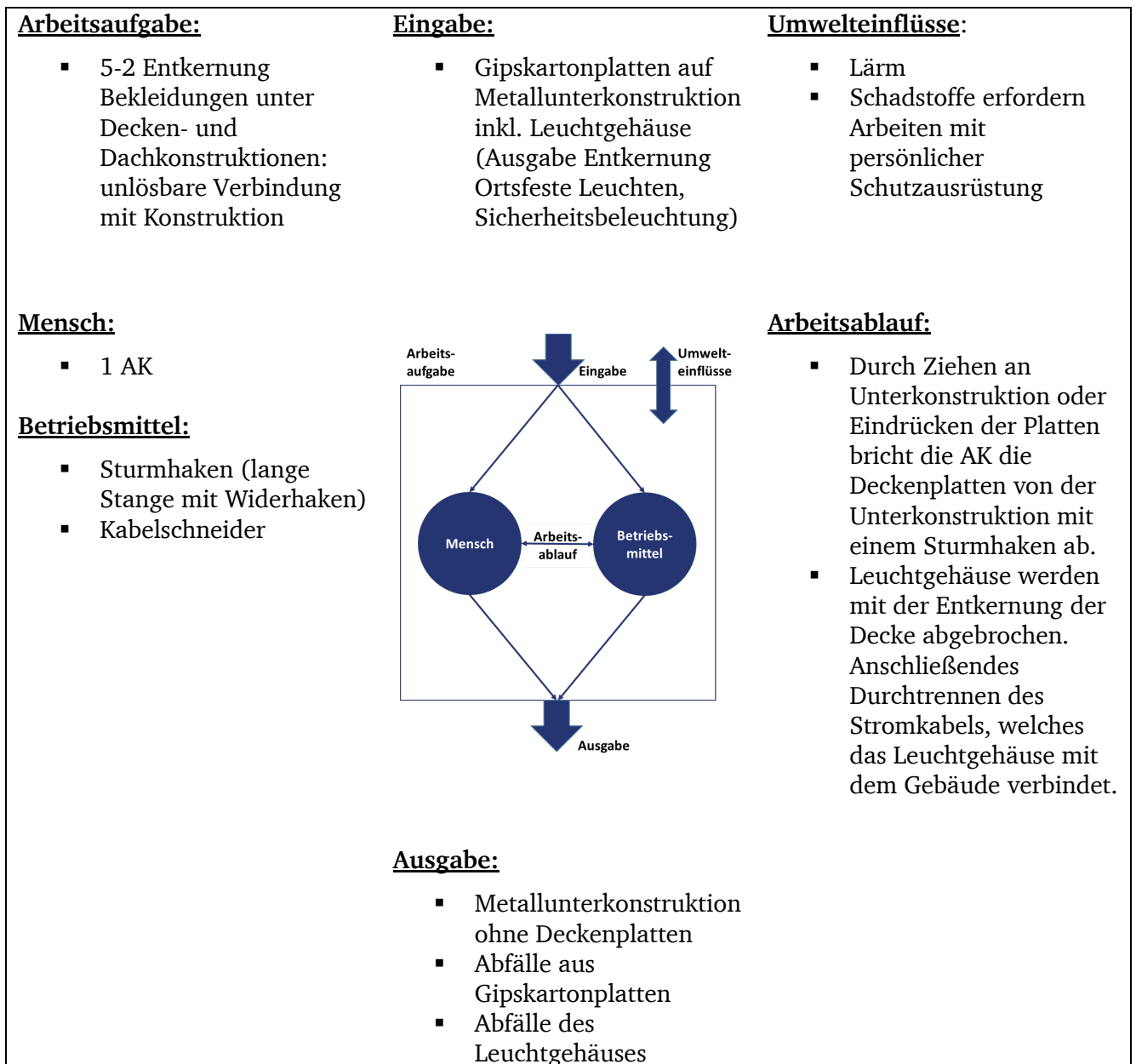


Abbildung 54: Teilarbeitssystem 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion

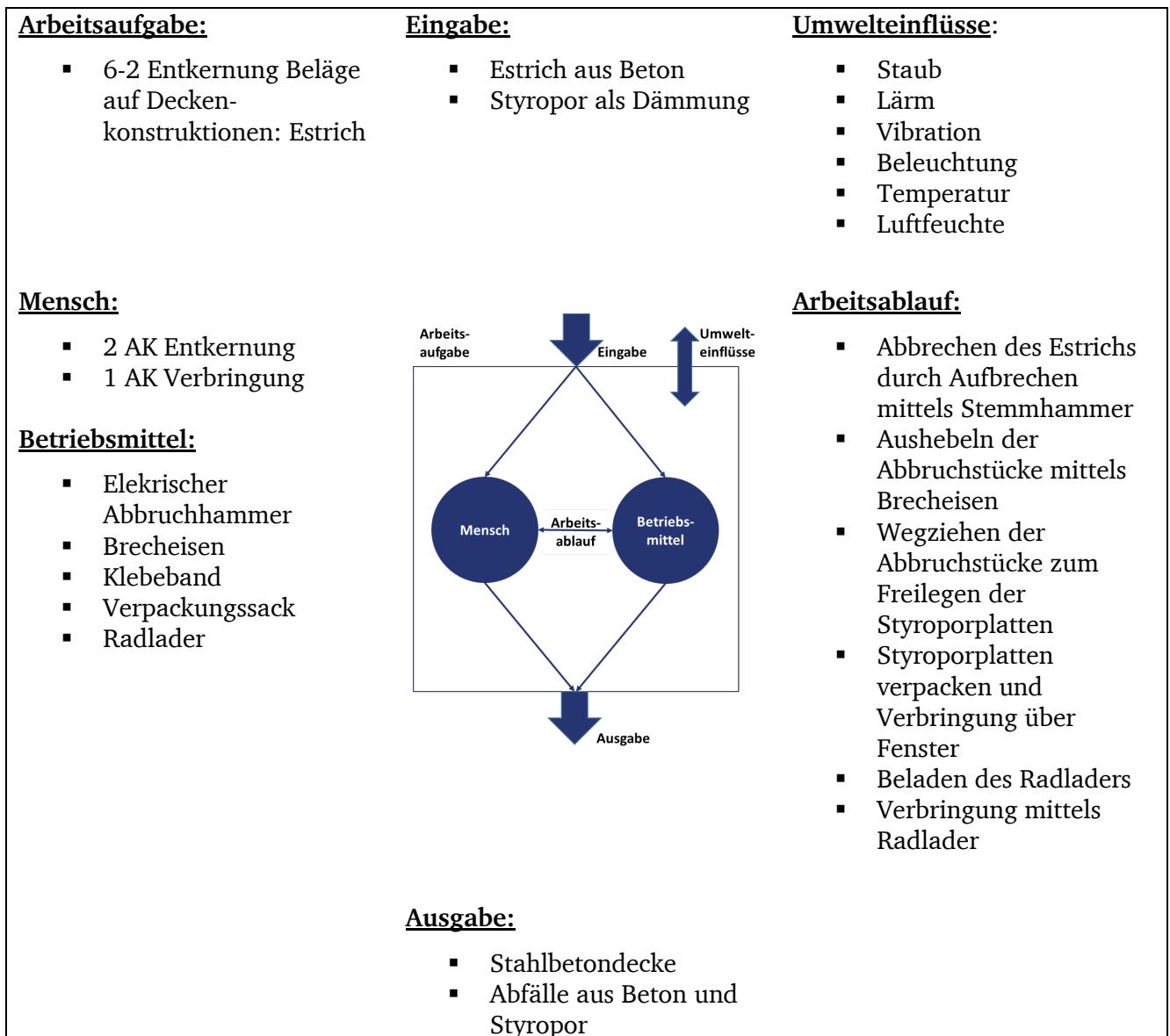


Abbildung 55: Teilarbeitssystem 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich

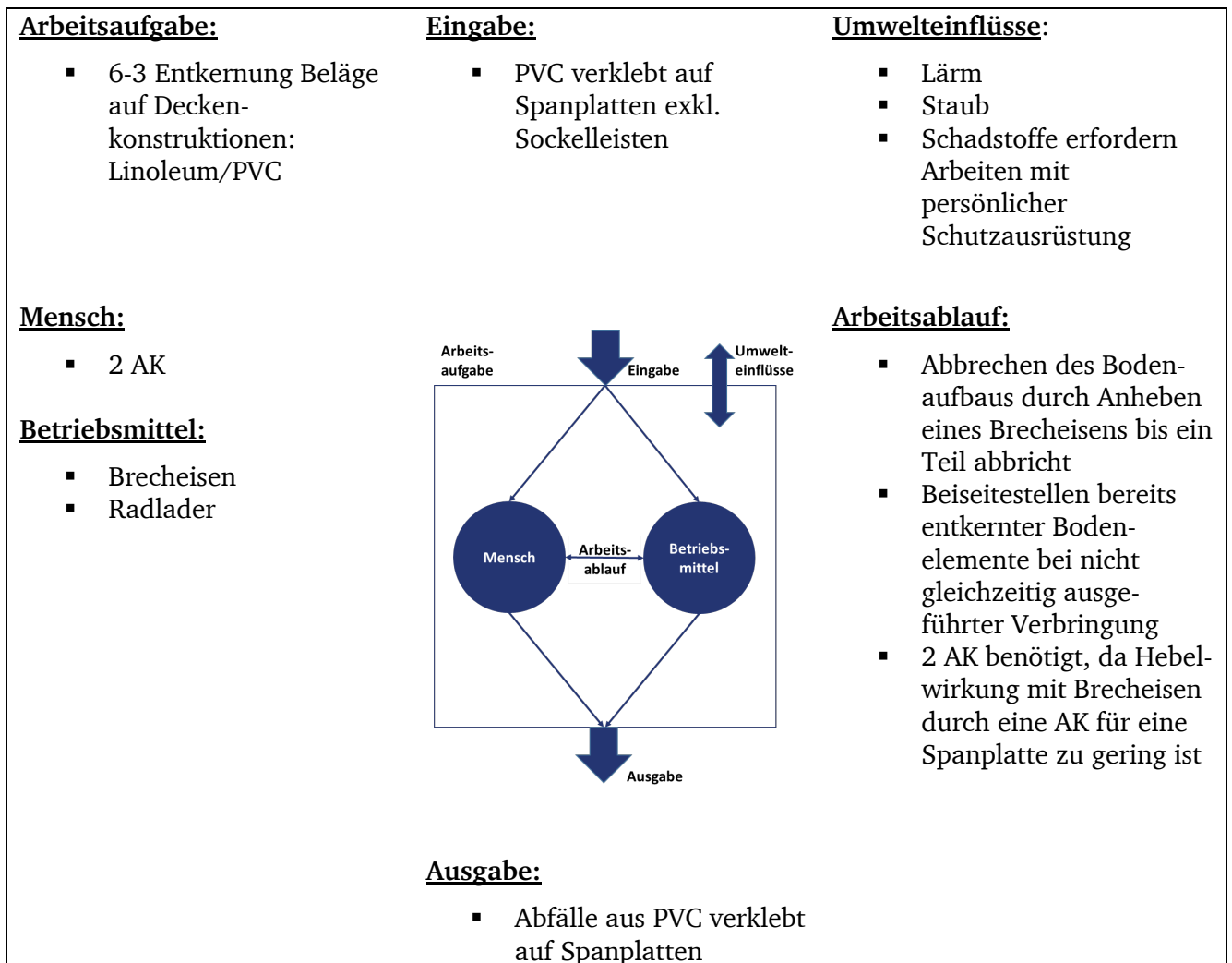


Abbildung 56: Teilarbeitssystem 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC

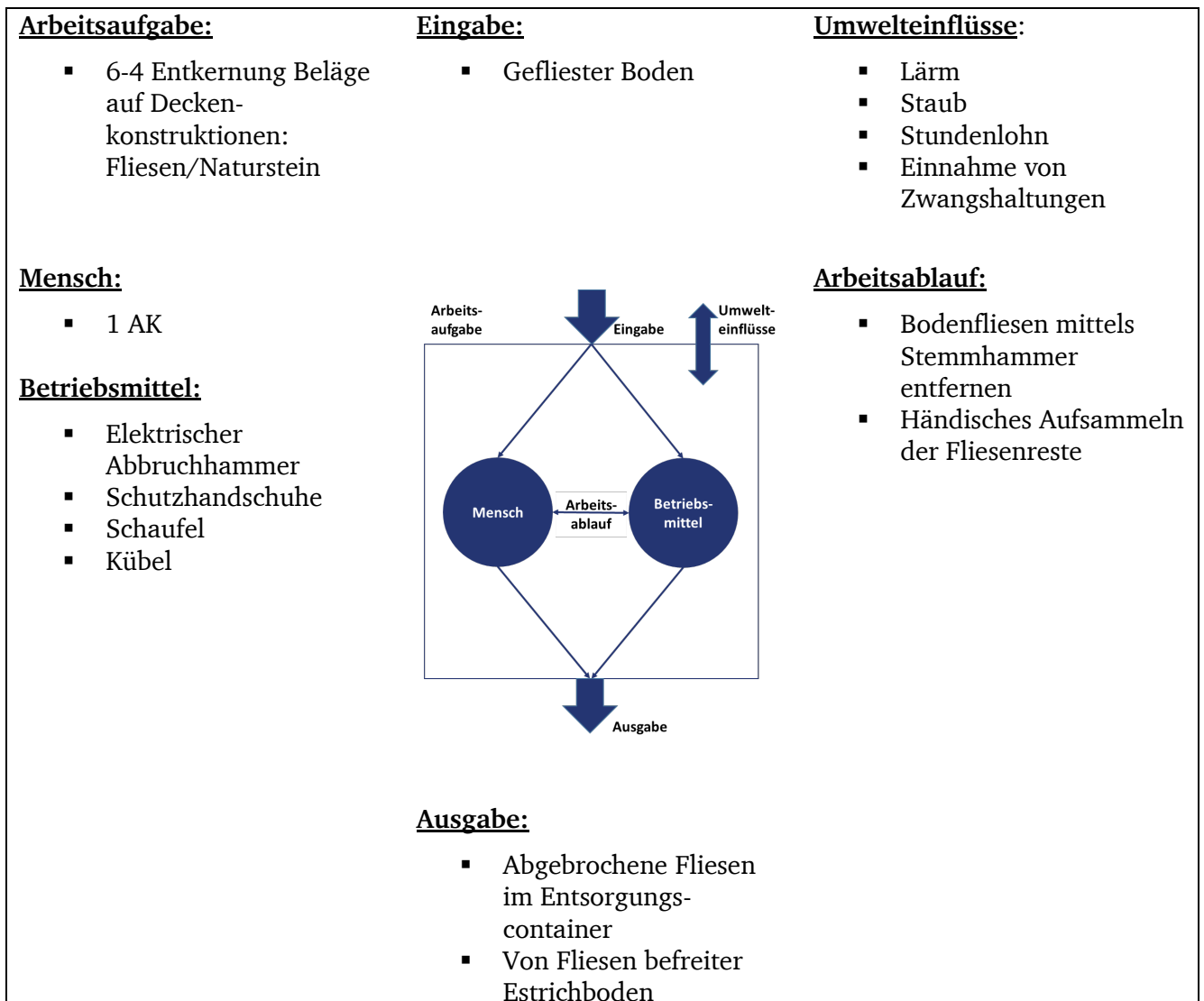


Abbildung 57: Teilarbeitssystem 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein

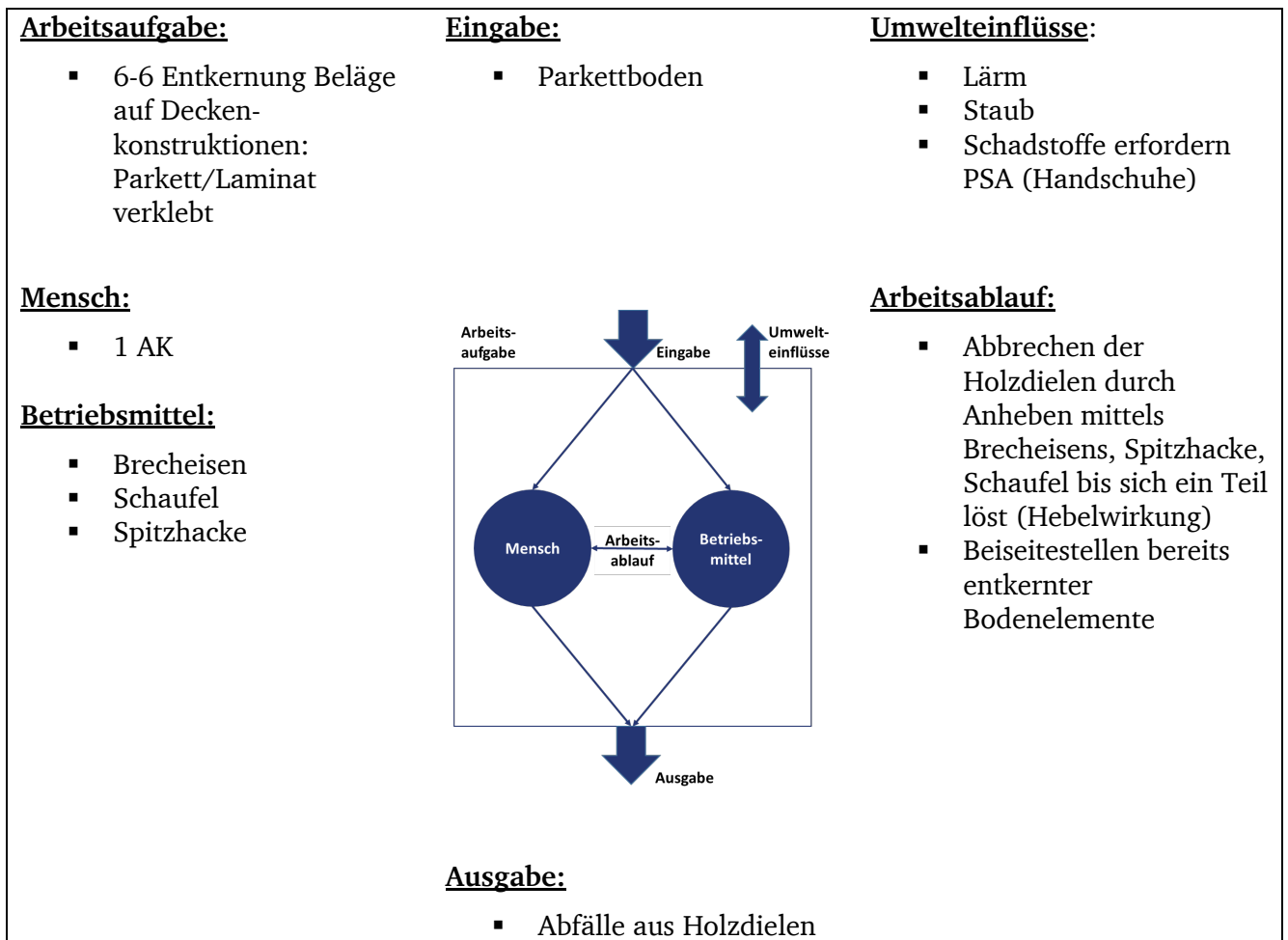


Abbildung 58: Teilarbeitssystem 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt

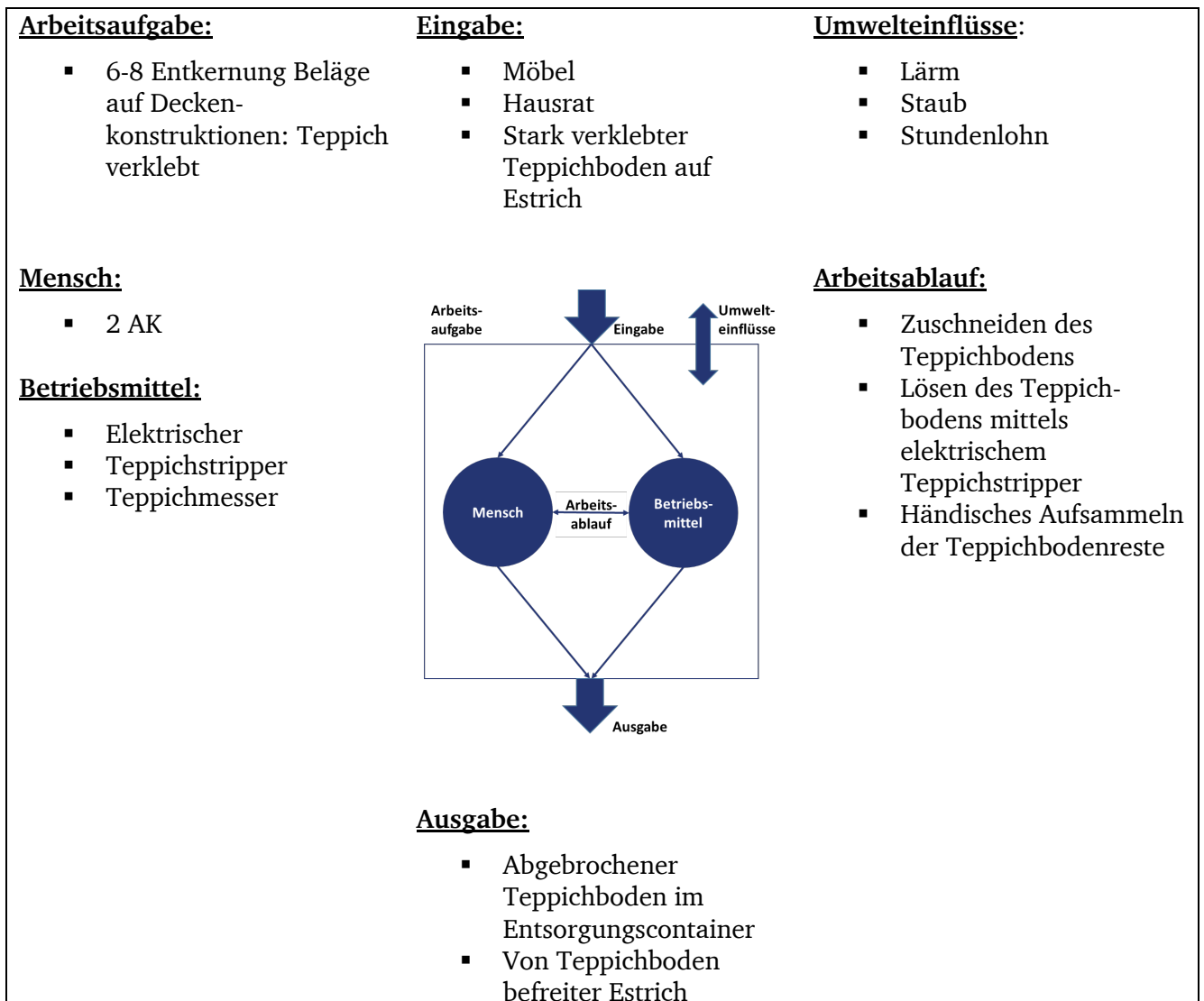


Abbildung 59: Teilarbeitssystem 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt

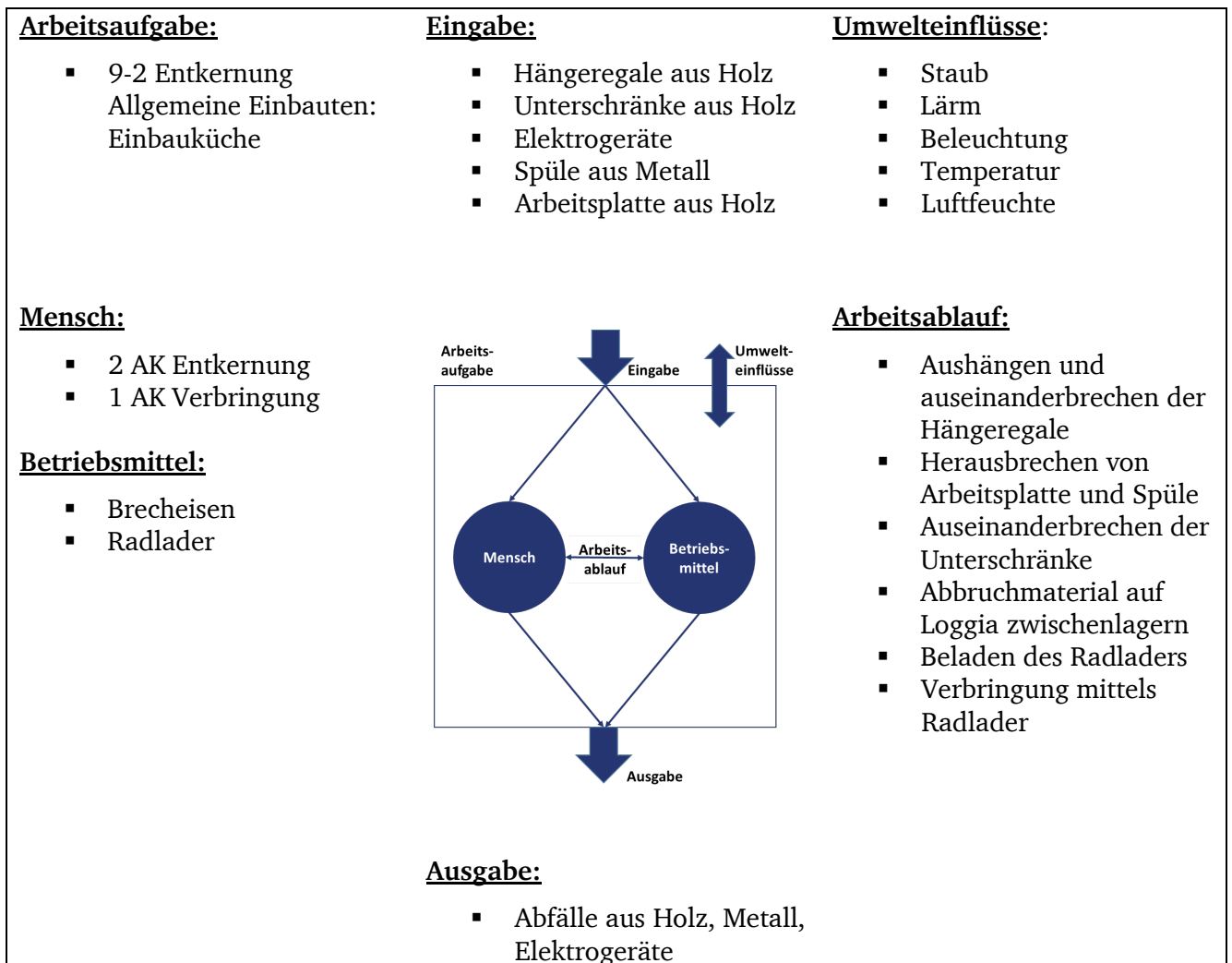


Abbildung 60: Teilarbeitssystem 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche

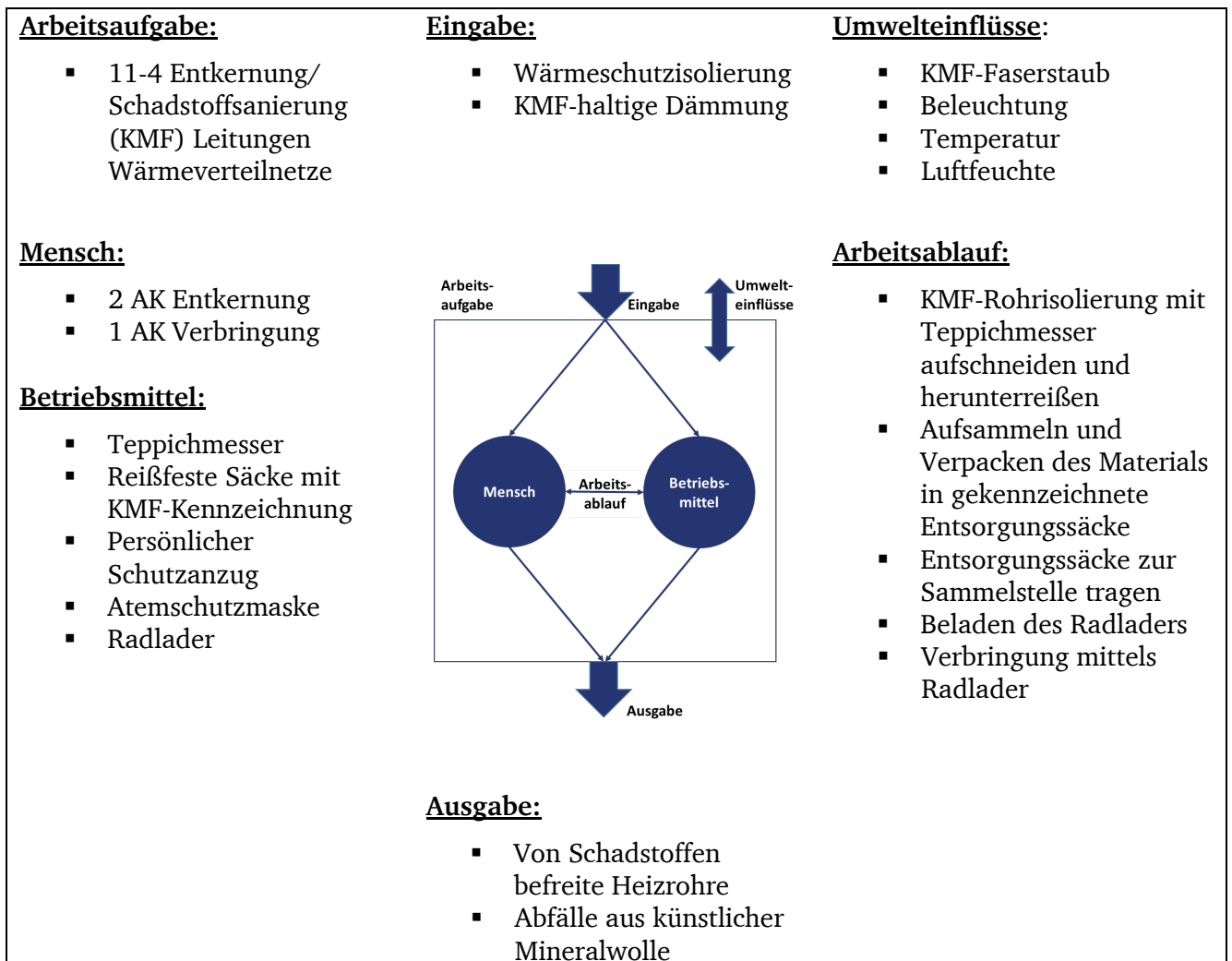


Abbildung 61: Teilarbeitssystem 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze

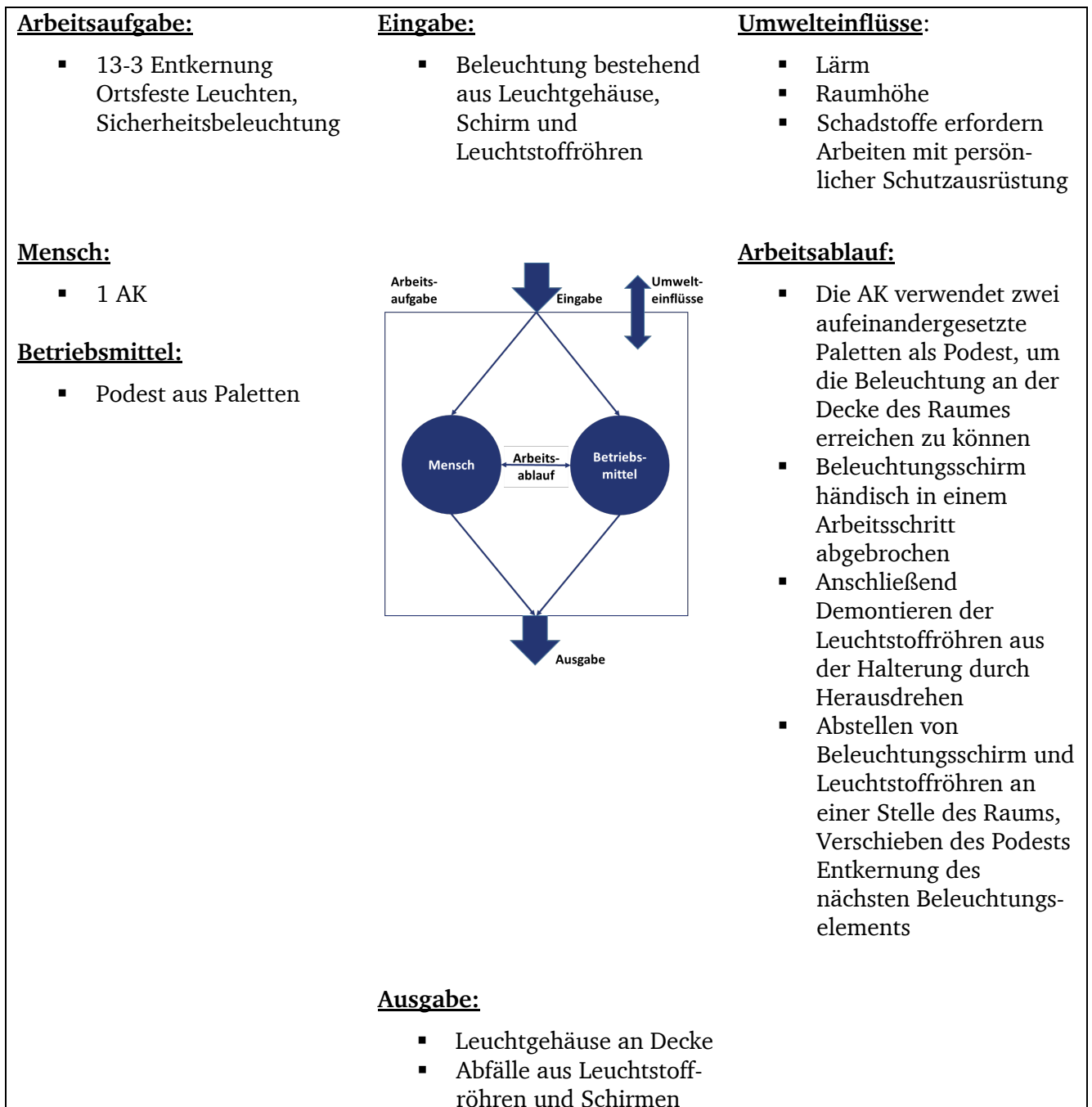


Abbildung 62: Teilarbeitssystem 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung

Es wird nochmals darauf verwiesen, dass, wie in Abbildung 19 bereits dokumentiert, die Beräumungsprozesse in der Regel vor dem Abbruch der Tragkonstruktion durchgeführt werden.

5 AP 4: Entwicklung der Bewertungsmatrix

5.1 Entstehung und Status quo der Bewertungsmatrix Abbruch

Im Rahmen der Dissertation von Toppel⁹⁶ entstand die ursprüngliche Version der Bewertungsmatrix (im Folgenden Stufe I genannt), welche in der darauffolgenden Zeit durch weitere Dissertationen am Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt weiterentwickelt wurde.

Mithilfe der Bewertungsmatrix Stufe I konnten verschiedene Abbruchverfahren unter technischen und ökonomischen Gesichtspunkten gegenübergestellt und objektiv verglichen werden. Hierzu wurden mittels einer Nutzwertanalyse ein technischer Verfahrensvergleich durchgeführt sowie die Kosten und Ausführungsdauern durch Multiplikation der Kubatur des abzubrechenden Gebäudes mit Aufwands- und Kostenkennzahlen bestimmt. Die Ergebnisse wurden zur einfachen Anwendung in eine Excel-Datei überführt, so dass nach Eingabe von Gebäudedaten und Randbedingungen eine automatische Berechnung mittels Kennzahlen erfolgte.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Erstellung einer Bewertungsmatrix zur Auswahl geeigneter Abbruchverfahren und Ermittlung der Abbruchkosten der baulichen Anlagen in Kernkraftwerken“ entwickelte Löhr⁹⁷ mit den Stufen II und III die Bewertungsmatrix weiter, so dass bisher nicht erfasste Abbruchverfahren implementiert und die Zeit- und Kostenkennzahlen nach den spezifischen Bauteilparametern Bauteildicke und -höhe untergliedert wurden. Auf Basis von Experteninterviews wurden in Stufe III Kosten- und Zeitkennzahlen auf Prozessebene ergänzt. Ebenfalls konnten Einflussfaktoren mit direkter Auswirkung auf die Kosten und Ausführungsdauern anhand von Zuschlagssätzen berücksichtigt werden.

Da die Bewertungsmatrix von Toppel und Löhr auf den Abbruch von Industriebauten abzielt und vorwiegend ökonomische Aspekte wie die technische Anwendbarkeit bestimmter Abbruchverfahren, deren Kosten und Dauern berücksichtigt, entwickelte Wöltjen⁹⁸ die Bewertungsmatrix in Stufe IV weiter, um ökologische Aspekte zur Bestimmung von Umweltauswirkungen der einzelnen Abbruchverfahren quantifizieren zu können. Zur ökologischen Bewertung von Abbruchverfahren wurde die Ökobilanz mit dem Treibhauspotential (GWP 100) als maßgebende Wirkungskategorie identifiziert und die

⁹⁶ Toppel (2003): Technische und ökonomische Bewertungen verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau

⁹⁷ Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten

⁹⁸ Wöltjen (2016): Ein Beitrag zur ökologischen Bewertung von Abbruchverfahren im Hochbau; Motzko et al. (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand: Datenbanksystem zur Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Technologien und Dauern

Bewertungsmatrix um ein ökologisches Bewertungsmodul ergänzt. Zusammengefasst ist der Programmablauf der bestehenden Bewertungsmatrix Stufe IV in Abbildung 63 dargestellt.

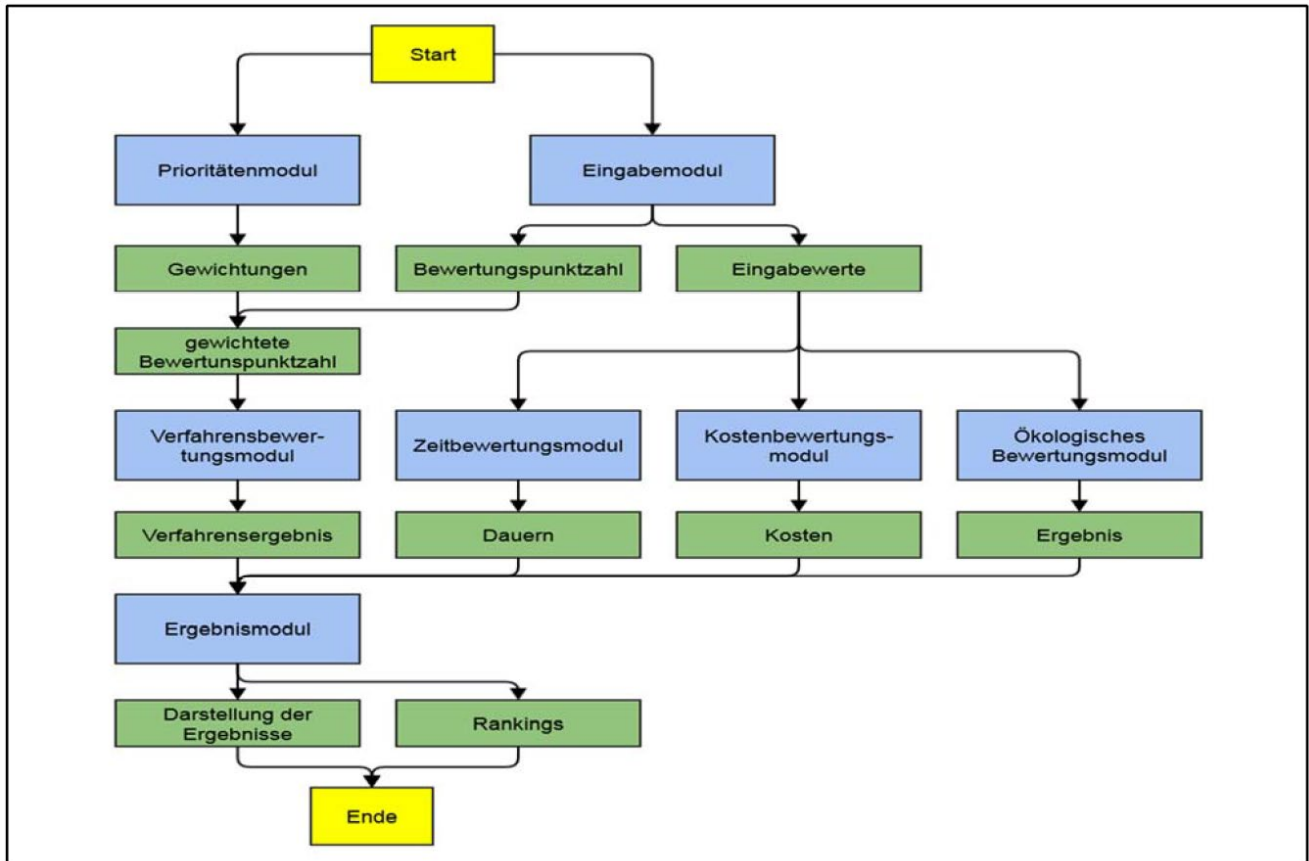


Abbildung 63: Programmablaufplan der Bewertungsmatrix

Die dem Abbruch vorgelagerten Prozesse der Beräumung sind in der Bewertungsmatrix Stufe IV auf folgende Art enthalten. Im Eingabemodul ist unter dem Kriterium „Ausbaumaterialien (nichttragende Bauteile)“ das „Gesamtvolumen der festen Masse des Ausbaus“ einzugeben. In dem dargestellten Beispiel der Abbildung 64 werden somit 1.000 m³ f. M. (Kubikmeter feste Masse) als Volumen der abzubrechenden respektive zu entkernenden Bauteile eingetragen. Zusätzlich sind die prozentualen Anteile an „mineralischen und metallischen Bauteilen“ sowie „Gips-, Glas- und Holzbauteile“ und „sonstiger Bauteile“ anzugeben. In diesem Beispiel werden die Anteile im Bereich von 5 bis 28 % gewählt.

Bereits an dieser Stelle wird ersichtlich, dass sowohl die Schätzung der festen Masse, als auch die Angabe der prozentualen Verteilung der Bauteile respektive Baustoffe eine große Unsicherheit in die weitere Bearbeitung bringen. Diesem Umstand ist nur mit einer umfangreichen Bestandsaufnahme einschließlich einer Bestimmung der Mengen der Gebäudebestandteile entgegenzuwirken, was mit großem Aufwand

verbunden ist. Die Anwendbarkeit der Bewertungsmatrix Stufe IV für Beräumungsprozesse ist somit in Frage zu stellen.

Eingabemodul									
Kriterium	Einheit	Beschreibung	Relevanz	Eingabe			Information		
				Eingabewert	Prüfung	Priorität	Bewertungspunktzahl	gewichtete Bewertungspunktzahl	
Ausbaumaterialien (nichttragende Bauteile)									
Gesamtvolumen der festen Masse des Ausbaus	[m³ f.M.]		✓	1000	OK	12,5%			
Anteil der mineralischen Bauteile	[%]	Beton, Mauerwerk. Anteil in m³ feste Masse	✓	10	OK	12,5%	1,00	0,13	
Anteil der metallischen Bauteile	[%]	Baustähle, Bleche, Träger. Anteil in m³ feste Masse	✓	15	OK	12,5%	1,50	0,19	
Anteil der Gipsbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	✓	20	OK	12,5%	2,00	0,25	
Anteil der Glasbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	✓	22	OK	12,5%	2,20	0,28	
Anteil der Holzbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	✓	28	OK	12,5%	2,80	0,35	
Verbleibende Anteile sind sonstige Bauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse. Keine Eingabe, da Restwert	✓	5	OK	12,5%	0,50	0,06	
Besondere Eigenschaften			Summe	100			10,00	1,25	

Abbildung 64: Eingabemodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Im Verfahrensbewertungsmodul, welches die vorgenannten Eingangsparameter (1.000 m³ f. M. und die Anteile der Bauteile im Bereich von 5 bis 28 %) verwendet, werden die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 und Kombinationen der Verfahren verglichen. Am besten schneidet das Kombinationsverfahren „Stemmen und Abgreifen“ mit einer Punktzahl von 1,71 ab, wobei das am schlechtesten bewertete Verfahren „Thermisches Trennen“ eine Punktzahl von 0,44 erreicht. Eine Überprüfung, ob die vorliegenden Randbedingungen den Einsatz bestimmter Abbruchverfahren für die Beräumung grundsätzlich zulassen, erfolgt nicht. Es ist zu erkennen, dass die Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung, wie beispielsweise das Ausbaumaterial „Trennwand aus Gipskartonplatten auf Holzständerwerk“, abzubilden. Ein Auszug des Verfahrensbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 65 dargestellt.

Verfahrensbewertungsmodul																													
Ausbaumaterialien	Priorität	Bewertungspunktzahl	gewichtete Bewertungspunktzahl	Manuelle Methode												Mechanische Methoden								Kombination & Stemmen					
				Stemmen				Abgreifen				Einschlagen				Eindrücken		Erschleßen/ziehen		Pressschneiden		Scherschneiden			Abtragen (Fräsen)		Stemmen & Abgreifen		Thermisches Trennen
				Handarbeit	Maschinell	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert	Verfahrenswert	Ergebniswert		Verfahrenswert	Ergebniswert			
Mineralische Baustoffe (Beton, Mauersteine)	12,50%	1,00	0,13	5,00	0,86	10,00	1,71	9,00	1,15	9,00	1,15	9,00	1,15	10,00	1,25	5,00	0,86	9,00	1,15	0,00	a	10,00	1,25	10,00	1,25	9,00			
Metallische Baustoffe (Baustahl, Träger, Bleche)	12,50%	1,50	0,19	0,00	v	0,00	v	5,00	0,94	3,00	0,56	2,00	0,38	5,00	0,94	7,00	1,01	10,00	1,34	0,00	v	10,00	1,25	7,00	1,01	4,00			
Gipsbaustoffe	12,50%	2,00	0,25	9,00	1,25	10,00	1,32	8,00	1,09	9,00	1,25	6,00	0,86	1,50	0,21	10,00	1,34	0,00	v	10,00	1,25	10,00	1,25	8,00					
Gläser	12,50%	2,20	0,28	1,00	0,14	10,00	1,32	5,00	0,71	8,00	1,09	7,00	1,01	1,93	0,27	10,00	1,34	0,00	v	10,00	1,25	10,00	1,25	10,00					
Holz	12,50%	2,80	0,35	5,00	0,71	3,00	0,44	10,00	1,32	4,00	0,56	7,00	1,01	7,00	1,01	6,00	0,86	2,45	0,34	0,00	v	5,00	0,71	6,00	0,86	5,00			
sonst. Baustoffe	12,50%	0,50	0,06	4,00	0,56	6,00	0,86	7,00	1,01	3,00	0,44	6,00	0,86	6,00	0,86	6,00	0,86	6,00	0,86	0,00	v	3,00	0,44	6,00	0,86	6,00			
Mittelwert					0,86		1,22		1,05		1,25		1,44		1,30		1,09		1,09		0,21		0,95		1,71				
Anzahl der Ausschlüsse				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0			
Anzahl der Verbesserungen				1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0			
Ergebnis: Punktzahl				0,86	0,86	1,32	1,32	1,65	1,65	1,25	1,44	1,44	1,30	1,30	1,69	1,69	1,09	1,09	0,00	0,00	0,95	0,95	0,95	1,71	1,71	1,46			

■ Kriterium ohne Einschränkungen
■ Kriterium mit Einschränkungen
■ Ausschlusskriterium
10 Formel hinterlegt, Inhalt abhängig von Eingabe aus dem Eingabemodul

Anmerkung zur Interpretation der Ergebnisse:
 höchste Punktzahl = bestes Verfahren

Abbildung 65: Verfahrensbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Im Kostenbewertungsmodul werden in Anlehnung an das Verfahrensbewertungsmodul die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 und Kombinationen der Verfahren auf monetärer Basis verglichen. Am besten schneidet das Kombinationsverfahren „Thermisches Trennen & Stemmen“ mit 23.987 € ab, wobei das am schlechtesten bewertete Verfahren „Demontieren“ Kosten in Höhe von 328.735 € veranschlagt. Bei metallischen Bauteilen wird erkannt, dass ein zusätzlicher Demontageaufwand erforderlich wird. Eine Überprüfung, ob die vorliegenden Randbedingungen den Einsatz bestimmter Abbruchverfahren für die Beräumung grundsätzlich zulassen, erfolgt nicht. Wie beim Verfahrensbewertungsmodul ist zu erkennen, dass die Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung abzubilden. Ein Auszug des Kostenbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 66 dargestellt.

Kostenbewertungsmodul																
Verfahrenskosten (Mittelwert der Kostenkennwerte sämtlicher Baustoffarten)	Manuelle Methode		Maschinelle Methode							Kombinationsverfahren			Selektive Methoden		Chemische Methoden	
	Handarbeit	Stemmen	Abgraben	Einschlagen	Eindrücken	Einreißen/siehen	Pressschneiden	Scherschneiden	Abtragen (Fräsen)	Stemmen & Abgraben	Thermisches Trennen & Stemmen	Sägen & Hebeverfahren	Demontieren	Thermische Trennen	Sprengen	
																Maschine
	59,42	67,83	22,03	66,37	9,77	10,23	47,47	30,00	50,00	269,99	23,98	97,96	328,74	59,05	20,00	25,00
Ausbau	1800,00	m ² /M														
Mineralische Bauteile	150,00	m ² /M	5.942 €	8.818 €	2.203 €	6.637 €	977 €	1.033 €	4.747 €	5.000 €	26.999 €	3.398 €	9.796 €	32.974 €	5.905 €	2.500 €
Metallische Bauteile	150,00	m ² /M	Demontage	Demontage	3.300 €	9.955 €	1.455 €	1.510 €	7.421 €	4.500 €	40.498 €	3.590 €	14.694 €	49.310 €	8.850 €	3.750 €
Gipsbauteile	200,00	m ² /M	11.885 €	17.431 €	4.806 €	14.274 €	2.047 €	2.092 €	10.495 €	10.000 €	59.907 €	4.297 €	19.582 €	69.114 €	Demontage	Demontage
Glasbauteile	200,00	m ² /M	13.071 €	19.404 €	4.864 €	14.621 €	2.106 €	2.151 €	10.646 €	10.000 €	60.397 €	4.374 €	20.551 €	70.324 €	Demontage	Demontage
Holzbauteile	280,00	m ² /M	16.635 €	24.492 €	6.160 €	18.583 €	2.735 €	2.780 €	13.292 €	14.000 €	75.595 €	5.715 €	27.426 €	92.046 €	Demontage	Demontage
Sonstige Bauteile	50,00	m ² /M	2.971 €	4.402 €	1.101 €	3.318 €	463 €	512 €	2.574 €	2.500 €	13.499 €	1.199 €	4.088 €	16.437 €	Demontage	Demontage
Zwischensumme	€	50.510 €	74.957 €	22.029 €	66.367 €	9.767 €	10.234 €	47.473 €	4.500 €	42.500 €	269.987 €	23.985 €	97.958 €	328.735 €	14.764 €	10.650 €
Zusätzlicher Demontageaufwand																
Mineralische Bauteile	100,00	m ² /M	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren
Metallische Bauteile	150,00	m ² /M	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €	49.310 €
Gipsbauteile	200,00	m ² /M	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren
Glasbauteile	200,00	m ² /M	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren
Holzbauteile	280,00	m ² /M	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren
Sonstige Bauteile	50,00	m ² /M	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren
Zwischensumme	€	49.310 €	49.310 €	49.310 €	0 €	49.310 €	49.310 €	0 €	279.425 €	49.310 €	0 €	0 €	0 €	0 €	246.534 €	174.230 €
Gesamtkosten (ohne Zuschläge)	€	99.821 €	124.267 €	71.339 €	66.367 €	59.078 €	59.544 €	47.473 €	283.925 €	91.810 €	269.987 €	23.985 €	97.958 €	328.735 €	261.315 €	185.015 €
Zuschläge aufgrund von Frachtaufwänden	Wert	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]	Zuwachs [€]
Allgemeines: Erschließung, Umgebung, Flächenbedarf	0,000	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Ausbauplatz (Innenbaubereichen)	0,000	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Zwischensumme Zuschläge	€	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gesamtkosten (inkl. Zuschläge)		99.821 €	124.267 €	71.339 €	66.367 €	59.078 €	59.544 €	47.473 €	283.925 €	91.810 €	269.987 €	23.985 €	97.958 €	328.735 €	261.315 €	185.015 €

Abbildung 66: Kostenbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Auch im Zeitbewertungsmodul werden die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 und Kombinationen der Verfahren unter Berücksichtigung des Aufwands respektive der Dauer verglichen. Am besten schneidet das Abbruchverfahren „Pressschneiden“ mit einer Gesamtdauer von 3,7 Tagen ab, wobei das am schlechtesten bewertete Verfahren „Stemmen Handarbeit“ eine Gesamtdauer von 562,5 Tagen benötigt. Bei metallischen, Glas-, Holz- und sonstigen Bauteilen ist zu erkennen, dass ein zusätzlicher Demontageaufwand erforderlich wird. Eine Überprüfung, ob gegebenenfalls vorliegende Randbedingungen den Einsatz bestimmter Abbruchverfahren grundsätzlich zulassen, erfolgt nicht. Wie bei den beiden vorgenannten Bewertungsmodulen ist zu erkennen, dass die Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung abzubilden. Ein Auszug des Zeitbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 67 dargestellt.

Zeitbewertungsmodul																																				
Bauweise	Volumen	Einheit	Manuelle Methode		Maschinelle Methode										Kombinationsverfahren					Selektive Methoden		Chemische Methoden														
			Stemmen	Handarbeit	Handarbeit	Maschinell	Abgreifen	Einschlagen	Eindrücken	Eisenblei/-ziehen	Pressschneiden	Scherschneiden	Abtragen (Fräsen)	Stemmen & Abgreifen	Thermisches Trennen & Abgreifen	Sägen & Hebeverfahren	Demontieren	Thermisches Trennen	Sprengen	Bohren & Zerkleinern	Sprengen	Summe	Dauer													
Traggerüst	0,00	m²FM	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer	Aufwand	Dauer
Ausbau	4000,00	m²FM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Zwischensumme Stunden	(8 Stunden pro Arbeitstag)	h	1000,0	24,6	38,2	33,6	22,7	22,1	19,8	26,5	37,9	20,8	151,0	152,7	375,4	151,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zwischensumme Tage		d	125,0	3,1	4,8	4,2	2,8	2,8	2,5	3,3	4,7	2,6	18,9	19,1	46,7	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zusätzlicher Demontageaufwand																																				
Gesamtdauer (ohne Zuschläge)	(8 Stunden pro Arbeitstag)	d	562,5	13,8	8,9	7,5	5,1	4,9	3,7	7,6	6,9	3,9	28,5	28,8	46,7	132,6																				

Abbildung 67: Zeitbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Das Ökologische Bewertungsmodul vergleicht die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 und Kombinationen der Verfahren unter Berücksichtigung von Umweltbelastungen. Da das ökologische Bewertungsmodul ausschließlich die Umweltbelastungen des Hydraulikbaggers und der Anbaugeräte untersucht, fallen für die Ausbaumaterialien keine Umweltbelastungen an. Es ist somit zu konstatieren, dass die Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung abzubilden. Ein Auszug des Ökologischen Bewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 68 dargestellt.

Ökologisches Bewertungsmodul																																			
Wirkungskategorien	Abkürzung	Wert aus Datenbank	Einheit	Manuelle Methode		Maschinelle Methoden										Kombinationsverfahren					Selektive Methoden		Chemische Methoden												
				Handarbeit	Maschinell	Abgreifen	Einschlagen	Eindrücken	Eisenblei/-ziehen	Pressschneiden	Scherschneiden	Abtragen (Fräsen)	Stemmen & Abgreifen	Thermisches Trennen & Abgreifen	Sägen & Hebeverfahren	Demontieren	Thermisches Trennen	Sprengen	Bohren & Zerkleinern	Sprengen	Summe	Dauer													
Hydraulikbagger			Empfe [kW]	Motorleist	Motorleist	Motorleist	Motorleist	Motorleist	Motorleist	Motorleist	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung
Treibhauspotential (Globales Erwärmungspotential)	GWP 100	1,30E+00	kg CO2 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Stratosphärische Ozonabbau	ODP 20	6,94E-11	kg CFC-11 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Verzauerungspotential von Boden und Wasser	AP	4,97E-03	kg SO2 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Überdüngungspotential (Eutrophierungspotential)	EP	1,14E-03	kg N eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sommersmogpotential (Bildungspotential für troposphärisches Ozon)	POCP	5,46E-04	kg NMVOC eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Abiotischer Ressourcenverbrauch (nicht fossil)	ADP	5,91E-08	kg Sb eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Anbaugerät			Empfe [kg]	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	Gewicht / Masse	
Treibhauspotential (Globales Erwärmungspotential)	GWP 100	2,14E-03	kg CO2 eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Stratosphärische Ozonabbau	ODP 20	3,41E-09	kg CFC-11 eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Verzauerungspotential von Boden und Wasser	AP	2,11E-03	kg SO2 eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Überdüngungspotential (Eutrophierungspotential)	EP	1,40E-05	kg N eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sommersmogpotential (Bildungspotential für troposphärisches Ozon)	POCP	2,00E-04	kg NMVOC eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Abiotischer Ressourcenverbrauch (nicht fossil)	ADP	6,01E-10	kg Sb eq	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zwischensumme: Hydraulikbagger & Anbaugerät																																			
Ergebnis				-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Anmerkung zur Interpretation der Ergebnisse:
 niedrigstes Ergebnis = bestes Verfahren.
 Umso niedriger das Ergebnis, desto geringer sind die Umweltbelastungen und demnach die Folgen.

Abbildung 68: Ökologisches Bewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Abschließend liefert das Ergebnismodul eine Übersicht der erzielten Punkte der Abbruchverfahren und Verfahrenskombinationen. Ein Auszug des Ergebnismoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 69 dargestellt.

Ergebnismodul															
Infos:		0			0										
Nr.	Abbruchverfahren	Verfahrensbewertungsmodul				Kostenbewertungsmodul				Zeitbewertungsmodul		Ökologisches Bewertungsmodul		Bemerkung	
		Ergebnis: Punktzahl	Ausschlusskriterien	Verbesserungskriterien	Ranking	Gesamtkosten (ohne Zuschläge)	Zuschläge	Gesamtkosten (inkl. Zuschläge)	Ranking	Gesamtdauer (inkl. Zuschläge)	Ranking	Ergebnis	Ranking		
		[Punkte]	[Stk]	[Stk]		[€]	[€]	[€]				[kg CO2 eq.]			
1	Stemmen - Handarbeit	1	0	1	4	99.821	-	99.821	7	562,5	1	-	-	keine	
2	Stemmen - Maschinell	1	0	1	8	124.267	-	124.267	6	13,8	7	-	1	keine	
3	Abgräfen	2	0	0	13	71.339	-	71.339	10	8,9	8	-	1	keine	
4	Einschlagen	1	0	0	6	66.367	-	66.367	11	7,5	10	-	1	keine	
5	Eindrücken	1	0	0	10	59.078	-	59.078	13	5,1	12	-	1	keine	
6	Einreißen/-ziehen	1	0	0	7	59.544	-	59.544	12	4,9	13	-	1	keine	
7	Pressschneiden	2	0	0	14	47.473	-	47.473	14	3,7	15	-	1	keine	
8	Scherschneiden	-	1	4	1	283.925	-	283.925	1	7,6	1	-	1	Verfahren ausgeschlossen	
9	Abtragen (Fräsen)	1	0	0	5	91.810	-	91.810	9	6,9	11	-	1	keine	
10	Stemmen & Abgräfen	2	0	0	15	269.987	-	269.987	3	3,9	14	-	-	keine	
11	Thermisches Trennen & Stemmen	1	0	0	11	23.985	-	23.985	15	28,5	6	-	-	keine	
12	Sägen & Hebeverfahren	1	0	0	9	97.958	-	97.958	8	28,8	5	-	-	keine	
13	Demontieren	2	0	0	12	328.735	-	328.735	1	46,7	3	-	-	keine	
14	Thermisches Trennen	0	0	4	2	261.315	-	261.315	4	132,6	2	-	-	keine	
15	Sprengen	1	0	0	3	185.015	-	185.015	5	43,3	4	-	-	keine	

Anmerkung zur Interpretation der Rankings:
 15 Punkte = maximale Punktzahl und bestes Abbruchverfahren (Ökologisches Bewertungsmodul 8 Punkte)
 1 Punkt = niedrigste Punktzahl und schlechtestes Abbruchverfahren

Übersicht der Rankings sämtlicher Module

Abbildung 69: Ergebnismodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ – Beräumung mit Zahlenbeispiel

Mit diesen Ausführungen wird deutlich, dass eine Weiterentwicklung der Bewertungsmatrix Stufe IV zur Analyse von Beräumungsprozessen nicht geeignet ist. Anstelle dessen wird eine separate Bewertungsmatrix entwickelt, mit Hilfe derer die Prozesse der Beräumung hinsichtlich Mengen, Zeiten und Kosten bewertet werden können. Somit lässt sich diese Bewertungsmatrix Beräumung folglich auch für das Bauen im Bestand einsetzen, bei dem nur einzelne Bauteile entkernt werden.

5.2 Kennzahlen für die Bewertungsmatrix Beräumung

Mit Hilfe von Bestandsaufnahmen, Baustellenstudien unter Anwendung der Refa-Methodenlehre und Literaturrecherchen werden Kennzahlen zu Mengen, Aufwänden und Kosten generiert respektive identifiziert, die in die Bewertungsmatrix Beräumung eingepflegt sind. Die Sammlung der Kennzahlen findet in Eintragungstabellen statt, die mit der Bewertungsmatrix Beräumung als separater Exceltabelle verknüpft sind. Das Vorgehen zur Eintragung von Kennzahlen wird in der Folge beispielhaft für Mengen-Kennzahlen erläutert. In Abbildung 70 ist das Blatt „Gebäudekennzahlen“ der Eintragungstabelle „Nichttragende Innenwände und Innenwandbekleidungen, innen“ dargestellt. Es ist zu erkennen, dass

bereits zwölf Beräumungsobjekte mit zuvor ermittelten Mengen-Kennzahlen in die Eintragungstabelle eingepflegt sind. Zum Eintragen einer neuen Kennzahl ist in Zelle U3 die Gebäudeanzahl in dem Drop-down-Menü um eins auf in diesem Beispiel „13“ zu erhöhen und durch den Button bei Zelle V2 zu „aktualisieren“. Dadurch wird eine neue Zeile angehängt, in welche in Spalte S eine neue Quelle (in Falle einer Bestandsaufnahme) oder der Name der Autorenschaft (im Falle einer Literaturquelle) und in Spalte T der Name des Gebäudes respektive die Gebäudeart eingetragen werden. Die Spalten U bis AD stehen dann zur Eintragung der entsprechenden Kennzahlen zur Verfügung.

Quelle/Autor	Gebäude(art)	Innenwände Einheit/BRI	Raumseitige Wandbekleidungen: Putz Einheit/BGF	Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten Einheit/BRI	Elementierte Innenwände Einheit/BGF	Nichttragende Innenwände, sonstiges Einheit/BRI
		0,637	0,216			
		0,087	0,023			
		0,158	0,050			
		0,225	0,055			
		0,248	0,071			
		0,474	0,109			
		0,673	0,259			
		0,190	-			
		0,297	-			
		0,481	-			
		0,830	-			
		0,290	-			

Abbildung 70: Blatt Gebäudekennzahlen: Eintragung von Mengen-Kennzahlen

Somit erhalten die Eintragenden bereits in den Eintragungstabellen einen unverzüglichen Überblick, in wie weit sich neue Kennzahlen mit den bisher gesammelten Daten decken. Eine Überprüfung und gegebenenfalls erforderliche Anpassung der Kennzahl ist somit direkt nach dem Eintragen möglich.

Im Arbeitsblatt „Gesamtmatrix“ werden die Kennzahlen als Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwert in den Spalten E bis H dargestellt. Durch die Verknüpfung dieses Excelblattes mit der Bewertungsmatrix Beräumung erfolgen die Datensammlung und die Verwendung der Daten getrennt voneinander, damit beide Tabellen für erstellende und verwendende Personen einfach verständlich und anwendbar sind. Bei der Anwendung der Bewertungsmatrix Beräumung sind diese Kennzahlen für jeden Prozess einzeln auswählbar, so dass beispielsweise in Abbildung 71 bei dem Prozess „Nichttragende Innenwände und Innenwandbekleidungen, innen“ als Kennzahl für den Median 0,293 m² Trennwand je m² BGF verwendet wird.

Es ist anzumerken, dass in der Bewertungsmatrix Beräumung diese Kennzahlen für die Anwendenden nicht sichtbar sind, sondern lediglich die projektbezogenen absoluten Werte für Menge, Dauern und Kosten.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prozess	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen						
2								
3					MIN	MEDIAN	MITTELWERT	MAX
4								
5								
6	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	Einheit/BGF	Nichttragende Innenwände	0,087	0,293	0,382	0,830	
7			Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
8			Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
9			Elementierte Innenwände	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
10			Nichttragende Innenwände, sonstiges	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
11		Einheit/BRI	Nichttragende Innenwände	0,023	0,071	0,112	0,259	
12			Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
13			Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
14			Elementierte Innenwände	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
15			Nichttragende Innenwände, sonstiges	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000	
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Abbildung 71: Blatt Gesamtmatrix: Darstellung der Mengen-Kennzahlen

Aus den Eintragungstabellen werden die Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwerte durch eine Verknüpfung in eine verdeckte Hilfstabelle in die Bewertungsmatrix Beräumung automatisch übernommen. Durch einen Passwortschutz ist sichergestellt, dass die Kennzahlen nur über die Eintragungstabellen geändert und nicht versehentlich ungeprüfte Werte in die Bewertungsmatrix Beräumung eingepflegt werden.

In Abbildung 72 ist die ansonsten verdeckte Hilfstabelle des Arbeitsblattes „Ausgabe Zeiten“ gezeigt, welche als Speicher für die Kennzahlen dient. Im Arbeitsblatt Ausgabe sind die Kennzahlen über Drop-down-Menüs auswählbar.

Ausgabe Zeiten				MIN	MED	MITTEL	MAX	Referenzgebäude
13								
14			Baugrube	-	-	-	-	
15								
16			Gründung	-	-	-	-	
17								
18	1 - 1	Entkernung	Nichttragende Außenwände	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
19	1 - 2		Außenwandbekleidungen, außen	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
20	1 - 3		Elementierte Außenwände	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
21	1 - 4		Elementierte Außenfenster, -türen	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
22	1 - 5		Elementierte Außenwandbekleidungen	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
23	1 - 6		Nichttragende Außenwände, sonstiges	St		#ZAHLI	#DIV/OI	
24								
25	2 - 1	Entkernung	Nichttragende Innenwände	m²	0,011	0,037	0,049	0,114
26	2 - 2		Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	m²	0,337	0,337	0,337	0,337
27	2 - 3		Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	m²	0,070	0,070	0,070	0,070
28	2 - 4		Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen	m²	0,061		0,141	0,222
29	2 - 5		Elementierte Innenwände	m²		#ZAHLI	#DIV/OI	
30	2 - 6		Nichttragende Innenwände, sonstiges	St		#ZAHLI	#DIV/OI	
31								
32	3 - 1	Entkernung	Außentüren und -tore	St		#ZAHLI	#DIV/OI	
33	3 - 2		Außenfenster und Schaufenster	St	0,205	0,205	0,205	0,205
34	3 - 3		Dachfenster, Dachöffnungen	St		#ZAHLI	#DIV/OI	
35								

Abbildung 72: Bewertungsmatrix Beräumung: Blatt Ausgabe Zeiten (für die Anwendenden verdeckt)

Der grundsätzliche Ablauf von den ermittelten Daten einer Bestandsaufnahme über die Eintragung und Speicherung in den Eintragungstabellen bis hin zur Bewertungsmatrix ist in Abbildung 73 schematisch dargestellt.

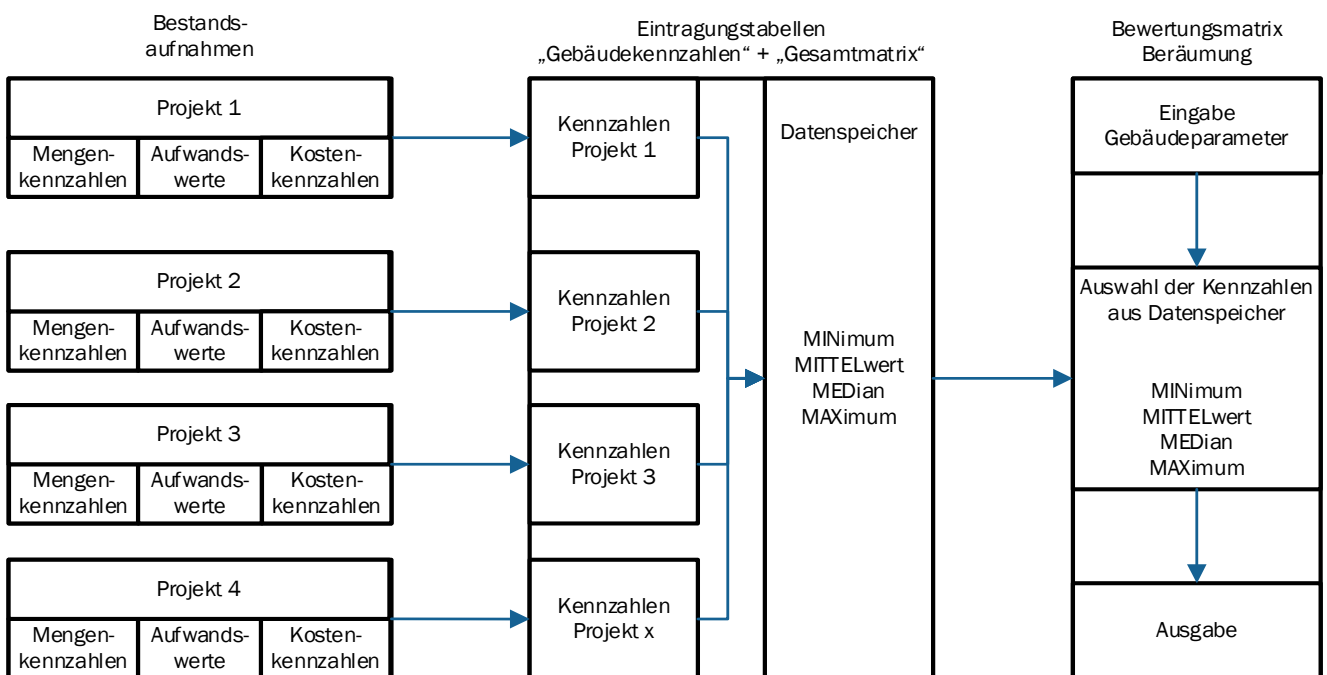


Abbildung 73: Ablaufdiagramm Bewertungsmatrix (inklusive Bestandsaufnahme und Eintragungstabellen)

5.3 Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung

5.3.1 Arbeitsblatt Eingabe

Die Bewertungsmatrix Beräumung ist ein Excel basiertes Werkzeug. Im Arbeitsblatt „Eingabe“ (s. Abbildung 74) sind die Gebäudeparameter Länge, Breite, Geschosshöhe und Anzahl der Regelgeschosse von den Anwendenden einzutragen. Diese Daten werden für die automatische Berechnung der Ausführungsmengen, des Aufwands und der Kosten verwendet. Sollte die Gebäudegeometrie stark von der Form eines Kubus‘ abweichen, so ist alternativ zu den genannten Gebäudeparametern eine Eingabe des Bruttorauminhalts [BRI] in Zelle E7 möglich. Für einzelne Beräumungsprozesse, wie beispielsweise die Bodenbeläge betreffend, sind zusätzliche Eingaben, hier der Anteil der Netto-Raumfläche an der Brutto-Grundfläche (voreingestellt mit 85 %) zu tätigen.

Daneben haben die Anwendenden die Möglichkeit, eine Angabe zur Rüstzeit zu machen. Voreingestellt ist ein Zuschlag von 10 %, der zum Aufwand der Beräumung einschließlich der Verbringung dazugeschlagen wird. Weiterhin sind für die Entsorgungskosten, getrennt nach den verschiedenen Abfallfraktionen, Kostenkennzahlen einzugeben. Auch hier gibt es eine Voreinstellung, die projektspezifisch angepasst werden kann. Mit den Kennzahlen und den erfassten Gebäudeparametern werden die Entsorgungskosten im Arbeitsblatt „Ausgabe“ automatisch berechnet.

Oberste Priorität bei der Erstellung der Bewertungsmatrix Beräumung hat eine einfache Anwendung mit wenigen Eingaben durch die Anwendenden. So können Fehler in der Annahme von Bauteilmengen umgangen werden und eine aufwendige Bestandsaufnahme des Gebäudes mit präziser Angabe der Eigenschaften der eingebauten Bauteile ist nicht erforderlich.

1	A	B	C	D	E	F	G
2	Eingabemodul		Hinweis: Eintragungen in orange markierten Bereichen				
3							
4	Maße des Gebäudes						
5							
6	Eingabe			BGF [m ²]		BRI [m ²]	
7	Länge [m]	100	20000,0		52000,0		
8	Breite [m]	40					
9	Regelgeschosse [St]	3					
10	Geschosshöhe [m]	2,6					
11							
12							
13							
14							
15	Checkboxes						
16							
17							
18							
19							
20	Fassade	<input checked="" type="checkbox"/> keine abzubrechende Fassade <input type="checkbox"/> Vorgehängte Fassade mit Fensteröffnungen <input type="checkbox"/> Vollflächige Fensterfassade					
21							
22	Aktualisieren						
23							
24	Aufzüge	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
25							
26							
27							
28	Flachdach	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein					
29							
30							
31	Bodenbelag	Bodenanteil in Prozent					
32	Eingabe KGF	15%					Anhaltswert aus BK1; objektspezifisch anpassen
33							
34	füllende Teile wie Hohlkörper, Blindböden, Schüttungen						
35							
36	Netto-Raum-Fläche						
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48	Belegungen unter Decken- und Dachkonstruktion						
49	Eingabe KGF	15%					wird automatisch aus Bodenbelag übernommen Anhaltswert aus BK1; objektspezifisch anpassen
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56	Entsorgungszeit auf Abbrechzeit	100%					
57							
58							
59	Kalkulationsmitte llohn?	35,00					
60							
61							
62							
63							
64	Rüstzeit [%]	10%					
65							
66							
67							
68							
69							
70							

Abbildung 74: Arbeitsblatt Eingabe der Bewertungsmatrix Beräumung

5.3.2 Gliederungsstruktur des Arbeitsblatts Ausgabe

Auf Basis der Kostengruppen der DIN 276⁹⁹ sind die Prozesse der Beräumung definiert. Hierzu sind den Kostengruppen einzelne Beräumungsprozesse zugeordnet. Beispielhaft ist in Abbildung 74 gezeigt, dass für die Kostengruppe 334 „Außentüren und -fenster“ die zwei Prozesse 3-1 „Entkernung Außentüre und

⁹⁹ DIN 276:2018-12, Tabelle 1

-tore“ und 3-2 „Entkernung Außenfenster und Schaufenster“ unterschieden werden, da sie durch unterschiedliche Mengen, Aufwände, Kosten und Umwelteinflüsse belegt sein können.

Die Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung weist somit folgende Gliederungsstruktur für jeden einzelnen Beräumungsprozess auf:

- die Nummerierung des Beräumungsprozesses in den Spalten A bis C,
- die Zuordnung zu den Grundprozessen (Basisleistungsbereichen) Entrümpelung und Entkernung in Spalte D,
- die Zuordnung zur abzubrechenden Bauteilgruppe (Ebene 1) in Spalte E,
- die Prozessbezeichnung mit Bauteilbezug (Ebene 2) in Spalte K,
- ergänzende Erläuterungen in Spalte L (Ebene 3),
- die Mengen in den Spalten AB bis AE,
- die Stundenaufwände in den Spalten AF bis AP,
- die Lohnkosten in Spalte AQ,
- die Entsorgungskosten in Spalte AU und
- die Gesamtkosten je Beräumungsprozess in Spalte AV.

Die Nummerierung der Prozesse und die Prozessbezeichnung für das Bauteil dienen somit einer eindeutigen Zuordnung zu einem konkreten Beräumungsprozess. In der Spalte O ist grundsätzlich voreingestellt, dass die abzubrechenden Bauteile schadstofffrei sind. Ist dies nicht gegeben, so haben die Anwendenden die Möglichkeit, im Bauteil detektierte Schadstoffe in den Spalten P bis AA zu aktivieren. Hierdurch berücksichtigt der Berechnungsalgorithmus den zusätzlichen Aufwand für die Beräumung und die Entsorgung. Dieser ist jedoch nur beispielhaft für den Prozess „2-2 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Putz“ mit Kennwerten hinterlegt.

Die Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung stellt somit eine praxisorientierte Gliederungsstruktur für die Beräumungsprozesse zur Verfügung, welche sich aus der Entrümpelung und 83 Prozessen der Entkernung zusammensetzt.

Ausgabe							baustoffbedingte Schadstoffe								
Grundprozesse (Basisleistungsbereiche)	Ebene 1	KG	Ebene 2	Ebene 3	Verwendung	Schadstofffrei	Asbest	KMF	PCB	PAH	Holzschutzmittel	Schwermetalle	andere		
2 - 1	Entkernung	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	342	Nichttragende Innenwände	Ausfachungen, jedoch ohne Bekleidungen	m ²	x								
2 - 2			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	einschließlich Putz-, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außen-/Innenwänden und -stützen	m ²		x							
2 - 3			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	Wandbeläge (z.B. Tapeten)	m ²									
2 - 4			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen	Wandfliesen	m ²									
2 - 5			346	Elementierte Innenwände	-bekleidungen, z. B. falt- und Schiebewände, Sanitärtrennwände, Verschläge	m ²									
2 - 6			349	Nichttragende Innenwände, sonstiges	Gitter, Geländer, Stoßabweiser, Handläufe, Rollläden einschließlich Antrieben	St									
3 - 1	Entkernung	Außentüren und -fenster	334	Außentüren und -tore	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten	St	x								
3 - 2			334	Außenfenster und Schaufenster	und Schaufenster einschließlich Fenster- bänken, Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten	St	x								
3 - 3			362	Dachfenster, Dachöffnungen	Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten Elementen	St	x								
4 - 1	Entkernung	Innentüren und -fenster	344	Innentüren und -tore	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben und sonstigen eingebauten Elementen	St	x								
4 - 2			344	Innenfenster	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben und sonstigen eingebauten Elementen	St	x								

Abbildung 75: Auszug des Arbeitsblatts Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung

5.3.3 Mengen im Arbeitsblatt Ausgabe

In den Spalten AB bis AE sind die abzurechnenden Mengen erfasst. Durch ein Drop-down-Menü in Spalte AB kann für die anzuzeigenden Mengen zwischen den Mittel-, den Minimal- und den Maximalwerten sowie dem Median gewechselt werden. Spalte AC gibt die aus der Eingabe automatisch errechneten Mengen aus. Soll eine errechnete Menge projektspezifisch korrigiert werden, können die Anwendenden dies durch eine individuelle Eingabe in Spalte AD vornehmen.

Die automatische Berechnung der Mengen erfolgt anhand von Mengenkennzahlen für die Beräumungsprozesse, die aus Baustellenstudien und Literaturwerten generiert sind. Spalte AE zeigt die Anzahl der hinterlegten Studien respektive Gebäude an.

Für den Fall existierender Aufwandswerte für konkrete Beräumungsprozesse bei gleichzeitig fehlenden Mengenkennzahlen ist in Spalte AD der Wert 1,0 hinterlegt. Die weitere Berechnung erfolgt dann auf der Grundlage des Aufwandswerts.

5.3.4 Stundenaufwände im Arbeitsblatt Ausgabe

In den Spalten AF bis AU sind die Stundenaufwände für die Beräumungsprozesse zusammengestellt. Auch hier kann durch zwei Drop-down-Menüs in den Spalten AF und AN für die anzuzeigenden Aufwände zwischen den Mittel-, den Minimal- und den Maximalwerten sowie dem Median gewechselt werden.

Als Ergebnis der Baustellenstudien ist zu konstatieren, dass der Abbruch eines Bauteils in Analogie zum Erdbau¹⁰⁰ neben dem eigentlichen Abbrechen auch das Laden, Transportieren und Abladen der Arbeitsgegenstände beinhaltet; dies wird im Weiteren als Verbringung zusammengefasst. Zudem sind Rüstzeiten zu berücksichtigen. Deshalb erfolgt für jeden Beräumungsprozess eine Unterscheidung der Teilprozesse

- Abbrechen (Entrümpeln oder Entkernen) in den Spalten AF bis AM,
- Verbringung in den Spalten AO bis AU und
- Rüsten in der Spalte AV.

Die rechnerische Ermittlung der Stundenaufwände erfolgt mit Hilfe von Kennzahlen zum Aufwand, die aus Baustellenstudien und Literaturwerten erzeugt sind. Spalte AG gibt den automatisch errechneten Stundenaufwand für das eigentliche Abbrechen, Spalte AO den für die Verbringung an. Mit den Spalten AL und AT ist eine projektspezifische Korrektur der Stundenaufwände als Nutzereingabe möglich. Die Summe dieser Stundenaufwände wird mit der Rüstzeit beaufschlagt. Auch diese errechnet sich automatisch anhand des in der Eingabe gemachten Rüstzeitzuschlags und wird in Spalte AV ausgegeben.

Der Stundenaufwand eines jedes Beräumungsprozesses errechnet sich aus der Summe der Aufwände für das Abbrechen, die Verbringung und das Rüsten; dieser Stundenaufwand ist in Spalte AW aufgeführt und kann ggf. in Spalte AX projektspezifisch korrigiert werden.

Die Verbringung bildet den Abschluss eines jeden Arbeitssystems und endet gemäß den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Regelfall mit getrennten Bau- und Abbruchabfällen. Eine Betrachtung der weiteren Schritte außerhalb der Baustelle wird in der Bewertungsmatrix Beräumung nicht berücksichtigt.

¹⁰⁰ Bauer (2007), S. 61

5.3.5 Lohnkosten im Arbeitsblatt Ausgabe

Die Lohnkosten sind in der Spalte AY ausgegeben. Sie errechnen sich automatisch aus der Multiplikation der Summe des Stundenaufwands eines jeden Beräumungsprozesses (Spalte AX) mit dem in der Eingabe festgelegten Stundenverrechnungssatz. Im Arbeitsblatt „Ausgabe“ wird in Zelle AY120 die Summe der Lohnkosten aller Beräumungsprozesse des untersuchten Projekts aufsummiert.

5.3.6 Entsorgungskosten im Arbeitsblatt Ausgabe

Die Kosten der Entsorgung der beräumten Materialien setzen sich aus den Entsorgungskosten je Abfallstoff in [€/t] und den Transportkosten der Leerung eines Entsorgungscontainers in [€/St] zusammen. Aus den Bestandsaufnahmen wurden die Bauteilmengen vordergründig als Flächen in [m²] und als Anzahl in [St] aufgenommen. Zur Bestimmung der Entsorgungskosten mussten Umrechnungsfaktoren gefunden werden, mit denen die erfassten Bauteilmengen in Entsorgungsmassen, aufgeteilt in die unterschiedlichen Abfallfraktionen respektive Abfallschlüssel, umgerechnet werden konnten. Hierzu wurden für verschiedene Bauteilkonstruktionen deren Materialzusammensetzung und die jeweiligen Materialdichten recherchiert, so dass sich Minimal-, Mittel-, Median- und Maximalwerte für jedes Bauteil respektive jeden Beräumungsprozess berechnen ließen. Die Ermittlung dieser Kennzahlen erfolgte in der Bewertungsmatrix im Tabellenblatt „Berechnung Kosten“. Der beschriebene Ablauf zur Ermittlung der Entsorgungskosten ist in Abbildung 76 schematisch dargestellt.

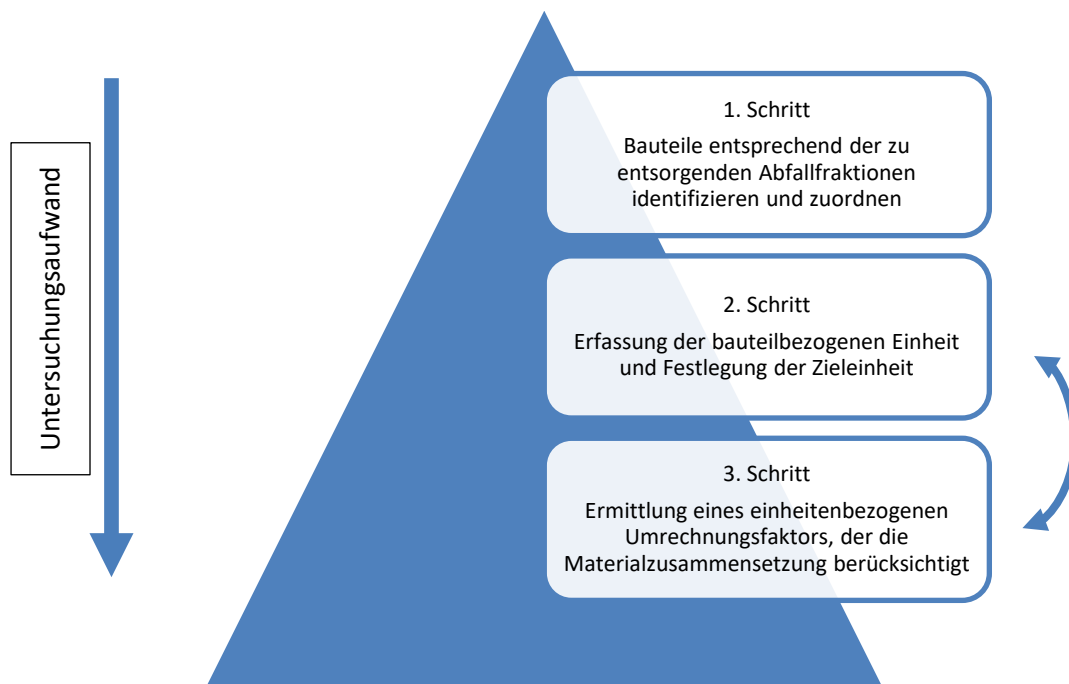


Abbildung 76: Schema zur Untersuchung von Entsorgungskosten bei Beräumungsarbeiten¹⁰¹

Die auf diesem Wege berechneten Massen wurden mit Entsorgungskosten in [€/t] einer vom Forschungspartner zur Verfügung gestellten Preisliste verrechnet, so dass sich daraus die Entsorgungskosten in [€] ergaben. Die voreingestellten Entsorgungskosten in [€/t] können im Arbeitsblatt „Eingabe“ individuell angepasst werden. Im Arbeitsblatt „Ausgabe“ können die Anwendenden über die Drop-Down-Menüs der jeweiligen Abfallstoffe die Mengen von Minimum bis Maximum abändern. In Spalte CO errechnet sich somit die Summe der Entsorgungskosten und in Zeile 120 sind je Abfallstoff die zu entsorgende Menge in [t] angegeben sowie in Zeile 121 die erforderliche Menge an Entsorgungscontainern. Für die erforderliche Menge an Entsorgungscontainern sind im Arbeitsblatt „Eingabe“ in den Zeilen 87-97 Expertenaussagen zu maximalen Füllmengen von Entsorgungscontainern hinterlegt, die von den Anwendenden abgeändert werden können.

Die Gesamtsumme der Kosten wird in Zelle CP123 angegeben, eine Zusammenfassung der Kosten in der Bewertungsmatrix ist in Abbildung 77 dargestellt.

¹⁰¹ Klein/Blesinger (2021)

Abbildung 77: Auszug des Arbeitsblatts Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung – Kosten

5.3.7 Hinweis zu weiteren Arbeitsblättern

Die Berechnung von Zwischenergebnissen erfolgt in weiteren Arbeitsblättern, die für die Anwendenden weder sichtbar sind noch einer Bedienung bedürfen.

5.4 Veröffentlichung der Bewertungsmatrix Beräumung als Download

In der aktuellen Version liegen sowohl die Eintragungstabellen als auch die „Bewertungsmatrix Beräumung“ in einer Excel-Datei der Version 2013 vor. Um die Dateien den Anwendenden auf einfachem Wege zur Verfügung zu stellen, werden sie im Online-Datenspeicher des Hochschulrechenzentrums „Hessenbox-DA“ als Download zugänglich gemacht. Unter folgendem Link ist ein gezippter Ordner mit mehreren Dateien abgelegt:

<https://hessenbox.tu-darmstadt.de/getlink/fiK1EMGvmLxGzwyv3iqBp9iG/>

Um die Funktionsfähigkeit der Bewertungsmatrix Beräumung zu gewährleisten, wird empfohlen, den gezippten Ordner auf einem USB-Stick oder vergleichbaren Datenträger herunterzuladen und dort zu entpacken. Nur auf diese Weise bleiben die erstellten Verknüpfungen zwischen den Eintragungstabellen und der Bewertungsmatrix Beräumung bestehen. Der Grund für diese Vorgehensweise ist, dass die Bewertungsmatrix durch die Verknüpfung nach den Eintragungstabellen sucht. Beim Abspeichern auf einem lokalen Laufwerk wird der Ordnerpfad der Eintragungstabellen nicht mehr gefunden, da auf jedem PC der Benutzername im Ordnerpfad enthalten ist und dieser vom vorgegebenen Ordnerpfad abweicht. Bei der Verwendung und dem Abspeichern auf einem USB-Stick bleibt der Ordnerpfad dagegen erhalten und die Verknüpfung zu den Eintragungstabellen wird erkannt. Für die ausschließliche Nutzung der Exceltabelle der Bewertungsmatrix kann diese lokal auf dem PC gespeichert werden, zur Pflege der Eintragungstabellen ist der USB-Stick an den Rechner anzuschließen.

Sollte dennoch die Verknüpfungen zwischen Eintragungstabellen und Bewertungsmatrix fehlerhaft sein, kann das Umbenennen des Laufwerksbuchstabens des USB-Sticks in F: erforderlich sein, da die

Bewertungsmatrix Beräumung die Eintragungstabellen auf dem Laufwerk F: sucht. Hierzu ist wie folgt vorzugehen:

- Schließen Sie einen Datenträger (USB-Stick oder USB-Festplatte) an den PC an.
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Windows-Button (Start-Knopf) und wählen Sie Computerverwaltung oder Sie geben „Computerverwaltung“ in der Windows-Suche ein (siehe Abbildung 78).
- Wählen Sie in der Computerverwaltung den Punkt „Datenspeicher – Datenträgerverwaltung“ aus.
- In der angezeigten Liste sind die aktuellen Laufwerke mit den zugeordneten Buchstaben dargestellt (siehe Abbildung 79).
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile mit dem Laufwerk des USB-Sticks und wählen Sie „Laufwerksbuchstaben und -pfade ändern.“
- Im neu erscheinenden Dialogfenster wählen Sie „Ändern“. In der Folge ist als neuer Buchstabe F auszuwählen (siehe Abbildung 80).

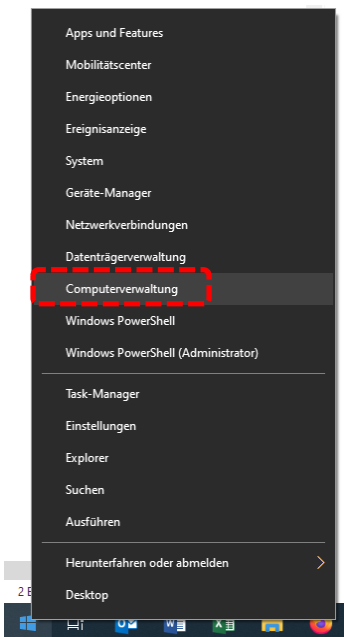


Abbildung 78: Desktop – Computerverwaltung

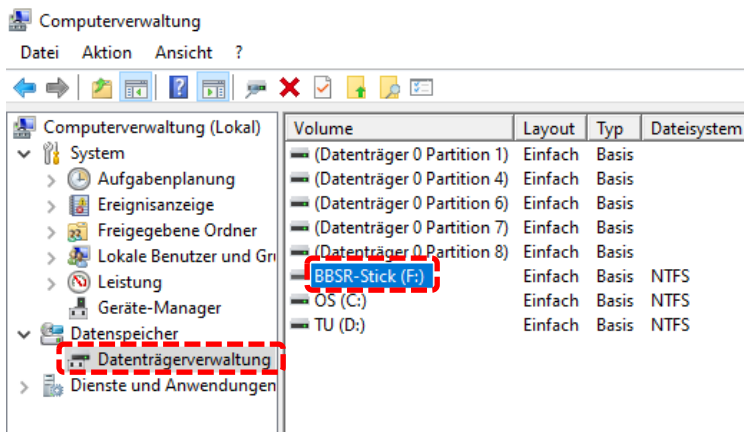


Abbildung 79: Computerverwaltung – Datenträgerverwaltung

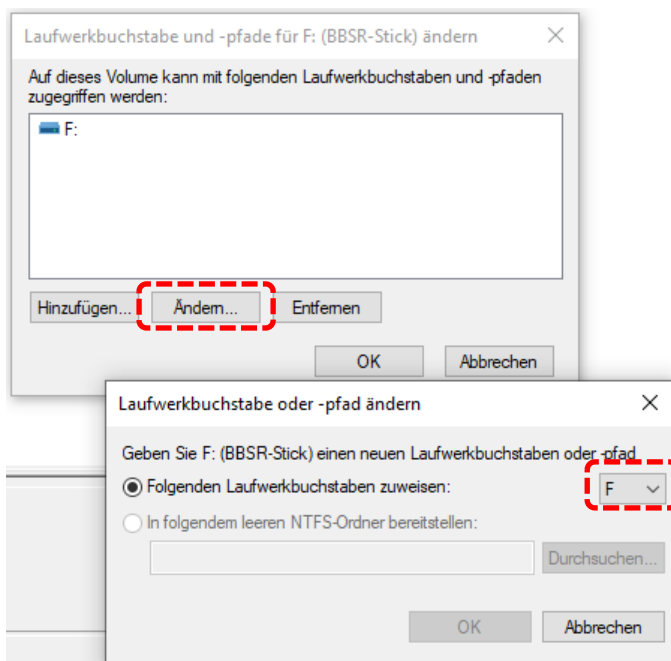


Abbildung 80: Ändern des Laufwerkbuchstabens

Es soll angemerkt sein, dass die einzelne Exceltabelle der Bewertungsmatrix Beräumung auch ohne die zuvor beschriebene Vorgehensweise eigenständig genutzt werden kann. In diesem Falle enthält die Bewertungsmatrix alle bis zu diesem Zeitpunkt in den Eintragungstabellen enthaltenen Kennzahlen zu Mengen, Zeiten und Kosten und sie kann damit zur Bewertung eines Beräumungsprojektes genutzt werden. Somit ist beispielsweise auch der Versand der Exceltabelle der Bewertungsmatrix Beräumung per Mail denkbar. Lediglich das Sammeln neuer Kennzahlen und damit eine Anreicherung der Bewertungsmatrix mit neu ermittelten Daten sind auf diesem Wege nicht möglich. Hierzu ist zwingend die oben beschriebene Vorgehensweise einzuhalten.

6 AP 5: Validierung Prozessmodell und Bewertungsmatrix Beräumung

Die Validierung von Prozessmodell und Bewertungsmatrix Beräumung erfolgte durch Experteninterviews.

6.1 Vorgehensweise Validierung Prozessmodell und Bewertungsmatrix Beräumung

Die Validierung des entwickelten Prozessmodells und der Bewertungsmatrix Beräumung wurde in Form eines halbstandardisierten Leitfaden-Interviews durchgeführt. Hierbei wurde die Reihenfolge der Fragen des Leitfadens dem Gesprächsverlauf angepasst und die Fragen flexibel, auf den jeweiligen Interviewpartner bezogen, formuliert. Der Leitfaden diente als Anhaltspunkt im Gespräch und stellte die Vergleichbarkeit der Interviews sicher. Dabei handelte es sich um ein qualitatives Interview. Die Kombination aus Leitfaden und variabler Handhabung von Reihenfolge und Formulierung der Fragen, ergänzt um die Möglichkeit spontaner Nachfragen, machten das Leitfadeninterview zu einem passenden systematischen und dennoch flexiblen Instrument der Datenerhebung.

Aufgrund der Corona-Pandemie wurden die Interviews über Online-Videokonferenzen (Zoom-Meetings) durchgeführt. Zum Abschluss wurde das aufgezeichnete Interview in Form einer Transkription verschriftlicht und anschließend ausgewertet.¹⁰²

Der Fragebogen ist im Anhang ab Kapitel 9.2 dargestellt.

6.2 Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Interviews

Zur Vorbereitung auf die Interviews wurden den Interviewpartnern vorab der Interviewleitfaden, das Prozessmodell Beräumung und die Bewertungsmatrix Beräumung einschließlich Anleitung per E-Mail zugesandt. Die Interviewpartner wurden zudem gebeten, die Bewertungsmatrix im Voraus selbständig anzuwenden und sich das Prozessmodell anzuschauen, um beides vollumfänglich validieren zu können.

Das Prozessmodell und die Bewertungsmatrix wurden während des Interviews über einen gemeinsamen Bildschirm geteilt, um sicher zu stellen, dass alle Beteiligten über die gleichen Punkte diskutieren.

¹⁰² Hussy et al.(2013), S. 224 ff.

Der Aufbau der Interviews ist in Abbildung 81 dargestellt. Nach allgemeinen Hinweisen und dem Aufbau des Interviews begann die Einstiegsphase mit Fragen zum Interviewpartner. Darauf folgte der Hauptteil des Interviews, bevor die Abschlussphase samt Danksagung das Interview beendete.

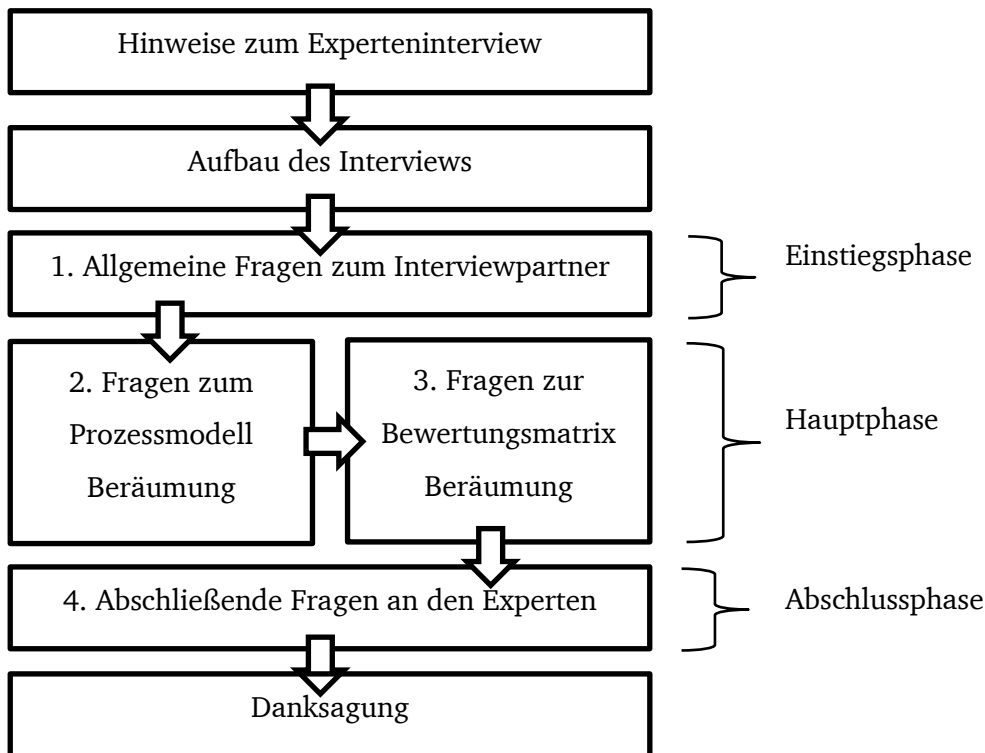


Abbildung 81: Aufbau der Interviews¹⁰³

Bei der Transkription wurde die Vorgehensweise nach Kuckartz¹⁰⁴ gewählt. Dabei handelt es sich um eine Mischung aus Kommentierung und Lesbarkeit. Diese Vorgehensweise ist für die Auswertung eines qualitativen Interviews gut geeignet. Folgende Regeln wurden demnach beachtet:

- Es wurde wörtlich transkribiert, nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte wurden nicht mit transkribiert.
- Sprache und Interpunktion wurden leicht geglättet, also an das Schriftdeutsch angenähert.
- Alle Angaben, die einen Rückschluss auf eine befragte Person erlauben, wurden anonymisiert.
- Deutliche Pausen wurden durch Auslassungspunkte (...) markiert.
- Betonte Begriffe wurden unterstrichen dargestellt.
- Zustimmende bzw. bestätigende Lautäußerungen und kurze Einwürfe der Interviewer (Mhm, Aha, Ja, Okay etc.) wurden nicht mit transkribiert.

¹⁰³ Krapp/Blesinger (2020), S. 16

¹⁰⁴ Kuckartz et al. (2008), S. 27 f.

- Lautäußerungen der befragten Person, die die Aussage unterstützten oder verdeutlichten (etwa lachen oder seufzen), wurden in Klammern notiert.
- Wiederholungen wurden nicht mit transkribiert (Also... also wurde zu also).
- Die interviewende Person wurde durch ein „A“, die befragte Person durch ein „B“, gefolgt von Ihrer Kennnummer, Äußerungen eines Mitarbeiters des Instituts für Baubetrieb mit „C“ gekennzeichnet.
- Jeder Sprecherwechsel wurde durch eine Leerzeile deutlich gemacht.

Die Transkriptionen der drei geführten Interviews sind im Anhang aufgeführt.

6.3 Erkenntnisse der Experteninterviews zum Prozessmodell

6.3.1 Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit

Bei der Frage zur Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit des Modells waren sich die Experten einig, dass das Modell übersichtlich¹⁰⁵, einfach aufzunehmen¹⁰⁶, nachvollziehbar¹⁰⁷ und detailliert beschrieben¹⁰⁸ ist. Ebenfalls wurden die Prozesse als vollständig und gut dargestellt beurteilt¹⁰⁹. Es wurde deutlich, dass die Basisvorgänge „Schadstoffe sanieren“, „Zerkleinern“, „Abfälle trennen“ und „Transportieren“ in unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt werden können und keine feste Reihenfolge der vier Ausführungen existiert¹¹⁰.

6.3.2 Berücksichtigung zeitlicher Aspekte

Die Frage, ob zeitliche Aspekte, beispielsweise in Form mittlerer Dauern der Prozessschritte, oder Kostenaspekte berücksichtigt werden sollen, wurde als nicht notwendig für das Prozessmodell angesehen.¹¹¹ Sollen Sie dennoch Berücksichtigung finden, so sollte dies in einem separaten Modell dargestellt werden. Eine sonstige Integration wird nicht als sinnvoll erachtet.¹¹²

¹⁰⁵ Interview 2, Zeile 117; Interview 3, Zeile 41

¹⁰⁶ Interview 3, Zeilen 41 f.

¹⁰⁷ Interview 3, Zeile 58

¹⁰⁸ Interview 1, Zeilen 90, 97, 115

¹⁰⁹ Interview 1, Zeile 125; Interview 2, Zeilen 268 ff.

¹¹⁰ Interview 1, Zeilen 126 ff.

¹¹¹ Interview 1, Zeilen 149 ff.; Interview 2, Zeilen 161, 165; Interview 3, Zeilen 146 f.

¹¹² Interview 2, Zeilen 228 f.

6.3.3 Vollständigkeit und Realitätsnähe des Prozessmodells Beräumung

Die Frage nach der Vollständigkeit der Beräumungsprozesse wurde weitestgehend bestätigt.¹¹³ Lediglich Bauteile wie beispielsweise Fundamente fehlten einem Befragten. Sind diese nicht Teil der Betrachtung, ist dies zu beschreiben und inhaltlich abzugrenzen.¹¹⁴ Weiterhin wurde angemerkt, dass Industriebauwerke andere Bauelemente als die Einteilung in die Prozessbereiche TGA, Decken und Wände aufweisen.¹¹⁵ Somit fehlen für eine detaillierte Betrachtung von Industriebauwerken beispielsweise der Fußboden, Stützen, die vorgehängte Fassade, Trennelemente, das Dach und das Treppenhaus.¹¹⁶ Es soll angemerkt werden, dass das Prozessmodell Beräumung für Geschossbauten und nicht für Industriebauwerke entwickelt wurde.

Grundsätzlich bildet das Modell die Schritte einer Kalkulation von Beräumungsarbeiten und somit die Realität ab.¹¹⁷

6.3.4 Verbesserungsmöglichkeiten

Zum Schluss der Validierung des Prozessmodells wurden Verbesserungsvorschläge abgefragt. Dabei wurde die Einordnung des Beräumungsprozesses in den Gesamtprozess Abbruch gefordert.¹¹⁸ Zudem fehlte eine zutreffende und ausreichend große Überschrift, aus der hervorgeht, welche Gebäudetypen betrachtet werden. Es soll klar erkennbar sein, dass sich das Modell auf Geschossbauten bezieht.¹¹⁹

Weiterhin wurden die erfassten Dimensionen des Prozessmodells diskutiert. Ein Befragter merkte an, dass das Prozessmodell Beräumung neben dem angesprochenen zeitlichen Ablauf auch Kosten oder Qualitäten grafisch berücksichtigen soll. Zudem sollen Risiken und der Arbeitsschutz beschrieben werden.¹²⁰ Hingegen vermerkt ein weiterer Experte, dass in dem Prozessmodell nicht zeitgleich Termine, Qualitäten und Kosten dargestellt werden sollen, um die erforderliche Übersichtlichkeit zu wahren.¹²¹

¹¹³ Interview 2, Zeilen 140 f., 263

¹¹⁴ Interview 3, Zeilen 95 ff.

¹¹⁵ Interview 2, Zeilen 184, 262

¹¹⁶ Interview 2, Zeilen 189 ff., 210 ff.

¹¹⁷ Interview 1, Zeilen 101 ff., 108 ff., 189

¹¹⁸ Interview 2, Zeilen 118, 126 f.

¹¹⁹ Interview 2, Zeile 315

¹²⁰ Interview 2, Zeilen 277 ff., 294 ff.

¹²¹ Interview 3, Zeilen 155 ff., 174 ff., 196, 200 ff.

Weiterhin wurde die Optik des Modells angesprochen. Diese unterstützt das Verständnis,¹²² kann aber weiter verbessert werden. Beispielsweise sollten alle Kästen der Prozesse gleich groß sein.¹²³

Bei der Betrachtung der Prozesse der Entkernung soll der Prozessbereich TGA allgemein gehalten werden, da einige Tätigkeiten eine untergeordnete Bedeutung aufweisen.¹²⁴ Weitere Verbesserungsmöglichkeiten wurden in der Darstellung der Reihenfolge der Entkernungsprozesse gesehen. Hier können die Prozessbereiche TGA, Decken und Wände als Kreislauf oder in variabler Reihenfolge¹²⁵ in Form eines großen Kastens oder Pfeils um die Entkernungsbauteile dargestellt werden.¹²⁶ Weiterhin wurde der Begriff „Deckenbauteile“ als zu allgemein angesehen, da Decken- und Bodenbauteile in diesem Prozessbereich enthalten sind. Eine Verbesserung kann entweder durch einen einheitlichen Titel (beispielsweise „Decken- und Bodenbauteile“) oder durch einen weiteren Prozessbereich der Bodenbauteile erreicht werden¹²⁷.

Zuletzt wird die Gliederung nach DIN 276 von einem Interviewpartner angesprochen. Hier wird die Gliederung nach dem Abfallschlüssel als Alternative zur DIN 276 genannt.¹²⁸

6.4 Ergebnisse der Experteninterviews zur Bewertungsmatrix

6.4.1 Übersichtlichkeit und Aufbau

Bei der Bewertungsmatrix wurden zuerst die Übersichtlichkeit und der Aufbau evaluiert.

- Der Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung orientiert sich am Prozessmodell und ist nachvollziehbar.¹²⁹
- Das Tabellenblatt der „Eingabe“ ist übersichtlich dargestellt.¹³⁰ Es wird deutlich, an welcher Stelle Informationen einzutragen sind.¹³¹
- Die Aufteilung im Tabellenblatt „Ausgabe“ zwischen eigentlicher Beräumungstätigkeit und der Verbringung wird als positiv angesehen.¹³² Jedoch leidet die Übersichtlichkeit unter der Vielzahl

¹²² Interview 1, Zeile 19; Interview 3, Zeile 46

¹²³ Interview 3, Zeilen 160 ff.

¹²⁴ Interview 1, Zeilen 104 ff., 189; Interview 3, Zeile 53

¹²⁵ Interview 1, Zeilen 166 ff., 182 f.

¹²⁶ Interview 1, Zeile 221 f.

¹²⁷ Interview 1, Zeilen 211, 216 f.

¹²⁸ Interview 2, Zeile 250

¹²⁹ Interview 1, Zeilen 233, 260 f.; Interview 2 (2020), Zeile 321 ff.

¹³⁰ Interview 1, Zeilen 249 f., 254

¹³¹ Interview 3, Zeilen 240 ff.

¹³² Interview 2, Zeilen 348 f.

von Tabellenspalten und -zeilen. Aus Sicht eines Interviewpartners sollte die Spaltenzahl reduziert werden und kann weniger ausführlich gestaltet sein.¹³³ Aus wissenschaftlicher Sicht sind die Anzahl an Zeilen und Spalten notwendig, um die Beräumungsprozesse umfassend zu beschreiben.

- Weiterhin wurde angemerkt, dass unklar war, warum im Tabellenblatt „Ausgabe“ weitere Eingaben (beispielsweise bei der Schadstoffsanierung) zu tätigen sind. Es sollte über die Benennung der beiden Tabellenblätter „Eingabe“ und „Ausgabe“ nachgedacht werden, um eine eindeutige Zuordnung zu schaffen.¹³⁴ Vorgeschlagen wurden Begriffe wie „Grundeingabe“ oder „Gebäudegrunddaten“ anstelle von „Eingabe“ und der Zusatz „Anpassungswerte“ bei der „Ausgabe“.¹³⁵
- Alle Begriffe und Abkürzungen sind bekannt und verständlich¹³⁶, sodass keine Definition oder ein Abkürzungsregister vorangestellt werden müssen.
- Die Hilfstabellen, in die bei der Anwendung keine Eintragungen erforderlich sind, wurden nicht als störend angesehen.¹³⁷

6.4.2 Anleitung

Weiterhin wurden die Interviewpartner zu der mitgesandten Anleitung befragt. Die Anleitung wurde nicht als erforderlich angesehen.¹³⁸ Die Handhabung der Bewertungsmatrix konnte durch Ausprobieren hergeleitet werden, jedoch vereinfacht eine Anleitung die Nutzung.¹³⁹ Diese könnte Screenshots zur Veranschaulichung sowie ein Deckblatt enthalten.¹⁴⁰

6.4.3 Auswahlmöglichkeiten der Ausgabe

Ein weiterer Aspekt ist die Validierung der Auswahlmöglichkeiten bei der Ausgabe. Die Auswahlmöglichkeiten zwischen „Min“, „Max“, „Mittel“ und „Median“ werden grundsätzlich als ausreichend betrachtet.¹⁴¹

¹³³ Interview 1, Zeilen 234 f., 239 ff., 255, 260

¹³⁴ Interview 3, Zeilen 316 ff.

¹³⁵ Interview 3, Zeilen 322, 326

¹³⁶ Interview 1, Zeile 265; Interview 2, Zeile 333; Interview 3, Zeile 333

¹³⁷ Interview 2, Zeile 324

¹³⁸ Interview 1, Zeile 271; Interview 2, Zeile 340

¹³⁹ Interview 1, Zeilen 271 ff.; Interview 3, Zeile 364

¹⁴⁰ Interview 3, Zeilen 350 ff., 365 ff., 377 ff.

¹⁴¹ Interview 1, Zeilen 354, 361 f.; Interview 2, Zeilen 359 ff.

Das Berechnungsergebnis wird derzeit durch einen exakten Wert mit zwei Nachkommastellen angegeben, was von einem Experten als irreführend beschrieben wird. Es wird empfohlen, eine Spanne von Minimum bis Maximum oder eine Einordnung beispielsweise 15 % unter dem Mittelwert respektive eine grafische Darstellung der Einordnung des Endergebnisses anzugeben. Weiterhin sollte das Ergebnis gerundet werden, um zu vermeiden, dass der errechnete Ergebniswert als präziser Wert gesehen wird.¹⁴² Es ist anzumerken, dass sich die Nachkommastellen aus der Verrechnung der exakten Einzelwerte ergeben. Ein Runden während oder zum Ende der Berechnung würde die Nachvollziehbarkeit beeinträchtigen.

6.4.4 Vollständigkeit und Realitätsnähe der Bewertungsmatrix Beräumung

Laut Expertenaussagen wurden die im Prozessmodell Beräumung aufgeführten Prozesse in die Bewertungsmatrix Beräumung vollständig integriert.¹⁴³ Der angegebene Aufwand der Entkernung deckt sich mit Erfahrungswerten der Praxis.¹⁴⁴ Gemäß eines Experten sollten die Aufwandswerte für die Entrümpelungsprozesse verifiziert werden.¹⁴⁵

Bei der Kostenbetrachtung der Ausgabe fehlt einem Experten eine Angabe zu den Gerätekosten und zu den sonstigen Kosten der Beräumung.¹⁴⁶ Die Tatsache, dass Kleingeräte im Stundenverrechnungssatz berücksichtigt werden, ist deutlich darzustellen.¹⁴⁷

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bewertungsmatrix Beräumung ein hilfreiches Werkzeug für die Bewertung von Beräumungsarbeiten ist.¹⁴⁸ Sie eignet sich als Plausibilitätskontrolle und um einen Überblick über die Beräumungskosten zu erhalten.¹⁴⁹ Für eine praktikable Anwendung sind weitere Baustellenaufnahmen erforderlich, damit alle Prozesse mit Daten hinterlegt werden.¹⁵⁰ Es ist zu erwarten, dass die Akzeptanz mit fortlaufender Aktualisierung des Datenbestands steigen wird.¹⁵¹

¹⁴² Interview 3, Zeilen 404 ff., 412 ff., 439 ff., 473 ff.

¹⁴³ Interview 1, Zeilen 328, 397, 401 f.

¹⁴⁴ Interview 1, Zeilen 305 f. 339 ff.

¹⁴⁵ Interview 1, Zeilen 286 ff., 300 f.

¹⁴⁶ Interview 3, Zeilen 249 f., 257 ff.

¹⁴⁷ Interview 3, Zeilen 292 f., 301 ff.

¹⁴⁸ Interview 3, Zeilen 452, 460

¹⁴⁹ Interview 1, Zeilen 377 ff., 391, 414 f.; Interview 2, Zeilen 379 ff., 387 f.

¹⁵⁰ Interview 3, Zeilen 453 ff.

¹⁵¹ Interview 2, Zeilen 384 ff.

7 Fazit

7.1 Zusammenfassung

Der Abbruch von Bauwerken gliedert sich in verschiedene Ablaufabschnitte, wovon vordergründig der Abbruch der Tragkonstruktion umfassend untersucht ist. Die vorgelagerten Beräumungsprozesse der Entrümpelung und Entkernung inklusive Schadstoffsanierung sowie die abschließende Entsorgung sind dagegen weniger im Fokus der Forschung. Im vorliegenden Endbericht zum Forschungsvorhaben „Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten“ wurden deshalb vom Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt diese Themengebiete näher beleuchtet.

In Kapitel 2 wurde festgestellt, dass keine systematische Gliederungsstruktur für die Beräumung vorliegt. Auf Basis der ausführungsorientierten Kostengruppen der DIN 276:2018-12¹⁵² wurde eine normativ begründete Systematik der Beräumungsprozesse entwickelt, welche in Tabelle 1 dargestellt ist. Es wird unterschieden zwischen den Grundprozessen (Basisleistungsbereiche) Entrümpelung und Entkernung, welche nach der Systematik der DIN 276 in die Ebenen 1 und 2 weiter untergegliedert wurden. Mit der aufgebauten Systematik, welche jedem Bauteil der entsprechende Beräumungsprozess einschließlich einer Prozess-Identifikationsnummer (BP-ID) zuordnet, liegt ein einheitliches Verständnis über die Prozesse der Beräumung vor.

Zur Definition der Arbeitsverfahren für die Beräumungsprozesse wurden die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05¹⁵³ den Verfahren zur Schadstoffentfernung der Arbeitshilfe Rückbau des Bayerischen Landesamtes für Umwelt¹⁵⁴ gegenübergestellt sowie unter Zuhilfenahme der DIN-Normen zu Fertigungsverfahren weiter präzisiert. Somit ergaben sich 15 Arbeitsverfahren der Beräumung, welche in Tabelle 2 dargestellt sind.

Die Arbeitsbedingungen und Umwelteinflüsse bei Beräumungsprozessen wurden im Zuge der durchgeführten REFA-Studien auf Baustellen aufgenommen. Dabei wurden vordergründig die physikalischen Umwelteinflüsse mithilfe von Sensoren erfasst, wie beispielsweise die Lufttemperatur und die Luftfeuchte, der Lärmpegel oder die Beleuchtung des Arbeitsplatzes. Die aufgenommenen Umweltdaten

¹⁵² DIN 276:2018-12, Tabelle 1

¹⁵³ DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche

¹⁵⁴ Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz. Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung

konnten nicht weiter kommentiert werden, da die Gefährdungsbeurteilungen der untersuchten Beräumungsobjekte den Verfassern nicht zur Verfügung standen.

Im Zuge der Aufnahme und Auswertung realer Beräumungsprozesse durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre wurden Beräumungsprozesse an zehn (10) Gebäuden untersucht und jeweils in einem Gebäudesteckbrief übersichtlich dargestellt. Insgesamt konnten Daten zu 18 Beräumungsprozessen sowie vier (4) Prozessen der Schadstoffsanierung generiert werden.

In Kapitel 3 wurde das Erfordernis einer Bestandsaufnahme bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten herausgearbeitet. Zudem wurde die Bestandsaufnahme in den Ablauf von Abbruchprojekten eingeordnet und die aufzunehmenden Daten wurden beschrieben.

In der Folge wurde auf das eingesetzte System bildgebender Sensoren für die Bestandsaufnahme von Gebäuden und die verwendeten Hard- und Softwarekomponenten eingegangen, so dass im Anschluss an vier (4) Versuchsgebäuden eine sensorgestützte Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten durchgeführt wurde. Aus den generierten Punktwolkenaufnahmen wurde jeweils ein digitales Gebäudemodell erstellt. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Durchführung von sensorgestützten Bestandsaufnahmen verwertbare Daten für die Planung und für die Ausführung von Beräumungsarbeiten liefert. In der Regel wurde eine ausreichend hohe Genauigkeit erzielt, wobei größere Abweichungen bei der BP-ID 0-1 „Kleine Gegenstände“ festzustellen waren. Die Punktwolkenaufnahmen wiesen eine hohe Genauigkeit bei vergleichsweise geringem Zeitaufwand auf. Der Aufwand in der Modellierung ist derzeit noch erhöht, kann aber durch Herabsetzen des Detaillierungsgrads reduziert werden.

In Kapitel 4 des vorliegenden Endberichts erfolgte die Modellierung der Beräumungsprozesse der Entrümpelung und Entkernung als Arbeitssysteme samt Integration in das übergeordnete Arbeitssystem Abbruch. Hierzu wurde das „Prozessmodell Beräumung“ entwickelt und beschrieben. Es besteht aus den vier Prozessbereichen Entrümpelung Gegenstände, Entkernung Wandbauteile, Entkernung Deckenbauteile und Entkernung technische Anlagen und in der Ebene 1 aus 20 Prozessen der Beräumung, welche in Tabelle 12 dargestellt sind. Weiterhin war es erforderlich die Prozesse in die Basisvorgänge Schadstoffsanierung, Zerkleinern, Transportieren und Abfälle trennen zu unterteilen.

Die Integration der Teilarbeitssysteme der Beräumungsprozesse in das Arbeitssystem „Abbruch“ erfolgte in Abbildung 44. Die folgenden Teilarbeitssysteme wurden dafür auf verschiedenen Baustellen dokumentiert:

- Teilarbeitssysteme 0-1 und 0-2 Entrümpelung Gegenstände
- Teilarbeitssystem 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände
- Teilarbeitssystem 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
- Teilarbeitssystem 2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten
- Teilarbeitssystem 2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen
- Teilarbeitssystem 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände
- Teilarbeitssystem 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster
- Teilarbeitssystem 4-1 Entkernung Innentüren und -tore
- Teilarbeitssystem 5-1 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion
- Teilarbeitssystem 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion
- Teilarbeitssystem 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich
- Teilarbeitssystem 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC
- Teilarbeitssystem 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein
- Teilarbeitssystem 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt
- Teilarbeitssystem 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt
- Teilarbeitssystem 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche
- Teilarbeitssystem 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze
- Teilarbeitssystem 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung

Durch die Modellierung der Beräumungsprozesse mithilfe der REFA-Methodenlehre wurde eine Grundlage für die Ausgestaltung der „Bewertungsmatrix Beräumung“ geschaffen.

In Kapitel 5 wurde die Entwicklung der „Bewertungsmatrix Beräumung“ als Werkzeug zur systematischen Beurteilung eines Beräumungsobjektes beschrieben. Da die Weiterentwicklung der bestehenden Bewertungsmatrix Stufe IV zur Analyse von Beräumungsprozessen nicht geeignet war, wurde eine separate „Bewertungsmatrix Beräumung“ generiert, um die Prozesse der Beräumung hinsichtlich Mengen, Zeiten und Kosten bewerten zu können. Somit kann die „Bewertungsmatrix Beräumung“ auch für das Bauen im Bestand eingesetzt werden, bei dem nur einzelne Bauteile entkernt werden.

Die Datengrundlage der „Bewertungsmatrix Beräumung“ bilden REFA-Studien von Beräumungsobjekten, aus denen Mengenkennzahlen, Aufwandswerte und Kostenkennzahlen ermittelt wurden. Nach der Eingabe weniger spezifischer Gebäude- und Projektparameter im „Arbeitsblatt Eingabe“ errechnet die „Bewertungsmatrix Beräumung“ im „Arbeitsblatt Ausgabe“ die abzubrechende Menge, die Dauer des Abbrechens sowie die Dauer der Verbringung und die anfallenden Lohn- und Entsorgungskosten. Die Anwendenden haben hierbei jeweils die Auswahl der Minimal-, Median, Mittel- und Maximalwerte und können bei jedem Aspekt eine eigenständige Nutzereingabe festlegen, ohne die von der „Bewertungsmatrix Beräumung“ ermittelten Vorgabewerte zu verändern. Letztlich werden am Ende der Tabelle die zu entsorgende Masse je Abfallschlüssel, die erforderliche Anzahl an Entsorgungscontainern, die Transportkosten und Summe der Kosten angegeben.

Das Kapitel schließt mit der Veröffentlichungsform. Die „Bewertungsmatrix Beräumung“ wurde als Excel-Datei der Version 2013 erstellt, so dass eine flexible und breite Nutzung gewährleistet ist.

In Kapitel 6 wurden das Prozessmodell und die „Bewertungsmatrix Beräumung“ anhand von leitfadengestützten Experteninterviews validiert.

Bei der Validierung des Prozessmodells gaben die drei befragten Experten an, dass die Darstellung übersichtlich und nachvollziehbar ist. Auch die Vollständigkeit und Realitätsnähe wurde bestätigt. Verbesserungsmöglichkeiten wurden von einzelnen Experten genannt, allerdings wurden diese Aussagen nicht von den anderen Experten bestätigt.

Bei der „Bewertungsmatrix Beräumung“ gaben die Experten an, dass diese grundlegend nachvollziehbar und übersichtlich ist. Allerdings leidet die Übersichtlichkeit unter der Vielzahl von Tabellenspalten und -zeilen, welche aber aus wissenschaftlicher Sicht notwendig sind, um die Beräumungsprozesse umfassend zu beschreiben. Eine Anleitung wurde als nicht erforderlich angesehen, da die Handhabung durch Ausprobieren hergeleitet werden konnte. Dennoch würde eine Anleitung mit Screenshots die Bedienung vereinfachen. Die Vollständigkeit und die Realitätsnähe wurden von den Experten bestätigt. Lediglich der Aufwand für die Entrümpelungsprozesse sollte verifiziert werden. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die „Bewertungsmatrix Beräumung“ ein hilfreiches Werkzeug für die Bewertung von Beräumungsarbeiten darstellt und sich als Plausibilitätskontrolle und zur Gewinnung eines Überblicks über die Beräumungskosten eignet. Um alle Prozesse mit Daten hinterlegen zu können, sollten weitere Baustellenaufnahmen durchgeführt werden.

7.2 Ausblick

In einem möglichen weiteren Projektverlauf sollte untersucht werden, ob die erstellte Systematisierung der Beräumungsprozesse auf Basis der Kostengruppen der DIN 276 sämtliche Aspekte der Beräumung abbildet. Durch die Beschreibung der Arbeitsverfahren der Beräumung ist eine Analyse der Quantität der eingesetzten Arbeitsverfahren möglich. Damit können Prozessverbesserungen bei den am häufigsten eingesetzten Arbeitsverfahren identifiziert werden. Vorliegende Umwelteinflüsse wurden mittels Sensoren aufgezeichnet, allerdings konnte nur eine qualitative Aussage zu den Einflüssen auf die Arbeitssysteme der Beräumung getroffen werden.

Die sensorgestützte Bestandsaufnahme lieferte gut verwertbare Daten für die Planung und Ausführung von Beräumungsarbeiten. Zur weiteren Vereinfachung des Aufnahmeprozesses sollte analysiert werden, inwieweit Bild- und Objekterkennungssysteme und -programme den Aufwand der manuellen Arbeit des Nachmodellierens von Beräumungsobjekten verringern können.

Die „Bewertungsmatrix Beräumung“ stellt zum jetzigen Zeitpunkt bereits ein praktikables Werkzeug zur systematischen Beurteilung von Beräumungsarbeiten dar. Im Zuge der Durchführung weiterer REFA-Studien einschließlich Mengenermittlungen an weiteren Beräumungsobjekten ist die Datenbasis der bestehenden Beräumungsprozesse zu verdichten und damit zu verifizieren. Für die Entwicklung der „Bewertungsmatrix Beräumung“ war die Verwendung des Programms Microsoft Excel ein probates Mittel, um auftretende Erkenntnisse kurzfristig einfließen lassen zu können. Aufgrund der bereits heute komplexen Darstellung der Einflussfaktoren Mengen, Zeiten und Kosten innerhalb der „Bewertungsmatrix Beräumung“ sollten Überlegungen angestellt werden, ob eine gesondert programmierte Softwareanwendung die Übersichtlichkeit und den Anwendungskomfort erhöhen kann.

8 Literaturverzeichnis

- Azizullah/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen zur Generierung von Zeitaufwandswerten
- Bauer (2007): Baubetrieb, Berlin; Heidelberg, Springer
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz. Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung
- Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1: Grundlagen, Frankfurt, ztv
- Bingert/Blesinger (2020): Digitale Bestandsaufnahme von Gebäuden unter Verwendung von Sensoren
- Borrmann et al. (2015): Building Information Modeling, Wiesbaden, Springer
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010): Selektiver Abbruch und verwendungsorientierter Rückbau
- CloudCompare: Presentation,
<http://www.cloudcompare.org/presentation.html> (Zugriff: 12.01.2021)
- CloudCompare: Supported file formats,
http://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=FILE_I/O (Zugriff: 12.01.2021)
- Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten, Köln, Rudolf Müller
- DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen
- DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren
- DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten
- DIN 18459:2016-09: VOB/C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Abbruch- und Rückbauarbeiten
- Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchprojekt
- Ebner (2002): Bauen im Bestand bei Bürogebäuden, Darmstadt, Technische Universität, Dissertation
- Grimm (2016): Smarte schöne neue Welt? – Das Internet der Dinge,
<https://www.bpb.de/gesellschaft/medien-und-sport/medienpolitik/236524/internet-der-dinge> (Zugriff: 12.01.2021)
- HBO: Hessische Bauordnung

- Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten
- Hussy et al. (2013): Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor, Berlin; Heidelberg, Springer
- Interview 1, siehe Anhang
- Interview 2, siehe Anhang
- Interview 3, siehe Anhang
- Keilwerth (2017): Einsatz des Stands der Technik zur Echtzeit-Digitalisierung der Umwelt in der Baubetriebsdomäne
- Klein/Blesinger (2021): Untersuchung zur Kostenermittlung von Beräumungsarbeiten
- Klingenberger (2007): Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden, Darmstadt, Technische Universität, Dissertation
- Költzsch (2017): Neue Markenstrategie: Keine Lenovo-Smartphones mehr außerhalb Indiens, <https://www.golem.de/news/neue-markenstrategie-keine-lenovo-smartphones-mehr-ausserhalb-indiens-1708-129405.html> (Zugriff: 12.01.2021)
- Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten
- KREBS+KIEFER (2020): Planunterlagen Beräumungsobjekt 6
- Kuckartz et al. (2008): Qualitative Evaluation – Der Einstieg in die Praxis, Wiesbaden, Springer
- Labbé (2017): RTAB-Map | Real-Time Appearance-Based Mapping
- Lach/Blesinger (2019): Sensorgestützte Bestandsaufnahme von Gebäuden
- Lenovo: Lenovo Phab 2 Pro, Augmented Reality Smartphones, <https://www.lenovo.com/us/en/smart-devices/-lenovosmartphones/phab-series/Lenovo-Phab-2-Pro/p/WMD00000220> (Zugriff: 12.01.2021)
- Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten, Darmstadt, Technische Universität, Dissertation
- Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen
- Luft/Blesinger (2020): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen
- MeshLab: MeshLab Discription, <https://www.meshlab.net/#description> (Zugriff: 12.01.2021)

- Morgenstern/Blesinger (2020): Sensorgestützte Gebäudeaufnahme zur Planung von Abbrucharbeiten
- Motzko et al. (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand: Datenbanksystem zur Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Technologien und Dauern, Stuttgart, Fraunhofer IRB
- Motzko; Klingenberg (2004): Kalkulation kontrollierter Abbrucharbeiten – ausgewählte Schwachstellen und Empfehlungen aus baubetrieblicher Sicht
- Ott/Blesinger (2018) Prozessanalyse zur Demontage von denkmalgeschützten Fensterflächen
- Pereira (2018): Der Weg der Daten im Industrial IoT,
<https://www.it-production.com/produktionsmanagement/daten-im-industrial-iot/>
(Zugriff: 12.01.2021)
- Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen
- Pieper (2019): ArbSchR – Arbeitsschutzrecht, Frankfurt, Bund
- Schmitz et al. (1991): Konstruktionsempfehlungen: Altbaumodernisierung im Detail
- Sun (2014): Six Degrees of Freedom Object Pose Estimation with Fusion Data from a Time-of-flight Camera and a Color Camera, Würzburg, Universität, Dissertation
- Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung
- Terabayashi et al. (2012): 3D measurement using a fish-eye camera based on EPI analysis
- Tom's Hardware: Texture Resolution,
<https://forums.tomshardware.com/threads/texture-resolution.98450/>
(Zugriff: 12.01.2021)
- Toppel (2003): Technische und ökonomische Bewertungen verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau, Darmstadt, Technische Universität, Dissertation
- VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen
- VDI 6210 Blatt 9:2020-06: Abbruch baulicher und technischer Anlagen – Abbruchstatik
- Wilhelm/Blesinger (2021): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten in Gebäuden
- Wöltjen (2016): Ein Beitrag zur ökologischen Bewertung von Abbruchverfahren im Hochbau, Darmstadt, Technische Universität, Dissertation
- Yalcin/Blesinger (2020): Fallstudie zur digitalen Gebäudebestandsaufnahme und Entwicklung eines BIM-Fachmodells „Abbruch“

9 Anhang

9.1 Anleitung zur Bewertungsmatrix

Anna Krapp

Technische Universität Darmstadt

Anleitung zur Bewertungsmatrix

Die Strukturierung von Beräumungsarbeiten ist nicht normativ geregelt, weshalb für die Bewertungsmatrix eine Struktur gefunden werden musste. Über eine Strukturierung nach StLB-Bau, die sich als zu detailliert herausstellte, und geführte Experteninterviews, die zu keinem zielführenden Ergebnis führten, wurde sich für eine Strukturierung nach den ausführungsorientierten Kostengruppen der DIN 276 entschieden. Darauf aufbauend wurde zunächst nach den Grundprozessen Entrümpelung und Entkernung gruppiert die weiter nach der Systematik der DIN 276 untergegliedert wurden (s. LISTE Prozesse und Ausgabe). Die Prozesse der Schadstoffsanierung finden in Verbindung mit der Entkernung als ein Unterprozess statt, weshalb die Schadstoffsanierung nicht eigenständig in der Systematisierung enthalten ist.

Die Berechnungen der Bewertung basiert auf Bestandsaufnahmen zu Mengen-Kennzahlen, Aufwandswerten und Kosten-Kennzahlen. Die Sammlung der Kennzahlen findet in Eintragungstabellen statt, welche mit der Bewertungsmatrix verknüpft sind. In den Eintragungstabellen werden neue Kennwerte aus REFA-Studien oder Literaturquellen und der Name des Gebäudes bzw. die Gebäudeart eingetragen. In einem extra Tabellenblatt der Eintragungstabellen werden die Kennzahlen als Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwert dargestellt. Durch die Verknüpfung dieses Excelblattes mit den Hilfstabellen der Bewertungsmatrix Beräumung erfolgen die Datensammlung und –verwendung der Daten getrennt voneinander, um beide Tabellen für erstellende und verwendende Personen anwendbar zu machen. Damit keine unbeabsichtigte Veränderung der Daten durch die Anwendenden erfolgt, werden die Hilfstabellen für den Anwender gesperrt. Im Blatt "Ausgabe" der Bewertungsmatrix sind die vorgenannten Kennzahlen über die jeweiligen Drop-down-Menüs als MIN, MEDIAN, MITTEL und MAX auswählbar.

Zur Verwendung der Bewertungsmatrix werden in das Arbeitsblatt „Eingabe“ in die orangenen Felder die Gebäudeparameter wie Länge, Breite, Geschosshöhe und Anzahl der Regelgeschosse von den Anwendenden eingetragen. Diese werden für die automatische Berechnung der Ausführungsmengen, des Aufwands und der Kosten weiterverwendet. Für einzelne Beräumungsprozesse sind noch weitere Eingaben, wie die Schätzung der prozentualen Verteilung der Bodenbeläge und der Bekleidungen unter Decken und Deckenkonstruktionen, anzugeben.

Anna Krapp

Technische Universität Darmstadt

Die Daten der "Eingabe" werden für die Berechnungen im Hintergrund genutzt und die Ergebnisse in Blatt "Ausgabe" dargestellt. Hier sehen die Anwendenden zuerst die Nummerierung, die Grundprozesse Entrümpelung und Entkernung, das zu bearbeitende Bauteil, der Name des Beräumungsprozesses und zusätzliche Erläuterungen. Weiterhin ist für die abzurechnenden Bauteil voreingestellt, dass sie schadstofffrei sind. Ist dies nicht so, können die Anwendenden die vorhandenen Schadstoffe anhaken. Hierdurch ergeben sich Veränderungen im Beräumungsaufwand und den Entsorgungskosten.

Danach wird die abzurechnende Menge behandelt. Es ist voreingestellt, dass der Mittelwert angezeigt werden soll, was jeden Prozess einzeln in MIN, MED, MITTEL oder MAX abgeändert werden kann. In Spalte AD besteht die Möglichkeit einer individuellen Eingabe durch die Anwendenden. Erfolgt keine individuelle Eingabe, so wird die berechnete Menge in Spalte AD übernommen und mit diesem Wert weitergerechnet. In Spalte AE wird angezeigt, aus wie vielen Studien verschiedener Gebäude sich die Kennzahlen zusammensetzen. Somit besteht ein sofortiger Überblick über die Quantität der enthaltenen Daten.

Die folgenden Spalten beschäftigen sich mit dem Aufwand, der für die Beräumung der zuvor ermittelten Menge erforderlich ist. Die Dauer wird mit der zuvor ermittelten Menge und den aufgenommenen Aufwandswerten errechnet. Auch hier ist der Mittelwert aller Studien voreingestellt, was wieder für jeden Beräumungsprozess geändert werden kann. Spalte AH gibt an, aus wie vielen Studien sich die Dauern ergeben haben. Im Zuge der Aufnahmen wurde erkannt, dass neben dem Abbrechen auch das Laden, Transportieren und Abladen zum Abbruch des Bauteils gezählt werden. Deshalb wurden diese Prozesse zu dem Prozess „Entsorgen auf der Baustelle“ zusammengefasst, welcher in Spalte AK angegeben ist. In Spalte AO ist die Rüstzeit angegeben, welche sich aus der Eingabe der Rüstzeit und der Summe aus Dauer des Abbrechens und Dauer der Entsorgung auf der Baustelle errechnet. Die Gesamtzeit setzt sich dann aus der Dauer des Abbrechens, des Entsorgens auf der Baustelle und der Rüstzeit zusammen.

Die Lohnkosten errechnen sich aus Multiplikation der „Gesamtzeit“ mit dem in der Eingabe festgelegten Kalkulationsmittellohn. Die Kosten der Entsorgung werden derzeit noch erarbeitet. Es ist angedacht, dass sich die zu entsorgende Menge aus der Bauteilmenge multipliziert mit einem noch zu bestimmenden Verrechnungsschlüssel für die Materialzusammensetzung und den jeweiligen Materialdichten errechnet. Die Gesamtkosten ergeben sich dann aus den Lohn- und den Entsorgungskosten.

In Zeile 120 werden die gesamten Lohnkosten von allen Beräumungsprozessen aufsummiert.

9.2 Fragebogen – Interviewleitfaden

Interviewleitfaden

Anna Krapp

Technische Universität Darmstadt

Informationen

Vielen Dank, dass Sie mir die Möglichkeit geben, Sie im Rahmen meiner Masterthesis zu interviewen. Das Interview soll den Charakter eines natürlichen Gesprächs haben, in dem es keine „falschen“ Antworten gibt. Ich würde das Gespräch für Auswertungszwecke gerne aufzeichnen und bitte Sie um Ihr Einverständnis dafür. Alle aus dem Interview bezogenen Daten/Aufzeichnungen/Erkenntnisse werden vertraulich im Rahmen der Masterthesis und der Forschung von Herrn Blesinger behandelt. Das Interview wird etwa ca. 60 min dauern.

Thema der Masterarbeit ist die Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. Die Arbeit ist ein Teil der Forschung von Daniel Blesinger mit dem Titel: Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten.

Die Forschung befasst sich damit die Beräumungsprozesse der Entrümpelung und Entkernung systematisch zu analysieren und zu modellieren. Die dafür nötige Bestandsaufnahme erfolgt unter anderem in digitaler Form durch die Nutzung von Sensortechnik. Auf dieser Grundlage wird die Bewertungsmatrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Verfahren für eine Beräumung entwickelt. Die Masterthesis befasst sich mit der abschließenden Verifikation des erstellten Prozessmodells und der Bewertungsmatrix.

Das Prozessmodell und die Bewertungsmatrix „Beräumung“ sind bereits entwickelt und liegen Ihnen zur Vorbereitung auf das Interview vor. Das Interview dient nun der Validierung des Prozessmodells und der Bewertungsmatrix. Sie sollten sich deshalb beides angeschaut und die Matrix angewendet haben, um Ihre Erfahrungen und Eindrücke durch das Interview zu erfassen.

Das Interview umfasst drei Phasen: Einstieg, Hauptphase und Abschluss. Die Hauptphase wird in die Teile Prozessmodell und Bewertungsmatrix „Beräumung“ unterteilt.

Interviewleitfaden

Anna Krapp

Technische Universität Darmstadt

Einstiegsphase

- Welche Position begleiten Sie in ihrem Unternehmen und wie lässt sich ihr Aufgabengebiet beschreiben?
- Wie viele Jahre Berufserfahrung weisen Sie im Bereich der Beräumung auf?
- Wann und wie häufig kommen Sie in Ihrem Aufgabenbereich mit der Beräumung in Kontakt?
- Welche Bedeutung haben Beräumungsarbeiten aus Ihrer Sicht bei Abbrucharbeiten?

Hauptphase

Prozessmodell

- Wie empfinden Sie die Übersichtlichkeit des Prozessmodells?
- Wie gut konnten Sie das Prozessmodell nachvollziehen?
- Sollte das Prozessmodell auch zeitliche Aspekte (z.B. mittlere Dauer der einzelnen Schritte) berücksichtigen?
- Bildet das Prozessmodell die Realität ab? Werden alle wichtigen Aspekte berücksichtigt?
- Wie kann das Prozessmodell in Ihren Augen noch verbessert werden (Optik, Begrifflichkeiten, etc.)?

Bewertungsmatrix "Beräumung"

- Wie empfinden Sie die Übersichtlichkeit und den Aufbau der Matrix?
- Sind alle Abkürzungen und Begriffe verständlich bzw. bekannt?
- Ist die Anleitung für die Anwendung der Beräumungsmatrix notwendig und wenn ja, was soll diese zusätzlich noch enthalten?
- Haben Sie direkt erkannt in welchen Bereichen Eintragungen getätigt werden sollen?
- Finden alle Aspekte von Beräumungsarbeiten Berücksichtigung in der Beräumungsmatrix oder fehlen essenzielle/wichtige Aspekte?
- Wie empfinden Sie die Auswahlmöglichkeit zwischen "Max", "Min", "Median", und "Mittel"?
- Reichen die eben genannten Auswahlmöglichkeiten aus oder sollten die Möglichkeiten "oberes Quartil" und "unteres Quartil" hinzugefügt werden?

Interviewleitfaden

Anna Krapp

Technische Universität Darmstadt

- Könnte die Bewertungsmatrix ein hilfreiches Tool für die Bewertung von Beräumungsprojekten sein?

Rückblick und Abschlussphase

- Gibt es von Ihrer Seite noch Aspekte, die wir im Interview nicht angesprochen haben, die sie aber gerne noch hinzufügen möchten?
- Haben Sie Fragen an mich?

Vielen Dank für Ihre Zeit und das Interview!

9.3 Transkription Interview 1

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

Transkription

- 1
2 A: Okay ja, dann nur noch eine kurze... ja, aber das haben Sie sicher schon gesehen wir starten mit
3 dem Einstieg, haben unsere Hauptphase die dann wiederum in Prozessmodell und
4 Bewertungsmatrix gegliedert ist und haben dann noch einen Abschluss. So ist sage ich einmal der
5 Leitfaden aufgebaut. Dann würde ich sagen steigen wir direkt ein und da würden wir mit der der
6 Frage starten: „Welche Position begleiten Sie in ihrem Unternehmen und wie lässt sich ihr
7 Aufgabengebiet beschreiben?“
8
9 B1: Gut Position (lachen) laut Signatur, laut... was irgendwo drin steht Bauleiter. Was mache ich
10 defacto: irgendetwas zwischen Bauleiter, Oberbauleiter und Kalkulator. Also Aufgabengebiet
11 sowohl die Kalkulation von Abbruchprojekten als auch die Durchführung.
12
13 A: Dann: „Wie viel Berufserfahrung weisen Sie im Bereich Beräumung auf?“
14
15 B1: ... Haben Sie es gehört? 5 Jahre?
16
17 A: oh nein, das kam bei mir nicht an, sorry.
18
19 C: Bei mir auch nicht.
20
21 B1: Dann bin ich zu leise.
22
23 A: Ja also auf jeden Fall schon mal eine gewisse Erfahrung, das freut uns ja, da sind sie ja genau
24 der richtige Experte. Dann: „Wann und wie häufig kommen Sie in Ihrem Aufgabenbereich mit der
25 Beräumung tatsächlich in Kontakt?“
26
27 B1: Wie häufig? Ich sage mal täglich, ist natürlich immer abhängig von den Projekten in welchen
28 Stadien wir uns da grade befinden. Und wann? Ja... Sowohl bei... wieder zur ersten Frage zurück
29 sowohl bei der Kalkulation als auch bei der Durchführung. Aber eigentlich täglich, also es gehört ja
30 mit zu unserem Kerngeschäft.
31
32 A: Okay, sehr schön.
33
34 C: Von mir: Das bedeutet auch automatisch... quasi jedes Abbruchprojekt... seid ihr auch zum Teil
35 irgendwie mit Beräumung beschäftigt?
36
37 B1: Meistens, also ich habe es jetzt das erste Mal in Darmstadt an einer Schule die ist schon
38 komplett entkernt/beräumt, naja entkernt noch nicht, da sind noch ein paar Leitungen drinnen
39 aber beräumt ist sie komplett. Mal abgesehen von dem Üblichen, dass da irgendwelche Abfälle
40 wieder lagern, weil sich irgendwelche Unbefugten Zutritt verschaffen. Aber normalerweise eigentlich
41 immer.
42
43 A: Gut: „Welche Bedeutung haben Beräumungsarbeiten aus Ihrer Sicht bei Abbrucharbeiten?“
44
45 B1: Als... für sich gesehen sage ich mal sind sie da irgendwie untergeordnet, also rein die
46 Beräumungsarbeiten an sich. Haben aber eine relativ hohe Bedeutung, wenn sie nicht ordentlich
47 durchgeführt werden, weil ich mir dann ja für den Nachgang... irgendwo eine insbesondere
48 Verschlechterung oder höheren Aufwand von den Abfällen oder der Abfallsortierung... da mit rein
49 ziehe. An sich die Beräumung ist ja relativ... macht einen relativ geringen Anteil aus. Hat aber
50 finde ich einen relativ hohen Einfluss auf nachgelagerte Prozesse.
51
52 A: Das heißt also bei der Kalkulation...

1

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

53
54 C: Wenn wir, wenn du jetzt sagst sehr hohen Einfluss, auf was denn? Gibt ja so die paar
55 Schlagworte.
56
57 B1: Entwerter auf die Entsorgung, wenn nicht ordentlich sortiert wird oder auf die Dauer der
58 Sortierarbeiten im... maschinellen Abbruch, sage ich jetzt mal.
59
60 C: Okey, aber zur Trennung seid ihr verpflichtet, und...
61
62 B1: Jaja klar, deswegen sag ich ja entweder ob wir es auf der Baustelle trennen oder ob es im
63 Nachhinein vom Entsorger getrennt wird, ist ja letztendlich egal... auf der Baustelle ist natürlich
64 immer besser, da in der Regel günstiger und außerdem so vorgesehen eigentlich... ja genau.
65
66 C: Okey. Ich wollte es nur eindeutiger haben.
67
68 A: (lachen) Ja ich wollte jetzt auch nochmal nahharken, weil Sie auch sagen sie machen
69 Kalkulation. Also es wird dann da auch bestandsaufnahmenmäßig geschaut wie weit ist es schon
70 ist und da dann auch noch je nachdem teurer oder weniger teurer dann kalkuliert?
71
72 B1: Ja, was ist überhaupt im Gebäude drin. Also Bestandsaufnahmen gibt es in der Regel relativ
73 gute vom Auftraggeber... also relativ gute Anhaltspunkte sagen wir mal so lachen.
74
75 C: Präzisieren Sie dies!
76
77 B1: Ja... Kommt drauf an, also kommt auch drauf an wies ausgeschrieben ist... ich mein dazu...
78 gibt's ja relativ dezidierte Ausschreibungen wo dann wirklich drin steht ich sag jetzt mal 30 m²
79 Linoleum, 15 m² Parkett usw. Oder halt die andere Variante eins Pauschal macht was ihr wollt
80 und... da kann man dann auch ziemlich daneben liegen.
81
82 A: Okey, also da wäre auch noch Luft nach oben sagen wir mal von Ausschreibungsseite?
83
84 B1: Jaja klar.
85
86 A: Okey... Gut, dann soviel zum Einstieg. Dann würde ich sagen gehen wir direkt in die
87 Hauptphase über und hier direkt zum Prozessmodell. Da ist dann die erste Frage: „Wie Empfinden
88 Sie die Übersichtlichkeit des Prozessmodells?“
89
90 B1: Also das Prozessmodell finde ich nachvollziehbar, übersichtlich, passt... Die Matrix wird dann
91 jedoch teilweise finde ich aber das ist ja dann erst...
92
93 C: Das kommt noch.
94
95 A: Also die größeren Züge sind auf jeden Fall... nachvollziehbar und schön (lachen)?
96
97 B1: Ja ist nachvollziehbar.
98
99 A: Also was genau finden Sie jetzt gut?
100
101 B1:... Ich finde grundsätzlich sind alle wesentlichen Teile erfasst... Kann, also für die praktische
102 Anwendung sag ich jetzt mal ist es... es sind letztendlich schon die Punkte an der wir uns auch für
103 eine Kalkulation entlang hangeln, egal ob jetzt... alles drin ist oder nicht, es könnte teilweise auch
104 etwas allgemeiner gehalten werden, insbesondere bei der TGA... sind gewisse Dinge die vielleicht in
105 der Praxis untergeordnete Bedeutung haben, sage ich jetzt mal Feuerlöschanlagen,... wenn wir jetzt

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

106 nicht von einer richtigen Sprinkleranlage ausgehen, also von dem Tank usw. aber jetzt rein
107 irgendwelche Leitungen... untergeordnet, weil die werden im Vorfeld nicht entkernt die bleiben
108 einfach drin, das macht der Bagger mit. Ansonsten finde ich es aber wie gesagt sehr übersichtlich
109 und es ist halt alles Wesentliche erfasst. Was man noch irgendwie beachten muss ob es jetzt Decken,
110 Dachbekleidung, Decken oder Bodenkonstruktion und -beläge ist oder halt auch Wand, Fenster, ja
111 genau Türen, alles drin, alles gut.

112

113 A: Also Sie würden sagen es ist eher zu detailliert, anstatt zu sagen es ist irgendwie zu grob?

114

115 B1: Ja.

116

117 A: Besonders im Bereich technische Ausrüstung.

118

119 B1: Ja

120

121 A: Ja und die Unterprozesse? Moment, da kann ich ja gerade mal rüber gehen. Die haben wir ja
122 auch nochmal extra aufgeführt. Fehlt da irgendwas oder sagen Sie das ist auf jeden Fall 1:1
123 deckungsgleich mit der Praxis?

124

125 B1: Nein nein, das passt, da ist alles drin. Ich finde die Darstellung wie sie jetzt ist gut. Weil es ist
126 nicht, es ist ja ein Kasten und... ich finde das, also ich habe es so aufgefasst, dass es nicht klar
127 geregelt ist mit was ich anfangen, es kann auch sein das ich mit zerkleinern anfangen muss um dann
128 zu sanieren und zu trennen oder erst zerkleinern, dann trennen, dann sanieren also das... ist ja
129 nicht festgelegt.

130

131 A: Ja aber gut, das hatte ich ja auch glaube ich unten so geschrieben, genau, dass es so verstanden
132 werden soll, aber wenn es auch so ankommt dann ist ja sehr schön (lachen).

133

134 B1: Ja so kommt es an, ich muss zugeben so ganz durchgelesen habe ich es mir ... ich bin
135 gekommen bis zur DIN 276, die ist mir ein Begriff und danach dachte ich ja gut da wird nichts
136 weiter drinstehen, muss ich gestehen.

137

138 A: Ja alles gut (lachen). Dann ist es ja umso schöner... Gut: „Wie gut konnten Sie das
139 Prozessmodell nachvollziehen?“ Da hatten Sie auch gesagt...

140

141 B1: Gut.

142

143 A: Gut nachvollziehen, aber da hatten wir ja auch in der ersten Frage schon bisschen ausführlicher
144 drüber gesprochen. „Sollte das Prozessmodell auch zeitliche Aspekte berücksichtigen?“ Also ich gebe
145 dazu mal ein Beispiel. Unten zum Beispiel, dass man sagt die Entsorgung sollte man kleiner, den
146 Pfeil bisschen kleiner darstellen, weil man sagt zum Beispiel es wird kürzer dauern wie der
147 Abbruch.

148

149 B1: Nein, rein für das Prozessmodell denke ich nicht, weil da ist immer die Frage was möchte man
150 darstellen. Wenn ich jetzt zeitliche, ich kann es ja aus verschiedenen Aspekten betrachten, aus
151 zeitlichen Aspekten, aus Kostenaspekten usw. und dann ist wieder die Frage was möchte ich in dem
152 Moment. Aber rein der Prozess da ist es für mich... irrelevant was länger kürzer ja... oder teurer
153 weniger teuer das sind ja wieder andere... Betrachtungsweisen.

154

155 C: Sieht man ja auch so ein bisschen, also du wirst vielleicht nachher noch darauf eingehen Anna,
156 aber sieht man so ein bisschen, dass das schon auch irgendwie so eine zeitliche Komponente hat?

157

158 B1: Vom Ablauf her?

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

159

160 C: Ja

161

162 BI: Ja natürlich.

163

164 C: Vom Anfang zum Ende sozusagen? So ein bisschen. Es stimmt natürlich nie 100%, aber...

165

166 BI: Ja ich wollte gerade sagen, da sind wir vielleicht eher bei einem Kreislauf. Es kann ja auch
167 sein... Also Entrümpelung vorne weg klar, aber dass die anderen drei Punkte dann... vielleicht
168 auch... ein Kreis oder in einer anderen Reihenfolge sind.

169

170 A: Wäre es da vielleicht auch noch sinnig zu sagen, man fasst da auch irgendwie noch wie unten,
171 man macht da noch einen großen Kasten drum herum „Entkernung“, dass man sagt erst
172 Entrümpelung, dann Entkernung und da kann auch wieder alles je nachdem.

173

174 BI: Klar, macht schon Sinn, klar... So als Beispiel fällt mir jetzt ein insbesondere bei... Wenn ich
175 einen sauberen Bodenbelag habe... also wirklich sauber ich sage jetzt mal Linoleum oder was auch
176 immer es macht kein oder fangen wir nochmal anders an was ja auch zur Entkernung gehört ist ja
177 die Trittschalldämmung unter dem Estrich... ich wäre nicht gut daran beraten den Estrich raus zu
178 nehmen bevor ich alle... bevor ich alles was an der Decke und an den Wänden ist rausgenommen
179 habe, weil ich so nur eine Abfallmischung oder eine mögliche Verschleppung habe. Das heißt
180 aber die Trittschalldämmung hole ich ja erst raus nachdem ich ja vielleicht schon Wandbauteile
181 oder Deckenbauteile schon... ja Wandbauteile rausgeholt habe, obwohl ja auch die
182 Trittschalldämmung meiner Meinung irgendwo bei Decke/Boden einzuordnen wäre... Deswegen
183 irgendwo ein Kreis oder irgendein großer Kasten drum wäre denke ich... würde es... rund machen.

184

185 A: Okey... Dann nächste Frage: „Bildet das Prozessmodell die Realität ab und werden alle wichtigen
186 Aspekte berücksichtigt?“

187

188 BI: Ja... auch wieder das was wir vorher bei der ersten Frage hatten, für die Praxisanwendung
189 vielleicht teilweise ein bisschen zu detailliert aber es werden alle wichtigen Aspekte berücksichtigt.

190

191 A: Okey, das ist ja schon mal sehr schön (lachen). Gut dann: „Wie kann das Prozessmodell in Ihren
192 Augen noch verbessert werden?“

193

194 BI: Das eine haben wir gerade besprochen, nochmal einen Kasten um die einzelnen Dinge,
195 ansonsten finde ich es begrifflich klar... die Optik ist gut für das Verständnis, also ich habe nichts
196 wirklich zu verbessern, außer den Kasten über den wir gerade gesprochen haben.

197

198 A: Okey... Ja und wir haben ja jetzt nur einen Kasten sage ich mal Deckenbauteile, wäre es da
199 vielleicht auch zu sagen, es wäre nochmal schön weil wir ja quasi die Entkernung
200 Deckenkonstruktion und -beläge nimmt ja auch ein bisschen so die Bodenteile mit rein, dass man
201 sagt man hätte noch einen Kasten ganz am Ende mit Bodenbauteilen, wo man dann den eine
202 Entkernung Deckenkonstruktion und -beläge auch noch mit reinpackt.

203

204 BI: Ja genau, also ich habe jetzt unter Decke auch schon gleich den Boden mit verstanden, weil es
205 ja je nach Geschoss ggf. identisch ist. Also klar, irgendwo zwischendrin haben wir ein tragendes
206 Bauteil, aber was in einem Geschoss die Decke ist, ist ja im anderen Geschoss der Boden (lachen).

207

208 C: Du meinst so oder? (Malt einen Pfeil hinter den letzten Pfeil ins Prozessmodell mit dem Title
209 „Boden“.) Also noch einen Kasten dazu.

210

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

- 211 B1: Ja entweder noch einen Kasten dazu oder den Boden bei der Decke mit reinpacken.
212
213 A: Ja gut, das ist aktuell ja so der Fall das dann ja Deckenbauteile. Aber gut dann könnte man
214 vielleicht oben noch rein schreiben Entkernung Decken- und Bodenbauteile.
215
216 B1: Genau so habe ich es aufgefasst, dass damit beides gemeint ist, aber es ist jetzt halt nicht
217 klar... zu erkennen.
218
219 A: Okey also wäre da so ein extra Kasten oder ein extra Begriff sehr zielführend nochmal?
220
221 B1: Ja. Wenn man einen großen Kasten außen rum packt, ja okey, weil sonst ist es ja wieder die
222 Frage ist es... kommt es wirklich danach kommts vorher, keine Ahnung, mal so mal so.
223
224 A: Also da, wenn man einen großen Kasten drum packt dann eher der Begriff Decken- und
225 Bodenbauteile?
226
227 B1: Ja.
228
229 A: Okey, dann würde ich sagen machen wir das Prozessmodell wieder zu. Gut, dann wären wir
230 schon bei der Bewertungsmatrix Beräumung. Auch hier wieder: „Wie empfinden Sie den Aufbau
231 und die Übersichtlichkeit der Matrix?“
232
233 B1: Der Aufbau, wenn man sich das Prozessmodell danebenlegt nachvollziehbar... die
234 Übersichtlichkeit... also ich finde es nicht ganz übersichtlich, hab aber auch keine Idee wie ich es
235 verbessern könnte (lachen), muss ich ganz ehrlich gestehen (lachen).
236
237 A: Aber was ist es jetzt so, wodurch man sagt, dadurch empfinde ich es nicht als übersichtlich?
238
239 B1: Ich finde es sind relativ viele Spalten... die Zeilen, also von den einzelnen Prozessen sage ich
240 mal, das geht noch. Das kann man, ob das jetzt immer alles notwendig ist für die praktische
241 Anwendung ist wieder ein anderes Thema, das finde ich teilweise... aus wissenschaftlicher Sicht
242 sicherlich gerechtfertigt... praktisch ist es schwierig das so zu trennen... da leidet natürlich die
243 Übersichtlichkeit drunter, genauso mit der Anzahl der Spalten... es ist eine relativ breite Tabelle
244 und wenn ich schnell irgendetwas möchte, dann irgendwie links und rechts, dann finde ich ist
245 irgendwie die Übersichtlichkeit ja... Auf einen Blick irgendetwas zu erkennen ist schwierig.
246
247 A: Also auch bei Eingabe und bei Ausgabe, also bei beidem?
248
249 B1: Da muss ich nochmal nachgucken was Eingabe und was Ausgabe war... Nein Eingabe das ist
250 übersichtlich, das ist ja nicht viel. Ausgabe.
251
252 A: Okey.
253
254 B1: Ja Eingabe, die 5 Zeilen, wer da als unübersichtlich empfindet, ich weiß ja nicht (lachen). Aber
255 die Ausgabe, das ist dann halt recht viel.
256
257 A: Aber da ist auch mehr zu sagen es geht zu sehr sage ich mal in die Breite, also die Spaltenzahl,
258 als jetzt die Zeilenzahl da kann man schon...
259
260 B1: Jaja klar genau, also die Zeilenanzahl... handelt sich ja in Anführungsstrichen am
261 Prozessmodell entlang.
262

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

263 A: Genau... Okay: „Sind alle Abkürzungen und Begriffe verständlich bzw. bekannt?“
264
265 B1: Ja, also ich habe jetzt nichts gefunden was ich nicht... kannte.
266
267 A: Sehr schön, okay. Dann hatte ich ja auch noch eine Anleitung mitgeschickt: „Ist die Anleitung
268 für die Anwendung der Beräumungsmatrix notwendig und wenn ja, was soll diese zusätzlich noch
269 enthalten oder ist sie so abschließend?“
270
271 B1: Notwendig ein ganz klares Jain... Unbedingt notwendig, nein. Man kann es auch mit Learning
272 by doing finde ich... sich selbst erarbeiten, vereinfacht eben vieles. Wenn man sich diese einmal
273 durchliest und dann irgendwie mal zwei/drei Sachen damit rum spielt sage ich mal, dann ist alles
274 gut. Dann versteht man sie, dann weiß man wie man sie anzuwenden hat.
275
276 A: Ja und soll da auch irgendwie was wo man sagt das hätte noch gefehlt, dass ich es noch besser
277 verstanden hätte?
278
279 B1: Ist mir nichts aufgefallen.
280
281 A: Okay, gut: „Haben Sie direkt erkannt in welchen Bereichen Eintragungen getätigt werden
282 sollen?“
283
284 B1: Im Wesentlichen ja. Es gab so eins/zwei Punkte, da war ich mir jetzt nicht sicher muss ich da
285 etwas eintragen, muss ich nicht, also grade... Was ich noch nicht so ganz hinbekommen habe das
286 der Bereich Beräumung einen realistischen Wert hinten ausgibt was wieviel das kostet, weil das
287 stehen bei mir irgendwie, keine Ahnung, 12 € bei dem was ich gemacht habe und das fand ich ein
288 irgendwie bisschen gering für was waren es glaube ich 4.000 m² oder sowas, 4.000 m² umbauter
289 Raum. Moment... Ich habe genau 4.000 m³ Bruttorauminhalt und dann kam irgendwie raus...
290 Jetzt bin ich zu weit hinten... Ja 12,85 €, das hat... passt irgendwie nicht. Aber da hätte ich ein
291 bisschen mehr damit spielen müssen, dann wäre auch das... dabei etwas Vernünftiges
292 rausgekommen.
293
294 C: Die Entrümpelung wäre das oder?
295
296 B1: Ja genau ganz oben, genau.
297
298 C: Ich schaue es mir einmal an.
299
300 B1: Ja das ist sportlich, also das schafft ja keiner, Entrümpelung für 12,85€ bei 4.000 m³
301 Bruttorauminhalt.
302
303 C: Ich denke das da ein... irgendwo die Rechnung falsch ist.
304
305 B1: Ja also weil... Ich habe es für mich versucht insgesamt so die Logik, passt das was raus kommt
306 einfach zu meinen Erfahrungswerten plus/minus und das stimmt wieder deswegen...
307
308 A: Okay, dann würde ich jetzt nochmal einsteigen zu den Eintragungen, also es war auch
309 verständlich wo man jetzt bei den Bodenbelägen, da muss man ja manchmal Prozentwerte
310 angeben... das war auch erkenntlich?
311
312 B1: Was bei den Bodenbelägen... was war da?
313
314 A: Das ist ja dann auch, dass man prozentual Bodenanteile angeben kann.
315

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

- 316 BI: Achso das, jaja... Wobei ich das auch als also ich meine das ist ja eh nur eine Schätzung, weil
317 sonst... macht es ja wenig Sinn. So habe ich es zumindest aufgefasst.
318
319 A: Ja, aber eben eine grobe Abschätzung, ja.
320
321 BI: Jaja klar, dass war aber... klar ersichtlich, dass damit eine grobe Abschätzung gemeint ist, dass
322 man da etwas eingeben soll, dass man nicht einfach... Ich sage mal 100% Parkett, seidenn es ist
323 wirklich so.
324
325 A: Okay, gut: „Finden alle Aspekte von Beräumungsarbeiten Berücksichtigung in der
326 Beräumungsmatrix oder fehlen essenzielle/wichtige Aspekte?“
327
328 BI: Nein, also wichtige fehlen nicht. Es ist alles Essenzielle, alles Wichtige ist enthalten.
329
330 A: Okay.
331
332 C: Habe ich dich vorhin richtig verstanden? Die Summe fandest du auch noch relativ passend?
333
334 BI: Ja... Ja also das ist ja, das geht ja jetzt gleich wieder auf die nächste Frage mit der Auswahl
335 zwischen maximal, minimal, mittel, median... kann man ja nicht pauschal, ist ja nicht pauschal
336 für alle Gebäude gleich, also Standard was ich immer sage ist eine Industriehalle oder ein
337 Industriegebäude auch vielleicht mit einem Bürogebäude dran, ist ja nicht zu vergleichen mit einem
338 Krankenhaus was einfach technische Gebäudeausrüstung jenseits von Gut und Böse hat... Aber die
339 Werte die rauskommen... passen, plus/minus. Also ich meine jetzt mein Gebäude was ich da
340 eingegeben habe 4.000 m³ Bruttorauminhalt... kommen ja irgendwie knapp über 10 € für die
341 Beräumung raus, dass ist je nach Ausbaugrad schon also für ein normales Gebäude ist das
342 realistisch... Um den Auftrag zu bekommen muss ich zwar ein bisschen runter, aber es ist trotzdem
343 realistisch (lachen).
344
345 C: Wir entwickeln ein... ein Produkt das funktioniert, ja. Ob man damit einen Auftrag bekommt
346 oder nicht ist etwas anderes. Es kann A mal B rechnen und das auch noch relativ gut, das finde ich
347 schon mal nicht schlecht.
348
349 BI: Ja das passt.
350
351 A: Ja. Gut also sagen Sie auch die Auswahlmöglichkeit zwischen „Min“, „Max“, „Median“ ist auf
352 jeden Fall auch gut?
353
354 BI: Ja.
355
356 A: Also es ist... gut das es drin ist, also wenn man sagt man hätte jetzt nur „Max“, „Min“ wäre
357 irgendwie ein bisschen...
358
359 BI: Ja gut sagen wir mal so den Mittelwert den... sollte ja jeder irgendwie kennen, für also... jeder
360 der damit regelmäßig arbeitet, sollte zumindest mal ein grobes Gefühl haben, aber ob da jetzt also
361 das „Max“, „Min“ finde ich auch gut, weil man... da tut man sich oft mal ein bisschen schwer, geht
362 das noch oder geht das nicht? Ist das realistisch oder ist es nicht realistisch?
363
364 A: Okay, dann die nächste Frage: „Reichen die eben genannten Auswahlmöglichkeiten aus oder
365 sollten die Möglichkeiten „oberes Quartil“ und „unteres Quartil“ hinzugefügt werden?“
366
367 BI: Manchmal ist es sicherlich nicht uninteressant, also könnte man noch hinzufügen, ist aber
368 nicht unbedingt notwendig... Ja macht denke ich schon Sinn, weil das meiste... die meisten

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

369 Gebäude... spielen sich ja irgendwo in diesem Mittelbereich ab. Es sind ein paar wenige die extrem
370 aufwendig sind, es sind ein paar wo es extrem gut geht, aber das meiste spielt sich eben in der
371 Mittel ab.

372

373 A: Okkey also wäre es auf jeden Fall schon sinnvoll. Gut dann die letzte Frage zur
374 Bewertungsmatrix: „Könnte die Bewertungsmatrix ein hilfreiches Tool für die Bewertung von
375 Beräumungsprojekten sein?“

376

377 B1: Ja, ich sehe sie vor allem als Plausibilitätskontrolle, so ein bisschen. Also das ist ja das was ich
378 vorhin gesagt hatte, ich habe einfach mal um ein grobes Gefühl zu bekommen. Manche Sachen...
379 muss man detailliert nochmal irgendwie überprüfen aber um ein grobes Gefühl zu bekommen,
380 einfach hier Gebäude XY was kommt den ungefähr raus... Weil ich sage mal den Ausbaugrad kann
381 man ja ein Stück weit berücksichtigen durch die einzelnen was habe ich an TGA was... vielleicht
382 sage ich auch, keine Ahnung, Bodenbeläge eher gering, dafür viel TGA, weil jetzt ich sage mal so
383 typisch irgendwie Betonboden mit einem hohen Ausbaugrad drinnen, habe ich vielleicht wenig am
384 Boden dafür viel TGA also das... um einen schnellen Überblick zu bekommen, finde ich es nicht
385 schlecht.

386

387 A: Also kann man schon sagen es ist gerade für einen groben Überblick und vor allem auch für
388 einen schnellen groben Überblick. Also... es ist ja wenig Eingabe ja für viel Ausgabe sage ich mal
389 (lachen).

390

391 B1: Genau (lachen)

392

393 A: Okey, ja sehr schön. Dann wären wir schon beim Abschluss, bei der Abschlussphase: „Gibt es von
394 Ihrer Seite noch Aspekte, die wir im Interview nicht angesprochen haben und die aber noch gerne
395 von Ihnen hinzufügen werden sollten, wollten oder ja?“

396

397 B1: Nein, ich würde jetzt sagen alles passt, also wie gesagt es ist an sich finde ich ein rundes,
398 rundes Tool... runde, runde Betrachtung. Ist jetzt nicht das ich sage oh Gott da fehlt ja... irgendein
399 Bereich fehlt... Also wie gesagt jetzt aus Sicht... ich sage mal der praktischen Anwendung. Wenn ich
400 die Teilnehmer gesehen habe bin ich ja auch der Einzige der so die rein Ausführende Seite
401 betrachtet der Rest ist ja denke ich mehr in der Planung tätig, von daher. Nein, also aus Praxissicht
402 ausreichend und rund.

403

404 C: Uns ging es bei der Entwicklung ja einfach darum ein Werkzeug zu schaffen das sowohl Mengen,
405 als auch Zeiten, als auch Kosten abschätzen kann und zwar ohne einen riesigen
406 Ermittlungsaufwand, sprich eine riesige Bestandsaufnahme durchzuführen ja, also wie du jetzt du
407 hast gesagt mein Gebäude hat 4.000 m² BRI und da willst du nicht durch jeden Raum durch gehen
408 und jedes Detail abchecken um das Projekt zu kalkulieren, weil da gibt es 10 andere und so weiter
409 und so fort und dieses Ding soll sowohl Abbruchunternehmen aber eben gerade auch Planern, die ja
410 noch weiter davon entfernt sind irgendwie sowas abschätzen zu können eine ~~erste~~ Hilfestellung
411 geben. Das da natürlich manche Kennwerte irgendwo ganz weit weg sind von der Realität... das ist
412 völlig denkbar ja. Aber man bekommt so eine Richtung, dafür ist das gedacht.

413

414 B1: Ja, das glaube ich schon. Wobei jetzt wen ich rein, also klar für eine grobe Abschätzung ist es
415 glaube ich auch für Planer nicht schlecht, aber letztendlich ist es ja gerade auch für Planer die
416 müssen das ja weitergehend untersuchen, weil... auf Auftraggeberseite wollen sie ja keine massiven
417 Nachträge, weil irgendwie irgendwas nicht passt, sei es jetzt Schadstoffe wie auch immer also
418 müssen sie es weitergehend untersuchen, bleibt ihnen ja gar nichts anderes übrig. Denke ich.

419

420 C: Aber es wird nicht so häufig so weit untersucht, weil es ja auch ganz häufig dein eins pauschal
421 gibt, oder?

Interview 1

Technische Universität Darmstadt

422

423 B1: Ja, habe ich ja jetzt nichts dagegen, das ist ja meine Chance.

424

425 C: Ja, aber nur sobald du den Auftrag hast.

426

427 B1: Ja wobei man auch sagen muss und das ist ja jetzt das Problem, aber das ist eher ein
428 praktisches Problem der Planer glaube ich... die schreiben da oft Pauschalen hin, hinterlegen aber
429 schon irgendwelche Massen... das dann da zwar steht unter anderem und dann aber eine
430 Auflistung was weiß ich so und so viel m² von dem und dem Bodenbelag, so und so viel
431 Deckenverkleidung, so und so viel Wandverkleidung, so und so viel Rohrisolierung was weiß denn
432 ich und das ist eben eher ein... ich sage mal ein Vorgehensproblem

433

434 C: Okey, okey.

435

436 A: Gut dann die abschließende Frage: „Haben Sie Fragen an mich?“

437

438 B1: Direkt nein, alle gut.

439

440 C: Dann hoffe ich das wir in unserer Evaluierung von dem was wir die ganze Zeit gemacht haben,
441 ein Stückchen weiter gekommen sind... ich versuche es nochmal zusammen zu fassen. Ich glaube
442 wir haben ein Modell entwickelt das die Beräumungsprozesse darstellt und realitätsnah abbildet,
443 wie weit ein Modell natürlich die Realität immer abbilden kann ja und haben mit der Matrix ein
444 Werkzeug geschaffen das für die Planung und ja vor allem für die Planung von
445 Beräumungsarbeiten hilfreich sein kann und dabei hauptsächlich unterstützend tätig sein kann.
446 Wenn die Praxisseite oder die Planerseite da einen Mehrwert sieht dann haben wir etwas
447 geschaffen, was irgendwie von Vorteil ist und das wäre ja schon mal ganz gut.

448

449 B1: Ist gelungen.

9.4 Transkription Interview 2

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

1

Transkription

2

3 A: Zu allererst, unser Interview umfasst drei Phasen wie Sie sicher schon dem Leitfaden entnommen
4 haben. Wir starten mit einem kleinen Einstieg mit drei/vier allgemeinen Fragen, gehen dann in die
5 Hauptphase sich gliedert in das Prozessmodell und die Bewertungsmatrix Beräumung und haben
6 dann noch eine kleine Abschlussphase. Dann würde ich direkt anfangen und einsteigen in die
7 Einstiegsphase: „Welche Position begleiten Sie in ihrem Unternehmen und wie lässt sich ihr
8 Aufgabengebiet beschreiben?“

9

10 B: Ja also, wir sind im Grunde genommen der Auftraggeber also ich gehöre ja zum
11 Standortmanagement, also wir nennen uns Flächenmanagement oder jetzt
12 Werksflächenmanagement seit neustem und wir sind Auftraggeber für alle Flächenbereitstellungen
13 und damit dann auch die Abbruchleistung die die Standortgebäude erst mal betreffen. Also wir
14 stellen alle Flächen bereit für alle Unternehmensbereiche, das sind diese 10 km², möglichst so
15 vorbereitet das die bauen können und wenn auf den Flächen Gebäudestandort stehen, dann
16 kümmern wir uns auch zentral darum das die beseitigt werden... Und was wir momentan machen,
17 wir sind gerade dabei das ist aber grundsätzlich entschieden aber das Geld ist noch nicht da, alle
18 Gebäude also auch die Industriegebäude zu übernehmen und zentral dem Abbruch zuzuführen. Das
19 heißt aber wir sind erst einmal nur der Auftraggeber legen also fest wie die Randbedingungen sind,
20 wie die Zeiten sind, wir besorgen das Geld, wir sorgen dafür, dass die richtigen Beteiligten am
21 Standort sind, aber die Durchführung selber macht dann eine Facheinheit.

22

23 A: Gut: „Wie viele Jahre Berufserfahrung weisen Sie im Bereich der Beräumung auf?“

24

25 B: Ja eigentlich machen wir das ja gar nicht, denn das macht ja dann immer Ausführende. Ich
26 hatte allerdings, ich war davor bei General Motors für den Abbruch zuständig und da gehörte das
27 natürlich mit zu dem Paket dazu, sodass wir insgesamt mit dem Thema Abbruch vor knapp 18
28 Jahre angefangen hatten. Aber das wir selbst als Standort nehmen immer nur Gebäude die
29 ausgebudet und beräumt sind entgegen.

30

31 A: Okey und sagen wir jetzt mal im Bereich Planung für Beräumung wie lange sind Sie da schon
32 tätig?

33

34 B: Ja wie gesagt, jetzt nehmen wir nur noch beräumte Gebäude an, also es muss, das ist jetzt
35 allerdings die Funktionalität der Chemie, ein Gebäude damit es überhaupt abgebrochen werden
36 kann muss ja in einem sicheren Zustand sein und dazu haben wir festgelegt es darf nicht mehr an
37 irgendwelchen Infrastrukturnetzen hängen und es darf auch nichts mehr im Gebäude sein von dem
38 einen Gefahr ausgeht und grundsätzlich haben wir gesagt alles was so an Inventar drinnen ist
39 muss derjenige der das betrieben hat noch ausräumen bevor wir es überhaupt nehmen.

40

41 C: Aber als Frage: Trennwände oder Fußböden oder ähnliches ist alles noch drinnen oder?

42

43 B: Das ist natürlich noch alles drin, also nur so das eigentliche der Schott, Anlagenteile und sowas
44 sollen nach Möglichkeit ausgeräumt werden. Es ist natürlich immer wieder so das ist oft nicht zu
45 trennen vom Abbruch und die Schnittstelle ist ja auch nicht klar. Deswegen wird immer ein
46 gewisser Anteil für die vorbereitenden Arbeiten und dazu gehört das Räumen auch das Ausbinden
47 bereitgestellt. Das hängt immer sehr stark von dem jeweiligen Gebäudetyp ab, also in der
48 Werkstatt ist das meistens relativ hoch, weil man da einfach alles drin lässt und natürlich in einem
49 Unternehmensbereich da ist alles ausgeräumt und besenrein.

50

51 C: Aber Bodenbeläge zum Beispiel sind ja noch drin.

1

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

- 52
53 B: Ja, es sei denn von den Bodenbelägen geht irgendeine Gefahr aus. Asbest, also Gebäudegefahren
54 sind drin, wenn da allerdings irgendwelche Chemikalien verarbeitet worden sind oder sowas,
55 werden die vom Unternehmensbereich beseitigt, weil nur die wissen wie man eben mit diesen
56 Gefahren umgeht. Das Ziel soll sein das am Markt nachher jede Firma das machen kann, auch
57 wenn an die Firmen besondere Anforderungen gestellt werden.
58
59 C: Okey, ich habe es verstanden.
60
61 A: Ja, bei mir kam es auch an. Also kommen Sie quasi schon immer mal mit Beräumung in
62 Kontakt, aber nicht direkt, sondern eher so nachgelagert, dass man so sagt Trennwände, Böden
63 sowas.
64
65 B: Genau das sind so einmal diese typischen Nachtragspositionen, weil das ist ja so ein Gebiet was
66 extrem schwer kalkulierbar ist und zum andern sind immer wieder diese Diskussionen, wenn dort
67 eben was anderes angetroffen wird als angedacht und Gebäude werden ja relativ gut analysiert
68 aber gerade bei dem Thema was noch alles da drin steht da kann ja alles sein, vor allem wenn die
69 schon länger leer stehen.
70
71 A: Ja. Gut, dann starten wir schon mit der letzten Frage in der Einstiegsphase: „Welche Bedeutung
72 haben Beräumungsarbeiten aus Ihrer Sicht bei Abbrucharbeiten?“
73
74 B: Also wir sehen das eben als vorbereitende Maßnahme an und damit das das im Grunde
75 genommen wichtig damit man überhaupt anfangen kann zu arbeiten. Also wir sagen das ist im
76 Grunde eine Position die extrem abhängig ist von besonderen Bedingungen vor Ort und
77 dementsprechend ist das eine Leistung die jetzt nicht Standard ist.
78
79 C: Legt ihr da in der Vorbereitung sozusagen auch ein gewisses Augenmerk drauf? Ein besonderes
80 sozusagen?
81
82 B: Muss ich passen, weil das die Fachstelle macht, also wir haben ja eine eigene Abbrucheinheit, in
83 der Meister sitzen die nachher auch die Ausschreibung und die Bauleitung machen. Also der Weg ist
84 der Standort beauftragt den Abbruch, also den Baubetrieb die Abbruchleistung durchzuführen und
85 die gehen dann an den Markt.
86
87 C: Okey, aber die Gesamtunternehmung mit den 4 Buchstaben achtet da schon sehr drauf
88 sozusagen?
89
90 B: Ja klar müssen wir ja denn nachher auch bei der Entsorgung muss man das ja sortenrein
91 sortiert haben, also das ist ja auch ein Punkt dadurch das wir eine eigene Deponie haben, müssen
92 wir ja die Bedingungen der Deponieverordnung einhalten und da wird genau darauf geachtet, dass
93 das eben sortenrein sortiert wird. Ist am Ende auch ein Kostenfaktor, also...
94
95 C: Uns geht es ja natürlich darum, natürlich hast du deine Stellung im Unternehmen und so weiter
96 und so fort, wir überlegen ja generell die Entrümpelung/Entkernung/ Schadstoffsanierung und so
97 weiter und so fort und frage dich sozusagen als Abbruchexperten übergeordnet zu deiner reinen
98 Tätigkeit
99
100 B: Genau, aber im Grunde genommen passt das wunderbar rein, denn gerade dieses Themengebiet
101 hat ein deutlich höheres Risiko, sowohl von der Zeit als auch von den Kosten als der eigentliche
102 Abbruch. Ja deswegen macht es ja Sinn dort deutlich mehr Hirnschmalz rein zu stecken denn das
103 läuft momentan oft so mit also das wird eben vom alten Betreiber noch ausgeräumt und die
104 räumen meist alles das weg womit man noch Geld verdienen kann also Schrott und solche Sachen,

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

105 die werden gerne ausgebaut, uns so dieser ganze andere Krämpel wie Dämmstoffe und
106 Fußbodenbeläge und alles das, wo keiner so richtig weiß was da drinnen ist das sind ja so die
107 Sachen die dann gerne stehen gelassen werden, oder auch Möbel und sowas. Im
108 Unternehmensbereich da muss man das ja schon relativ sortenrein machen, sonst wird es ja gar
109 nicht erst angenommen. Deswegen und wenn die Dämmung quer durch die Firma fliegt, dann
110 haben wir ja ein ganz anderes Problem, weil da ja dann sofort der Arbeitsschutz auf der Matte
111 steht.

112
113 A: Super, dann würde ich sagen gehen wir direkt in die Hauptphase über und dazu würde ich jetzt
114 auch einmal das Prozessmodell freigeben. Dann direkt die erste Frage: „Wie empfinden Sie die
115 Übersichtlichkeit des Prozessmodells?“

116
117 B: Also für den eigentlichen Prozess ist es übersichtlich, ich persönlich hätte mir gerne... das sind
118 jetzt vielleicht persönliche Dinge, die Einbindung in den Gesamtprozess gewünscht. Also im Grunde
119 genommen ist das ja ein Teil oder vielleicht auch ein vorbereitender Prozess der nachher in den
120 Gesamtprozess geht und meine Empfehlung wäre, also die Entrümpelung hat ja nachher starke
121 Auswirkungen auch auf das weiter Vorgehen, also im Grunde genommen, wenn hier... 100%
122 bereinigt werden, spare ich mir ja nachher ganz viel Zeit und Risiko im eigentlichen
123 Abbruchprozess oder kann möglicherweise sogar ein anderes Verfahren wählen und wenn ich eben
124 im Grunde genommen sehr viel drinnen lasse, dann habe ich ja im Grunde genommen deutlich
125 mehr Risiko im eigentlichen Abbruchprozess nachher. Deswegen das hätte ich mir noch gewünscht
126 das das jetzt nicht als eigener Prozess gesehen wird, sondern dass wir irgendwo so in einer, das ist
127 eben ein vorgelagerter Prozess der aber eigentlich in das Gesamtbild mit reingehört.

128
129 A: Also das ist ja auch ein Teil meiner Arbeit dann auch das wieder in den Gesamtkontext
130 einzubinden, aber hier ging es wirklich rein darum zu sagen, wie wird der reine
131 Beräumungsprozess dargestellt.

132
133 B: Ja, also wie gesagt, da sind wir jetzt vielleicht wieder in der Chemie etwas anders, weil wir eben
134 sagen das Gebäude muss damit es überhaupt übernommen wird schon technisch auch getrennt
135 sein, also da ist dann nichts mehr richtig drinnen und das hat natürlich starke Auswirkungen auch
136 auf diese vorbereitenden Tätigkeiten, weil das ja, also in einem reinen Bürogebäude ist das relativ
137 einfach, da kann man alles ausbauen was da ist und dann steht am Ende die nackte
138 Baukonstruktion da im Extremfall. Das geht, wenn da irgendwelche Anlagen drin sind die fest
139 verbaut sind nicht, aber vom Prinzip ist es das gleiche. Ich gehe einfach Themengebiet für
140 Themengebiet durch und sehe zu das es eben komplett erfasst ist und das ist eben hier auch schön
141 dargestellt. Wobei ich diese Abfolge, also ich weiß jetzt nicht ob das als Zeitabfolge oder einfach nur
142 als Punkteabfolge gedacht ist, also erst Technik und dann Decke und dann Wand nicht wirklich
143 nachvollziehen kann, weil das ja auch, also die Technik steckt ja oft in der Wand oder Decke mit
144 drin.

145
146 A: Ja das ist auch das was im ersten Interview schon bisschen durchkam, dass man gesagt hat,
147 diese zwingende Reihenfolge ist so gar nicht zu machen und dass es eine Überlegung wäre das wie
148 in den Unterprozessen zu machen. Dort haben wir ja einen großen Kasten über Abfälle trennen,
149 transportieren usw., weil da eben auch keine klare Reihenfolge zu machen ist, und dann zu sagen
150 man macht nochmal einen großen Kasten um die Entkernung, um die drei Punkte Entkernung, und
151 da dann eben zu sagen da ist die Reihenfolge, die kann sich so oder so ergeben oder kann auch man
152 sagt jetzt zum Beispiel die Decke wird erst gemacht dann geht man aber nochmal zurück zu den
153 technischen Ausrüstungen.

154
155 B: Ja also eine Erfahrung die ich gemacht habe ist das finde Unternehmer oft also gerade den
156 Transport über die vorhandene Logistik mit abgewickelt haben, also wenn da noch ein Aufzug war,
157 dann haben die jetzt nur den Aufzug ausgebaut und haben alles durch den Schacht rausgefeuert

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

158 oder... haben eben Treppenhäuser unfunktioniert oder da Rutschen eingebaut und im Grunde
159 dann den gesamten Transport von allen Materialien so abgewickelt. Also die haben im Grunde eben
160 versucht möglichst von viel der vorhandenen Infrastruktur so lange zu nutzen wie es ihnen eben
161 einen Vorteil gebracht hatte. Die Frage ist, ob das überhaupt ein zeitlicher Ablauf sein muss.
162 Sondern, also ihr könnt ja auch sagen ihr betrachtet nur diese einzelnen Elemente nacheinander
163 und zieht dann am Ende das Ergebnis raus. Es muss ja jetzt nicht so sein, dass man eins nach dem
164 anderen macht, weil das hängt ja sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Also das einfach
165 die Zeitkomponente hier rausgenommen wird oder das die in einen separaten Ablauf reingestellt
166 wird.

167
168 A: Okey, dann ein Punkt den wir uns noch überlagt hatten zum Punkt der Übersichtlichkeit wäre,
169 ich habe unten ja diese Unterprozesse die jetzt mit Stichen zu den Hauptprozessen verbunden sind
170 und wäre es dort sinniger zu sagen man macht es mit einer geschweiften Klammer um es noch
171 einmal schöner darzustellen und es besser zu verstehen das es oben dazu gehört oder ist es so
172 vollkommen verständlich?

173
174 B:... Also ich fand es nachvollziehbar, mich hat es nicht gestört ich bin allerdings nicht der
175 Prozessexperte, das macht dann jemand anders, aber es war für mich war es nachvollziehbar.

176
177 A: Okey also das ist ja die Hauptsache worum es uns ging. Und dann nochmal zur Übersichtlichkeit
178 wir haben ja jetzt nur Deckenbauteile und nichts mit Bodenbauteilen, weil die Bodenbauteile ja ein
179 Stück weit in den Deckenbauteilen mit drinstecken. War das auch zu erkennen oder sollte man da
180 auch lieber nochmal schreiben Entkernung Decken- und Bodenbauteile.

181
182 B: Also ich tue mich mit den drei Punkten etwas schwer, weil ein Gebäude, also das passt 100% für
183 ein Bürogebäude, mit Sicherheit auch für Wohnungen usw. Bei Industriegebäuden tue ich mich
184 schwer, weil das ja viel mehr Teile hat wie Decken, Wände und TGA.

185
186 A: Was würde Ihnen da noch fehlen jetzt im Speziellen?

187
188 B: Im Grunde genommen sind es da ja oft so Teile also entweder ich habe dort ja nicht unbedingt
189 ein gesamtes Gebäude, sondern oft ja Mischnutzungen die irgendwo mit abdecken muss und eine
190 Decke mit dem Boden zusammen zu ziehen ist eben auch immer so eine Frage ob es eben als ein
191 Bauteil genommen werden kann, wenn ich jetzt nur, was heißt nur, also wenn ich vorbereitend erst
192 einmal alles rausnehme. Also ich könnte ja auch die Entrümpelung... als eigenständigen Prozess
193 nehmen ohne, dass ich einen Abbruch dabei habe und dann räume ich das Gebäude praktisch
194 komplett auf und aus und baue es dann wieder komplett auf und dann hat die Decke mit dem
195 Fußboden gar nichts mehr zu tun. Und die Wand besteht ja nicht nur aus Wand sondern oft auch
196 aus Stütze oder aus vorgehängten Fassaden oder aus irgendwelchen Trennelementen die einfach
197 nur benötigt werden um Arbeitsprozesse voneinander zu trennen.

198
199 A: Aber jetzt gerade so Sachen wie Stützen ist ja dann eher was vom Abbruch also das wird ja
200 denke ich nicht in der Beräumung mit durchgeführt, sondern eigentlich ja dann beim Abbruch.

201
202 B: Ja aber das sind ja ganz andere Aufgaben, wenn ich jetzt eine Wand, wenn ich jetzt die
203 Vorsatzschale einer Wand rausnehme oder ob ich jetzt an den Stützen anfangen irgendwelche Dinge
204 zu machen. Da kommen ja ganz andere Werte zusammen.

205
206 A: Ja. Also Sie finde es ist für Wohngebäude und auch Bürogebäude da wäre das Prozessmodell
207 schon so gut und für Industriegebäude müsste man da wirklich noch mehr ins Detail gehen.

208
209 B: Würde ich noch mehr ins Detail gehen, weil ja der Aufwand ein völlig anderer ist. Das gleiche,
210 ich hätte jetzt das Thema Dach, das ich ja immer ein großes Thema, mit in die

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

211 Entrümpelungsphase gepackt. Also den Dachbelag runter zu nehmen ist ja, also in fast jedem
212 Dachbelag ist ja irgendetwas drinnen, so das die ja immer schon komplett abgeräumt werden bevor
213 jemand das angeht. Das würde ich mich jetzt schwer tun in dem Teil Boden und Decken mit zu
214 haben wenn Ihr jetzt aber Geschosse alleine seht, dann gehört das da nicht mit rein das sehe ich
215 ein. Aber die Frage ist eben, wo ist ja jetzt das Treppenhaus zu Beispiel?

216
217 C: In dem Fall wird das Treppenhaus, weil es ein konstruktives Bauteil ist sozusagen erst später im
218 Zuge des Abbruchs abgebrochen und deshalb nicht im Prozessmodell Beräumung enthalten.

219
220 B: So dann würde ich aber empfehlen, dass Ihr euch nochmal Gedanken macht, wie der zeitliche
221 Ablauf dargestellt werden kann. Als zweiten Modellprozess weil das ja nachher auch in dem Tool
222 mit eine Rolle spielt.

223
224 A: Ja, also wären wir auch schon bei der nächsten Frage ob zeitliche Aspekte mitberücksichtigt
225 werden sollen. Da sagen Sie im Modell an sich nicht aber auf jeden Fall extra sich noch einmal
226 Gedanken darüber machen.

227
228 B: Also es wäre toll, wenn es im Modell mit drinnen ist, ich sehe nur durchaus ein, dass das
229 schwierig mit der Realität zu verbinden ist. Oder ihr beschreibt die Variablen mit das geht natürlich
230 auch, dass ihr sagt ihr geht von einem gewissen Modell aus, also was weiß ich, die vorbereitenden
231 Arbeiten werden von einer eigenständigen Firma betreut oder eigenständig abgewickelt und erst
232 danach kommt der Nachfolgeprozess und alles andere sind Optimierungen die hier nicht mit
233 dargestellt werden, geht ja auch.

234
235 C: Ja, das wäre wahrscheinlich das sinnvollste, weil wie gesagt in einem Modell jede Eventualität
236 abzudecken und zu beschreiben, wird einfach schwierig.

237
238 B: Ja, aber genau da steckt ja nachher das Wissen der Leute die damit täglich arbeiten... Und bei
239 uns kommt eben immer dazu wir sind eben mitten im Bestand das heißt die Möglichkeiten
240 sortenrein vor Ort das alles schön aufzubauen sind überhaupt nicht vorhanden, also die Gebäude
241 stehen ja mitten drin und ich kann ja jetzt rundherum nicht alles sperren nur um das sortenrein
242 zuzuordnen ich muss das ja sofort irgendwohin transportieren. Das ist so das nächste Problem das
243 kommt aber glaube ich nachher noch.

244
245 A: Ja aber ich würde sagen sonst haben wir zum Prozessmodell wirklich alles schon besprochen und
246 würde dann zur Bewertungsmatrix Beräumung übergehen.

247
248 B: Ich habe mir hier einmal noch aufgeschrieben, da weiß ich nicht mehr ganz genau ob es noch
249 kommt. Ihr habt es ja nach der DIN 276 aufgeteilt, ob das vielleicht einfach nur als Hinweis, ich
250 hätte es nach den Abfallschlüsseln sortiert, aber da gibt es mit Sicherheit eine gute Begründung
251 warum das ist.

252
253 C: Ja, es ging von unserer Seite aus einfach darum, dass der Abfallschlüssel spricht ja nicht über,
254 mir ging es darum die Bauteile darzustellen und ich breche ja, ich steche ja vor einer Wand und
255 muss mich darum kümmern die Wand abzubrechen und ich stehe ja nicht vor einem
256 Gipskartonstück sozusagen und habe dann also Gipskarton an der Wand und Gipskarton an der
257 Decke wäre der gleich Abfallschlüssel aber es ja ein andere Prozess den ich durchführen muss
258 alleine die Tatsache für das eine brauche ich ein Gerüst für das andere nicht und so weiter und so
259 fort, sodass wir uns deshalb dafür entschieden haben die Bauteile sozusagen als Prozess zu
260 definieren.

261
262 B: Dann sind wir ja wieder bei der Diskussion von eben ob die Anzahl der Bauteile eben ausreicht.
263 Wenn es jetzt Wohnungsbau, Geschosswohnungsbau ist es wahrscheinlich richtig so, wenn ich es

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

264 allgemein gültig mache, könnte es ein bisschen wenig sein. Ist alles gut, es ist ja eure Entscheidung,
265 ich kann es ja nur feststellen, also ich hätte, also ich kenn es so dass man am Ende eine riesige
266 Auflistung an verschiedenen Stoffklassifikationen bekommt, weil die ja nachher so entsorgt werden.
267 Also das ist ja immer der Punkt der Aufwand das auszubauen und zu sortieren ist der eine und das
268 ganze nachher weg zu beseitigen ist der andere. Und das ist ja hier auch schön dargestellt in dem
269 Prozessabschnitt „Abfälle trennen“ „Schadstoffsanierung“ und „Transportieren“ und „Zerkleinern“.
270 Das ist okay, kann man so machen. Dann noch eine Frage, dass hatte ich jetzt nicht gefunden, aber
271 das ist wahrscheinlich im Langtext beschrieben. Ich habe hier jetzt nichts über die Risiken gefunden,
272 also wir haben ja im Grunde genommen hier bei den verschiedenen Tätigkeiten so TGA hat
273 sicherlich ein anderes Risiko als das Thema jetzt Decken oder Wandausbau.

274
275 C: Ja das stimmt, wohin zielt die Frage ab?

276
277 B: Am Ende wieder immer in dem gleichen Thema, Kosten, Zeiten und Qualitäten. Also wenn ich
278 natürlich weiß das ich eine deutlich größere Spanne haben wenn ich TGA ausbaue auf den Prozess,
279 dann kann ich das natürlich auch darstellen.

280
281 C: Wir haben das indirekt abgedeckt dadurch, dass wir beispielsweise bei den Aufwandswerten
282 Spannen haben und die Spannen eben auch sich sehr, also gewissen Schwankungen unterliegen,
283 aber du hast natürlich recht, dass es verschiedene Risiken bei verschiedenen Prozessen gibt und im
284 Moment gibt es dafür keine Bewertungsmöglichkeit sozusagen. Das stimmt, dass übergebe ich dann
285 einem gegebenenfalls kommenden Nachfolger von mir.

286
287 B: Ja oder ihr beschreibt das.

288
289 A: Ja, aber grafisch darzustellen, sehe ich auch irgendwie nicht so die Möglichkeit wie man das
290 sinnvollerweise irgendwie mit reinpackt. Also textlich kann man das sicherlich mitbeschreiben, aber
291 grafisch würde mir da auch die Idee fehlen wie man Risiken mit abbildet.

292
293 B: Genau, aber so kann man das ja lösen, wenn man das einfach im Text beschreibt, dass man es
294 mit betrachtet hat. Also ihr könnt da maximal die Spanne angeben in der man sich bewegt. Gut
295 das gleiche wäre auch noch, also ich nehme an das ist im Langtext drin, ist das gesamte
296 Sicherheitsthema, also der Arbeitsschutz spielt ja bei der, bei den vorbereitenden Tätigkeiten im,
297 also gerade bei der Entrümpelung oft einen großen Anteil, also einmal der Umweltschutz und
298 einmal der Arbeitsschutz. Muss eben nur beschrieben sein. Wir haben immer die Grunddiskussion
299 eigentlich fast jeden Tag, wie wird etwas in einen sicheren Zustand gebracht.

300
301 C: Sowohl ausgeführt im sicheren Zustand als auch dann den sicheren Endzustand sozusagen.

302
303 B: Und da spielt ja das Thema, also gerade bei diesen ganzen Entrümpelungssachen, da sind ja oft
304 wilde Flotten mit relativ geringem Bildungsniveau und da spielt ja immer eine Rolle die können ja
305 nicht mehr wie so in meiner Studienzeit alles zusammenhauen und dann auch einen großen
306 Haufen werfen, sondern die müssen das ja schon ordentlich voneinander trennen und müssen ja
307 dabei vor allem diese ganzen Risiken einhalten und das ist ja gerade beim Entrümpeln also wenn
308 ich irgendwelche Sachen habe bei denen ich gar nicht mehr weiß wie die verarbeitet wurden nicht
309 so ganz trivial. Also jetzt gerade diese ganzen Dämmungen diese ganzen Geschichten das ist ja
310 nicht mehr so ganz einfach. Dann habe ich noch den Punkt mit den Vorarbeiten, also im Grunde
311 genommen was für einen Aufwand besteht um im Grunde genommen das hier zuzuordnen. Also ich
312 nehme an das wird also üblicherweise ist das ja eigentlich immer so die Ausschreibungsphase wo
313 davor schon einmal jemand sich Gedanken macht welche Stoffe sind verarbeitet worden und wie
314 das überhaupt gefasst wird. Und dann letzter Punkt den ich hier aufgeschrieben hatte aber das
315 hatten wir vorher schon einmal, das ist die Eingrenzung der Gebäudetypen die ihr betrachtet.

316

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

- 317 A: Gut dann würde ich hier jetzt erst einmal das Prozessmodell schließen und dann zur
318 Bewertungsmatrix Beräumung übergehen. Gut, dann auch hier wieder die erste Frage: „Wie
319 empfinden Sie die Übersichtlichkeit und den Aufbau der Matrix?“
320
- 321 B: Die gefällt mir sehr gut, vor allem habe ich hier einen sehr hohen Wiedererkennungseffekt
322 gehabt. Die Idee mit der Übergabe, also ich gebe irgendwo zentral ein, und bekomme irgendwo
323 zentral die Dinge ausgegeben, also wenigstens die wichtigsten KPI's, die kenne ich noch und dass
324 ich die ganzen Spezialgebiete eben auf separaten Seiten haben, dass finde ich absolut okay, das ist
325 eben Excel-bedingt. Das könnte man sicherlich auch miteinander vernetzen aber ich finde also die
326 Ingenieure müssten mir Excel klarkommen und deswegen ist das völlig okay. Wobei ein IT-Mensch
327 das 100% mit einer Verlinkung machen könnte.
328
- 329 A: Okay, dann sind wir stehen geblieben Übersichtlichkeit soweit sehr schön, guter
330 Wiedererkennungswert und... ja. Dann würde ich zur nächsten Frage übergehen: „Sind alle
331 Abkürzungen und Begriffe verständlich bzw. bekannt?“
332
- 333 B: Mir ist jetzt nichts aufgefallen dazu.
334
- 335 A: Okay, das ist ja sehr schön. Dann: „Ist die Anleitung, die ich mitgeschickt hatte, ist die für die
336 Anwendung der Beräumungsmatrix notwendig und wenn ja, was sollte diese zusätzlich noch
337 enthalten?“
338
- 339 B: Das ist jetzt unfair, weil ich mich ja jahrelang damit auseinandergesetzt habe (lachen) und auch
340 die Zwischenschritte kenne, also ich habe sie nicht benötigt, aber ich weiß jetzt nicht ob ich da der
341 richtige Ansprechpartner dafür bin.
342
- 343 A: Okay, gut aber wenn Sie sagen es war auf jeden Fall, wenn man sich bisschen damit beschäftigt
344 direkt erkenntlich, dann ist es ja auch schon mal.
345
- 346 C: (Erklärt die Matrix, anhand eines Beispiels)
347
- 348 B: Das ist für mich absolut nachvollziehbar. Also ich finde das auch gut das ihr das geteilt habt in
349 die eigentliche Tätigkeit und den Entsorgungsteil, weil das könnte man ja auch splitten.
350
- 351 C: (Erklärt die Zeitausgabe der Matrix nochmal genau und gibt das Wort zurück an mich)
352
- 353 A: Das was mir jetzt direkt einfällt was ich noch fragen könnte ist, wir hatten ja eben schon einmal
354 ein bisschen mit dem „Mittel“, „Min“, „Max“ gespielt, würde ihnen da noch die
355 Auswahlmöglichkeiten zwischen „oberes Quartil“ und „unteres Quartil“ fehlen oder sagen Sie die
356 Auswahlmöglichkeit ist schon zu groß oder?“
357
- 358 B: Nein, also ich finde eigentlich die Spanne entscheidend und das muss dann wieder der Anwender
359 selbst entscheiden wo er sich in der Spanne befindet. Deswegen, also mir würde das völlig reichen
360 denn wir sind ja hier auch mit dem Ansatz in der Kalkulationsphase wo ja auch eine gewisse
361 Unschärfe akzeptiert wird. Also ich denke es ist eher übertrieben da noch mehr... noch mehr
362 Auswahlmöglichkeiten einzubauen. Die Frage ist ja was braucht denn der Nutzer und der Nutzer
363 will ja relativ schnell zu einem Ergebnis kommen und dadurch das er ja so viele verschiedene
364 Elemente einbaut gleicht er ja irgendwo die Unschärfen aus. Also ich finde es ausreichend. Also ich
365 hatte ja damals auch immer ewig überlegt wie viel Genauigkeit bringt man dort mit rein und also
366 ich mache es heutzutage immer über das Risiko, also das ich am Ende eine Risikoabschätzung
367 mache wie groß das jeweilige Argument kommt und das ist ja hier abgebildet in dem man sich hier
368 ja im Grunde zwischen dem Minimum und dem Maximum entscheiden kann. Aber für mich ist

Interview 2

Technische Universität Darmstadt

369 immer so die Hauptfrage in welcher Spanne bewegen wir uns eigentlich. Das ist ja immer so das
370 Wissen der Firmen was wir ja nicht haben oder zu großen Teil nicht haben, deswegen ist es ja schön
371 so eine Spanne zu haben in der man sich bewegt, also das habe ich auch bei unseren anderen
372 Kalkulationsansätzen gewählt das wir für bestimmte Punkte einfach den Min- und den Max-Wert
373 gesetzt haben und uns dazwischen dann entscheiden müssen.

374

375 A: Gut also würden Sie ja schon sagen, dass die Bewertungsmatrix ein hilfreiches Tool für die
376 Bewertung von Beräumungsarbeiten ist?

377

378 B: Ja das kann ich ja nicht in Frage stellen (lachen) darüber habe ich ja auch selbst promoviert. Ich
379 finde um ein schnelles Ergebnis zu bekommen, ist so ein festgelegtes Tool genau das richtige also
380 vor allem wenn man sich darin auskennt und weiß wo man was ansetzen muss kommt man ja sehr
381 schnell zu einem Ergebnis und die Kunst ist ja im Grunde genommen dieses theoretische Tool
382 nachher mit der Praxis zusammen zu verbinden. Und das werden wir elektronisch meiner Meinung
383 nach auch nicht abbilden können, aber ich habe hier jedenfalls schon mal einen sehr guten Wert
384 und wenn ich dann so eine Art regelmäßiges Update habe, das ist ein Thema an dem ich momentan
385 arbeite. Wie kommen wir denn zu einem regelmäßigen Update dieser Werte, dann habe ich im
386 Grunde genommen eine riesige Datenbasis die jetzt meine speziellen Bedingungen berücksichtigen
387 oder die auch allgemein gültig machen. Am Ende muss ja der Nutzer hingehen und muss ja seine
388 spezifischen Dinge hiermit überprüfen. Also wenn er irgendein Spezialwerkzeug hat, mit dem er im
389 Grunde genommen arbeiten kann dann muss er ja überlegen ist das Spezialwerkzeug das richtige
390 hierfür, dann muss er den Wert sowieso ändern, oder geht da möglicherweise mit der Leistung an
391 den Markt und ist dann irgendwo in der Range die hier ja abgebildet ist. Und er kann ja diese
392 Werte mit jeder Maßnahme die er durchführt anpassen, das ist ja eigentlich so das was die
393 Kalkulatoren immer machen, dass die ihre Werte im Grunde genommen ständig weiter pflegen und
394 dann überlegen müssen gibt es irgendwelche Erschwernisse oder Vereinfachungen die gewählt
395 werden können. Da sind wir ja wieder bei dem Thema vorhin mit dem Zeitablauf. Die Cleverness
396 des Kalkulators liegt ja darin, dass er immer einen Weg findet etwas einfacher zu machen, als es
397 alle anderen vorhaben und das kann ich hier natürlich nicht abbilden das muss er irgendwo anders
398 mit fassen.

399

400 A: Gut, dann würde ich sagen, wenn Sie nichts mehr hinzuzufügen hätten zur Matrix würde ich sie
401 auch wieder schließen und das Thema abschließen. Dann wären wir auch schon bei dem Abschluss:
402 „Gibt es von Ihrer Seite noch Aspekte, die wir im Interview nicht angesprochen haben, die Sie aber
403 gerne noch hinzufügen möchten?“

404

405 B: Also ich blättere gerade noch einmal durch, aber dadurch, dass Sie sich darauf eingelassen
406 haben Zwischenfragen zuzulassen, haben wir denke ich alle Fragen beantwortet. Die Detailfragen
407 hatten wir alle und das Thema ob das wirklich ein Zeitablauf sein muss hatten wir auch, dass
408 müsst ihr einfach in Ruhe noch einmal überlegen ob ihr das wollt und was ihr wollt. Das wäre so
409 das Hauptthema für die Prozessbeschreibung und dann eben das Thema, aber das ist
410 wahrscheinlich im Langtext dann ausgiebig, wer ist der Kunde und was ist das Ziel, weil da bin ich
411 mir sicher da hat natürlich der... Kollege von Krebs + Kiefer ein völlig anderes Ziel als ich. Aber
412 hier bei Schleith, ein Bauleiter hat natürlich ein völlig anderes Ziel und der ist im Grunde
413 genommen daran verzweifelt, dass wir allgemein gültige Annahmen getroffen hatten, die mit seinen
414 Werten nicht unbedingt zusammenpassten. Und da braucht ihr eben so eine Antwort, wie ihr so die
415 Logik da oder dieser Kreis geschlossen wird.

416

417 A: Bei mir wäre dann nur noch die letzte Frage ob Sie speziell Fragen an mich hätten?

418

419 B: Nein, für mich ist es soweit klar.

420

9.5 Transkription Interview 3

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

Transkription

1

2 A: Dann auch von meiner Seite herzlich willkommen. Wie du wahrscheinlich schon gesehen
3 hast ist der Fragebogen in drei Teile aufgeteilt: Einstieg, Hauptphase und Abschluss. Dann
4 würde ich sagen steigen wir direkt ein mit der Einstiegsphase, das sind so allgemeine
5 Fragen: „Welche Position begleitest du in deinem Unternehmen und wie lässt sich dein
6 Aufgabengebiet beschreiben?“

7

8 B3: Ja, das ist die Position des Geschäftsführers und das Aufgabenspektrum ist bezogen auf
9 den Projektstart bei der Akquise beginnend über die Mitarbeiterführung, die Organisation,
10 die übergeordnete Organisation bis hin zur Qualitätssicherung und natürlich dann auch
11 im geschäftsführenden Bereich verantwortend dann auch die kaufmännischen Ergebnisse.

12

13 A: Ja, dann: „Wie viel Berufserfahrung weist du im Bereich Beräumung auf?“ Ist da
14 überhaupt was vorhanden sage ich einmal.

15

16 B3: Ja, Beräumung wenn man jetzt über alle Teile geht habe ich sowohl im Hochbau in
17 Frankfurt schon mitgemacht allerdings auch in vielen Teilen vor allen Dingen dann
18 Abbrüche und in übergeordneter Form eben gerade auch bei amerikanischen
19 Liegenschaften wo das Thema Beräumung ein großes Thema gewesen ist.

20

21 A: Ja und würdest du sagen du kommst auch noch im heutigen Aufgabenbereich damit in
22 Kontakt oder eher weniger?

23

24 B3: Ja jetzt komme ich natürlich weniger damit in direkten Kontakt.

25

26 A: Ja, okay und „Welche Bedeutung haben Beräumungsarbeiten für dich im Kontext der
27 Abbrucharbeiten?“

28

29 B3: Ja wie gesagt also die Beräumungsarbeiten sind in unserer Größenordnung eben eher
30 die untergeordneten Aufgabenstellungen, da geht es dann eher um die tatsächlichen
31 Abbrucharbeiten, aber ich bin der festen Überzeugung, dass es vor allem in der Zukunft
32 deutlich zunehmen wird, weil wir jetzt in die Jahre kommen, wo 70er-jahre Bauten
33 sicherlich nicht mehr Up-to-Date sind, an ihre Endgrenze der Nutzung kommen und im
34 Innenstadtbereich nicht immer nur Abbruch/Neubau das die Lösung sein wird, sondern ich
35 denke das wir immer mehr mit diesem Kontext zu tun bekommen.

36

37 A: Okay gut, dann sind wir auch schon in die Hauptphase und gehen hier einmal auf das
38 Prozessmodell und das würde ich auch gerade einmal freigeben, sodass wir es zusammen
39 sehen können. Dann hier: „Wie Empfinden Sie die Übersichtlichkeit des Prozessmodells?“

40

41 B3: Das Prozessmodell ist erst einmal sehr übersichtlich und von der Struktur einfach
42 aufzunehmen.

43

44 A: Okay und wie hast du es jetzt nachvollzogen? Einfach in eigenen Worten beschrieben.

45

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

46 B3: Also die einzelnen Schritte sind aufeinander aufgebaut, das ist für mich klar. Ein
47 bisschen die Frage ist ob man dieses was hier jetzt hintereinander geschaltet ist tatsächlich
48 in der Realität so wirklich immer hintereinander erfolgt oder ob man die Art da ab und zu
49 da voneinander abweicht aber klar ist ein Modell, muss irgendwie abstrakter sein als die
50 Realität. Auf der anderen Seite muss man wissen das die Realität sich nicht nur an
51 abstrakten Modellen orientiert, also von den Grundprozessen her und dann innerhalb der
52 Prozesse hat man eine Gliederung gewählt die ist ein bisschen gewerkeorientiert ist so
53 würde ich das jetzt mal nennen, insbesondere bei der technischen Ausstattung, da ist das
54 sehr detailliert, in den anderen Bereichen ist es ein bisschen übergeordneter. Also man
55 könnte durchaus bei Deckenbauteilen auch noch viel kleinteiliger an die Sache ran gehen
56 aber ja. Es wirkt ein bisschen so als ob der Schwerpunkt auf der technischen Ausrüstung
57 von den Gebäuden liegt. Kostenmäßig ist das nicht immer gerechtfertigt, aber übersichtlich
58 und die einzelnen Prozesse sind so dargestellt, dass man es nachvollziehen kann. Ein
59 bisschen eintönig ist dann untendrunter in den jeweiligen Hauptprozessen, dass dann der
60 Regelkreis, ist ja kein Kreis, also dieser untere Teil, was später auch nochmal näher
61 erläutert wird, eigentlich immer im gleichen Duktus gehalten ist. Auch da weiß ich nicht ob
62 der technische Ausrüstung und der Abbruch von Deckenbauteilen oder von Wandbauteilen
63 wirklich so gleichartig ist wie er da jetzt so optisch dargestellt ist.
64

65 A: Okey also das was du gesagt hattest mit der zeitlichen Abfolge das haben wir so auch
66 schon in anderen Interviews gemerkt. Da kam dann raus, dass man gesagt hat, es wäre
67 schön, wenn man um die drei Entkernungsteile nochmal einen großen Kasten drum rum
68 macht, dass man sagt die Reihenfolge ist nicht zwingend und es kann auch wieder zurück
69 gehen oder vor gehen. Würdest du sagen das wäre auch noch gut für die Darstellung?
70

71 B3: Also ich bin ja immer ein Freund davon, dass man Prozessmodelle oder insgesamt
72 Schemata einfach hält. Was man, das heißt man muss sich eben überlegen in welchem
73 Detaillierungsgrad man das Ganze darstellen will und für was es eben dann da sein soll. Ja
74 und von daher je nach Zielrichtung würde ich sagen muss es variabler, kann man es dann
75 variabler gestalten. Also ich finde jetzt so wenn man etwas erklärt dieser Ablauf einfach
76 wenn man darüber spricht und weiß das es aber in der Realität Unterschiede dazu geben
77 kann, fände ich das zum Beispiel ausreichend. Wenn man aber wirklich ins Detail gehen
78 will, wenn man in einem Projekt das Ganze auf den Tisch legen würde, würde man immer
79 genau vor diesem Problem stehen, dass jemand sagen würde, so wie ich auch, diese klare
80 Trennung gibt es so nicht. Also je nach Ziel würde ich sagen darf man durchaus auch ein
81 Prozessmodell haben was in der was im einen Anwendungsfall die Seite A hat und im
82 anderen Anwendungsfall die Seite B, vielleicht sowas. Also weil auch wenn man das jetzt
83 irgendwie geschachtelt darstellt ist das ja auch noch nicht richtig. Also immer das Problem
84 einer abstrakten Darstellung ist, dass da irgendwo eine Grenze gezogen werden muss.
85

86 A: Okey und dann auch noch einmal in dem Punkt "Entkernung Deckenbauteile" stecken ja
87 auch die Bodenbauteile mit drin, war das für dich auch ersichtlich oder würdest du sagen
88 da sollte auch nochmal ein extra Prozessschritt erstellt werden?
89

90 B3: Also tatsächlich habe ich mich auch gefragt, ist das wirklich alles? Besteht ein Gebäude
91 aus technischer Ausrüstung, aus Deckenbauteilen und Wandbauteilen, das ist natürlich
92 definitiv nicht so. Von daher würde ich sagen macht es auf jeden Fall Sinn nochmal drüber
93 nachzudenken, damit man sich nicht immer gleich so erste Fragezeichen einholt, dass man
94 solche Grundfragen aufnimmt und dann eben auch umsetzt. Also jeder fragt sich ja erst

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

95 einmal sind alle Prozesse dargestellt. Und da fehlt einfach nominell neben der Decke auch,
96 also für mich fehlt da auch noch ein bisschen mehr, also man kann genauso Kellerräume
97 oder Fundamentierung und so mitberücksichtigen, auch wenn das vielleicht nicht auf den
98 ersten Blick Thema von diesen ganzen Prozessen ist, aber ein bisschen unterschiedlich
99 handhabt sich das eben schon, das sollte man nicht so außer Acht lassen. Je nachdem oder
100 man muss eben dazuschreiben, dass Fundamentierung und Kellerbereiche eben hiervon
101 nicht involviert sind. Aber die verhalten sich eben anders wie das was hier dargestellt ist.

102

103 A: Ja also das sind ja jetzt auch massive Bauteile wie jetzt gerade meist so ein Keller, der
104 wird dann wahrscheinlich eher abgebrochen sage ich mal und bei der Entkernung vielleicht
105 dann nicht so grob beachtet.

106

107 B3: Ja ich sage mal so, das ist ein bisschen die Frage was man jetzt hiermit erreichen will.
108 Wenn man wirklich über eine Entkernung und eine daraus folgende Revitalisierung eines
109 Gebäudes redet, dann muss man natürlich auch den Keller, die Fundamentierung
110 berücksichtigen, weil wenn der Keller nass ist, kann ich oben drüber alles entkernen und
111 schön machen, dann habe ich aber immer noch nicht mein Ziel erreicht. Also das ist so ein
112 bisschen, ich finde da fehlt so ein bisschen die Überschrift bei diesem ganzen was die ein
113 oder andere Randbedingung vielleicht in so einem Textteil irgendwie greift. Das man
114 einfach sagt nicht nur, da steht jetzt einfach drüber "Prozessmodell Beräumung", übrigens
115 die Überschrift sehr klein dafür das danach so ein Prozessmodell kommt das sollte man
116 lieber etwas größer machen und dann kann man darunter einfach so eine Abgrenzung
117 machen, die fehlt hier. Es gibt keine Abgrenzung man steigt also sofort jetzt wie deine
118 Frage auch, man steigt sofort in dieses Modell ein. Das muss irgendwie ein bisschen
119 eingebettet sein in eine Idee oder Abgrenzung.

120

121 A: Okey, dann müssen wir da auf jeden Fall noch ein bisschen was nachholen. Dann hatten
122 wir uns auch noch die Frage gestellt unten sind ja die Unterprozesse dargestellt, wäre es da
123 vielleicht sinniger zu sagen man macht anstatt den zwei Stichen eine geschweifte Klammer
124 darunter damit man genau weiß worauf es sich bezieht oder ist das so klar erkenntlich?

125

126 B3: Ja das, also für mich war das erkenntlich und nachvollziehbar, aber was ich ja eben
127 schon gesagt habe, es ist ein bisschen langweilig, wenn das überall dasselbe ist und ich
128 glaube ehrlich gesagt auch wenn man eine technische Ausstattung beräumt, entkernt oder
129 eben ich sage jetzt mal die feste Gebäudehülle dann ist das nicht gleich. Also natürlich sind
130 die Prozesse da unten vielleicht ähnlich und man muss Abfall voneinander trennen, das ist
131 erst einmal egal wo der Abfall herkommt, aber es nimmt glaube ich eine andere Wertigkeit
132 an. Also wenn ich jetzt eine Elektrokabel entkerne ist das einfach was anderes wie wenn ich
133 eine tragende Wand entkerne und das findet sich hier in der Optik nicht wieder. Also keine
134 Ahnung habe keine gute Lösung dafür, aber ich finde das man das nicht so gleichartig
135 darstellen kann. Und wenn man etwas gleichartig darstellt, dann brauche ich es nicht
136 dreimal hintereinander lösen, dann ist es eben immer der Unterprozess. Es wirkt ein
137 bisschen so wie ich möchte die Seite voll bekommen.

138

139 A: Okey, ich verstehe was du meinst (lachen). Gut dann die nächste Frage wäre, ob das
140 Prozessmodell auch zeitliche Aspekte mitberücksichtigen sollte? Also das man jetzt zum
141 Beispiel sagt der Abbruch nimmt wahrscheinlich einen größeren Teil ein, jetzt bei
142 Deckenbauteilen, wie die Entsorgung und dann in dem Unterprozess den Abbruchpfail
143 größer darstellt oder findest du das wäre hier zu viel?

144

145 B3: Also das ist das was ich eben gesagt habe, es wirkt ein bisschen langweilig in den
146 Unterprozessen oder auch insgesamt so in der Darstellung. Ich glaube genauso einen Punkt
147 kann man mit aufnehmen. Also um was geht es jetzt? Geht es um terminliche
148 Abhängigkeiten, geht es um qualitative Abhängigkeiten geht es um Kostenabhängigkeiten
149 und je nachdem welche Zielrichtung man hat ist das eine intensiver wie das andere. Oder
150 eben was ich unten in den Teilprozessen gesagt habe, ist der Abbruch eines massiven
151 Bauteils natürlich ein deutlich aufwendigerer wie das Entfernen einer Deckenleuchte im
152 TGA-Bereich und jetzt sind alle Kisten gleich groß dargestellt und je nachdem welche
153 Ausrichtung, also das ist zu abstrakt, bzw. es hat keine klare Orientierung. Also wenn ich
154 die klare Orientierung habe, sage ich es geht ja auch weiter später mit der Excel-Tabelle wo
155 es hauptsächlich um die Kosten geht, so verstehe ich das zumindest und wenn das im
156 Vordergrund steht dann sollte das hier im Prozessmodell auch das Thema Kosten
157 enthalten, dann sollte das größer fetter intensiver dargestellt werden was in eurer
158 Ausarbeitung auch beim Thema Kosten eine intensivere Betrachtung erfordert. Warum soll
159 ich ein Prozess gleichwertig zu einem zweiten Prozess darstellen, wenn das eine 80% der
160 Kosten verursacht das andere 20% und das fehlt viel in diesen, also das Auge wird nicht
161 geleitet, alles ähnlich groß und dann auch konsequent, weil dann gibt es bei den
162 Deckenbauteilen drei Kisten, die Kisten sind ein bisschen unterschiedlich. Dann gibt es das
163 bei den technischen Ausrüstungen, also ich glaube da könnte man für eine Optimierung
164 sorgen. Die Schriftgrößen sind, also Entrümpelung steht in der riesigen Kiste ganz klein
165 geschrieben. Also je nachdem was man zum Ausdruck bringen will, könnte man optimieren
166

167 A: Ja, da hast du auf jeden Fall recht. Dann: „Bildet das Prozessmodell die Realität ab oder
168 werden wichtige Aspekte nicht berücksichtigt?“

169

170 B3: Gut, also wie gesagt die Orientierung ist für mich das Stichwort. Wenn man sagt
171 Kosten, dann glaube ich dass man hier mehr über die Darstellung oder primäre
172 Auswertung dazu fahren kann, was verursacht grundsätzlich höhere Kosten, vielleicht
173 muss man dann auch sagen wir befinden uns im Hochbau und es geht darum wie auch
174 immer, abgrenzen der Leistung. Dann Darstellungsprinzip und dann die optische
175 Hervorhebung dessen was wirklich wichtig ist oder was für große Abhängigkeiten sorgt und
176 der zweite Punkt bin ich mir jetzt gerade nicht so sicher ob man dann noch mehr da
177 reinpacken muss. Wir haben ja vorhin über den zeitlichen Ablauf geredet, also wenn
178 Kosten im Vordergrund stehen dann brauch ich keinen zeitlichen Ablauf. Wenn der
179 zeitliche Ablauf das entscheidende ist, dann muss es ein bisschen anders hervorgehoben
180 werden, dann müsste es mehr in irgendeine Terminalschiene-Darstellung gehen. Ansonsten
181 habe ich es verstanden. Ich hab es mir mit den Kosten mehr angeguckt, weil ich vor allem
182 auch in die Excel-Tabelle gesehen habe und in der kommen keine zeitlichen Abhängigkeiten
183 vor, zumindest habe ich nichts gefunden, es sei denn man sagt REFA ist Zeit.

184

185 A: Ja die Zeit ist ja auch schon mit dabei, aber die Zeit ist ja eigentlich hauptsächlich auch
186 da, um das dann wieder in Kosten umzuwandeln, das stimmt schon.

187

188 B3: Ja deswegen sage ich die Excel-Tabelle, natürlich die Kosten ergeben sich aus Zeit das
189 ist ja logisch, aber die Excel-Tabelle stellt nichts an Zeit dar, sie berücksichtigt
190 Aufwandswerte keine Frage, Aufwandswerte haben immer eine Zeitkomponente, aber die
191 Darstellung, das Ergebnis Excel-Tabelle ist eine Kosten-Zahl und nicht eine Zeit-Zahl.

192

193 C: Sie gibt eine Dauer aus auf jeden Fall, aber nicht wann die Dauer beginnt, mit welcher
194 Mann-Stärke die ausgeführt wird und so weiter und sofort, da hast du recht.

195

196 B3: Ja also man kann mit einem Modell nicht alles abbilden. Man muss eine Grenze ziehen
197 und eben eine Ausrichtung darstellen. Ich sage jetzt mal in der Dissertation kann man ja
198 alle Themen beleuchtet, aber das was hier jetzt für mich im Vordergrund steht ist, man
199 möchte eigentlich das Thema Kosten in den Vordergrund stellen, so habe ich das
200 verstanden ich kann mich auch täuschen, ist ja eure Arbeit oder Annas Arbeit. Man möchte
201 Kosten hier in den Vordergrund stellen und dann sollten man das konsequent tun und
202 dann kann ja diese Darstellung bei dem Thema Termin anders aussehen, dann ist es ja
203 immer noch ein Prozessmodell aber die Darstellung ist, hier versucht man so ein bisschen
204 manchmal alles miteinander zu verknüpfen, das erschwert dem Betrachter so das sofortige
205 Verständnis, wenn er drauf schaut.

206

207 C: Die Intension des Prozessmodells war natürlich die Prozesse zuerst einmal zu definieren
208 und festzulegen. Es gibt für die Beräumung noch keine Vorgaben was eigentlich
209 Beräumungsprozesse sind und was nicht sozusagen. Was nicht passiert ist, da hast du
210 vollkommen recht, es gibt keine Wertigkeit zwischen den einzelnen dem Fall hier drei
211 Entkernungs-Pfeile nenne ich sie jetzt mal. Wobei es natürlich auf jeden Fall täuscht was
212 die technische Gebäudeausrüstung so viele Einzelpunkte hat im Vergleich zu den anderen.
213 Also es ging hauptsächlich darum überhaupt einmal die Prozesse darzustellen und in den
214 Pfeilen ist so in Teilen auch eine zeitliche Abfolge gegeben die natürlich aber je nach
215 spezifischem Bauteil und Bauwerk auch variieren kann.

216

217 B3: Aber dann sag ich mal, also wenn ich diese Andeutung von Pfeil gegeneinander gehen
218 oder auch nicht gehen, da habe ich immer, bei einem Fachmann generiert ich eine zeitliche
219 oder eine Abfolge und wenn man sagt man wollte nur Prozesse definieren, dann ist mein
220 Kritikpunkt genau der, dass auf der einen Seite nicht nur Prozesse definieren, die würde ich
221 irgendwie kapseln. Dann sind das einfach gerade Rechtecke in denen das drin steht.
222 Deswegen sage ich es mischt sich so ein bisschen in dem was man zum Ausdruck bringen,
223 das könnte man meiner Ansicht nach ein bisschen straiter machen. Was ja nicht bedeutet
224 die sich alles Zeit, Kosten und Qualitäts-Abhängigkeiten am Schluss hat. Es ist so ein
225 bisschen gemischt in dieser Darstellung.

226

227 C: Der Punkt ist absolut korrekt und ist auch schon mit eingeflossen bisher fand ich die
228 Pfeile ganz gut aber es stimmt tatsächlich man muss sich mal überlegen ob das Sinn
229 macht, auch über den einzelnen Kästchen sozusagen, man impliziert automatisch eine
230 gewisse Wertigkeit, sprich da gibt es viele da gibt es wenige oder die einzelnen Kästchen
231 größer und kleiner und deswegen sind sie ein wichtiger oder weniger wichtig. Da müssen
232 wir uns auf jeden Fall noch mal hinsetzen und ein bisschen Hirnschmalz reinhängen.

233

234 A: Gut ja dann hatten wir das Prozessmodell wie es noch verbessert werden kann, haben
235 wir denke ich genug dazu gesagt. Dann würde ich sagen schließen wir das Kapitel
236 Prozessmodell ab und gehen zu Bewertungsmatrix, die würde ich auch gerade mal öffnen.
237 Dann auch hier die Eingabe hast du da direkt auch erkannt wo etwas einzutragen ist oder
238 sagst du das irgendwie was total unklar?

239

240 B3: Also auf der Seite war mir alles klar. Ich habe das mal gemacht für ein
241 Einfamilienhäuschen. das war hier für mich alles in Ordnung, da ist mir jetzt auch nichts

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

242 Besonderes auf der ersten Seite aufgefallen, also auf diese Eingabeseite. Bei der Ausgabe
243 habe ich gleich ein paar Punkte.

244

245 A: (erklärt die Matrix beispielhaft)

246

247 B3: Jemand der am Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt ausgebildet ist und als
248 Kostenarten Lohnkosten und Entsorgungskosten sieht, fragt unweigerlich „Und was ist mit
249 den anderen Kostenarten?“ Gibt es keine Gerätekosten, gibt es keine sonstigen Kosten, wie
250 kann das sein. In den Entsorgungskosten steht noch nichts drin, das hast da ja geschrieben
251 aber jetzt meiner Ansicht nach fehlen da Spalten. Also kein Kostenpunkt der Welt keine LV-
252 Position, wenn man es so will, also ich meine ist ja nicht viel anders wie eine LV-Positions
253 Kalkulation. Also früher hieß das noch eine Einzelkosten der Teilleistung, ich weiß nicht
254 wie heute die Begrifflichkeiten sind, ich diskutiere das zuhause ja immer mit Mittellohn
255 vier den ich noch kenne und heute APSL oder irgend so komischen Dingen, man muss ja
256 immer was Neues erfinden, am Schluss ist es ja immer noch das Selbe. Aber hier fehlen für
257 mich einfach Spalten. Also Gerätekosten zum Beispiel also beim Abbruch einer Wand gibt
258 es nicht nur Lohnkosten und nicht mehr Entsorgungskosten. Es gibt definitiv auch einen
259 Abbruchhammer oder Kleinbagger, einen mobil gesteuerten Bagger oder vielleicht sogar ein
260 Großgerät, wie taucht das hier auf?

261

262 A: Das ist ja dann wieder das Ding sage ich mal das es ja allgemein Gültigkeit haben muss.
263 Weil sonst müssten man es wahrscheinlich wie vorne bei den sag ich mal bei den
264 Schadstoffen machen, dass man sagt ich habe jetzt keine Ahnung einen Bagger oder ich
265 habe einen Meißel oder ich ja renne gegen die Wand und durchbreche sie sag ich jetzt mal.

266

267 B3: Ja das habt ihr hier gerechnet. Also ihr habt jetzt immer gerechnet die Person
268 Lohnkosten rennt gegen die Wand oder boxt dagegen.

269

270 C: Es kam aus den bisherigen Studien einfach heraus, dass die Beräumungsarbeiten mit
271 Kleingeräten ausgeführt werden, in der Hauptsache natürlich, also sprich der Teppich wird
272 abgezogen mit so einem Teppichstripper und für eine Wand abzubrechen oder Fliesen weg
273 zu stemmen, brauche ich eben eine Hilti oder ähnliches. Und das decken wir ab über einen
274 Kalkulationsmittellohn in dem schon Kleingeräte enthalten sind, weil so ist es meistens
275 diese Trupps die genau diese Arbeiten ausführen haben einfach ihr Auto dabei, in dem die
276 Flex drin ist, in dem 2/3 Geräte, die sie standardmäßig immer brauchen, und somit ist es
277 relativ einfach für die zu berechnen mein Tagessatz pro Person oder pro Kolonne inklusive
278 Kleingerät beläuft sich auf den und den Wert pro Tag und damit kann ich es umrechnen
279 auf pro Stunde und damit sind die Geräte abgefrühstückt. Großgeräte wäre ein anderes
280 Thema, wenn man das wirklich damit macht. Material haben wir nicht, weil Material ist
281 Entsorgung und so kamen die beiden Kostenarten Lohn und Entsorgung raus als Punkte.

282

283 B3: So geht das nicht. Also Ich kann nicht einfach sagen, wenn irgendwelche Teilaspekte
284 fehlen, das ist dort mit drin und das haben wir hier noch mitberücksichtigt und im Übrigen
285 sind wir nicht so genau und da könnte man usw. Wenn ich hier ausweise, was ihr in Teilen
286 gemacht habt, dass die Tapete von der Wand genommen wird, dann ist bei der Tapete die
287 ich getrennt zu entsorgen habe, brauche ich einen hohen Anteil an Lösemitteln und die

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

288 sind, wenn ich jetzt auf einen Quadratmeter gehe, dann ist der Quadratmeterpreis
289 Lösemittel am Schluss das deutlich teurere, wie natürlich die Spachtel die ich brauche um
290 das Ding abzukratzen. Wenn ich bei einem Wandabbruch bin, hast du eben von Hilti oder
291 vielleicht bei der TGA vielleicht von einer Flex gesprochen das sind sehr kostenintensive
292 Verschleißteile. Ich habe nichts dagegen, dass das in irgendeiner Art und Weise
293 eingerechnet wird. Aber das muss in der offensichtlichen Darstellung mit rein. Das darf
294 nicht eine Rückfrage verursachen die dann in diese Richtung geht: ja das rechnen wir schon
295 mit ein und im Mittelohn sind ja Kleingeräte mit drinnen. Was ist mit Schuttmulden?
296 Schuttmulden um diese ganzen Sachen zu sammeln und am Schluss zu entsorgen. Klar
297 kommt jetzt die Antwort: Ja das ist ja in den Entsorgungskosten mit drinnen. Aber so
298 funktioniert keine saubere, keine neutrale Kalkulation. Also und muss auch nicht, weil ihr
299 habt alle Mittel am Institut. Also warum stecken dann nicht genau diese Kostenarten mit
300 drinnen, die man sowieso kennt und macht das getrennt voneinander oder sagt: ist
301 enthalten. Aber man stellt es dar, man verbindet das was man lehrt, was man schon immer
302 gelehrt hat, mit den verschiedenen Kostenarten, stellt das hier da und sagt dann eben, wie
303 du es eben jetzt begründet hast, aufgrund der Zuordnung erfolgt diese Verrechnung über
304 den APSL oder wie das Ding jetzt heißt. Also ich würde immer vermeiden Rückfragen, so
305 wie du es eben gemacht hast, weil das ist genau das was dann passiert. Rückfragen in so
306 einer: ja das haben wir dort mit berücksichtigt und so. Das sollte man vermeiden. Also
307 begründen kann man alles im Leben, aber ich wollt ja was machen, was eine
308 Grundakzeptanz findet. Ansonsten habe ich das schon verstanden. Wobei ich natürlich
309 auch sehr tief im Kalkulationsausbildungen drin gewesen bin. Ich erinnere mich an meine
310 Zeiten zurück und was mir nur aufgefallen ist, also manche Dinge waren halt einfach jetzt
311 nicht für den Externen beispielbar. Also ich habe das X tatsächlich an eine andere Stelle
312 gesetzt, da kam nichts heraus. Wahrscheinlich, weil die Datengrundlagen irgendwie nicht
313 da sind oder... also meine Excel-Tabelle kann nicht darauf zugreifen. Also ich habe zum
314 Beispiel mal Asbest eingegeben gehabt bei Außenwandbelägen, also wenn man da so diese
315 typischen Eternitplatten von früher hat und über Jahre dann änderte sich an den Werten
316 nichts. Also man konnte sich X zwar setzen, aber passiert nichts. Bei der Mengenangabe,
317 also hier jetzt auch wieder mal hat eine Datei, die nennt man Ausgabe, aber ich muss noch
318 die Menge eingeben. Das ist halt so ein bisschen, also für mich ein bisschen verwirrt, aber
319 ich habe es dann nach ein bisschen mehr hin und her, habe ich es dann kapiert. Also ich
320 habe eine Tabelle die heißt "Eingabe", dann erwarte ich, dass da die Eingabe stattfindet
321 und ich habe "Ausgabe", da erwarte ich eine Automatisierung. Also ich sag mal das ist
322 wahrscheinlich ein bisschen komplexer das zu verändern, aber vielleicht müsste man
323 einfach nur "Grundeingabe" und keine Ahnung "Anpassungswerte" oder so. Also ich finde
324 "Eingabe", "Ausgabe" sind zwei plakative Werte die nicht erfüllt werden. In der Ausgabe
325 muss ich ja auch Eingaben machen und dann muss man vielleicht über die Namensgebung
326 nochmal nachdenken, mich hat das ein bisschen verwirrt. Oder "Gebäudegrunddaten".

327

328 A: Ja das hast du recht. Oder man müsste halt drauf verweisen, dass an der und der Stelle
329 noch Eingaben gemacht werden vielleicht bei der Eingabe. Dann eine kurze Frage ob alle
330 Begrifflichkeiten verständlich waren oder ob du sagst irgendwas müsste man erklären?

331

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

332 B3: Ja jetzt habe ich mich schon gut auf heute vorbereitet, aber alle Begriffe und jetzt nicht
333 durchgelesen, weil ich davon ausgehe, dass ich die meisten Begriffe auch irgendwie kenne.
334 Aber da kann ich jetzt keine ganz verlässliche Antwort darauf geben, weil also was eine
335 Wandfliese ist, bekomme ich hin. Aber ob das jetzt alles mit drin ist oder irgendetwas nicht
336 so richtig für mich nachvollziehbar sein würde, dann müsste ich jetzt alles mir angucken.
337 Also alles was ich hier sehe Bekleidung, Falt- und Schiebewände, Trennwände, Sanitär,
338 Einrichtung, Gitter, Geländer ich glaube damit kann ich was anfangen.

339
340 A: Okay dann hatte ich ja die Anleitung mitgeschickt würdest du sagen auf jeden Fall
341 hilfreich, die braucht man dazu oder sagst du es auch so gegangen und wenn du sagst sie
342 ist notwendig, fehlt dann irgendwas? Zum Beispiel das mit den Schadstoffen. Wir hatten
343 zwar reingeschrieben, dass man die extra anklicken muss aber vielleicht auch da noch der
344 Hinweis, dass da noch keine Daten hinterlegt sind oder irgendwas in die Richtung?

345
346 B3: Ja das sollte natürlich in jedem Fall tun, weil genau das habe ich ja gemacht. Ich habe
347 mir erst die Anleitung durchgelesen, habe dann ein X gesetzt und es ist nichts passiert
348 (lachen). Also das ist das eine, das andere ist, sag ich unsere IT-Abteilung ja auch immer
349 wieder, wenn sie Anleitung macht für Fremdnutzer, dann darf man nicht davon ausgehen,
350 dass eine Grundsatz-Selbstverständlichkeit da ist. Also ich finde immer Screenshots in einer
351 Anleitung werten das Ganze auf. Ich habe jetzt drei Seiten Text gelesen, ich habe es
352 gemacht, weil du es bist Anna, ansonsten hätte ich es nicht gemacht. Und ich finde immer
353 eine geführte Anleitung über einen Screenshot gehört zum state-of-the-art, weil also das
354 wirkte so, da hat jemand mal was unter geschrieben, ich soll es jetzt lesen und soll mich in
355 seine Gedanken reinklinken. Vor allen Dingen machst du, alleine rein praktisch, also ich
356 lese ja keine drei Seiten und habe alles verstanden, schließe das und öffne die Excel-Tabelle
357 und bearbeite dann alles. Das heißt ich muss permanent hin und her springen. Also genau
358 das ist mir passiert. Ich habe dann wieder, okay ich gucke mir die Excel-Tabelle an und
359 dann muss ich wieder ins PDF und bin am hin und her klicken, das ist doch unsinnig.

360
361 A: Aber du sagst schon sie ist auf jeden Fall notwendig oder auf jeden Fall eine große
362 Zeitersparnis?

363
364 B3: Ja klar auf jeden Fall notwendig und da kann man noch ein paar Gedanken
365 reinstecken, paar Screenshots reinpacken und dem ganzen im Übrigen bisschen mehr eine
366 schönere Haptik geben. Also in so drei Seiten Text die irgendwie so zusammenklatscht bei
367 so einem wichtigen Thema. Ich finde man muss als Ingenieur auch verkaufen was man
368 gemacht hat. Da gehört ein Deckblatt dazu, da gehört eine kurze Einleitung dazu und
369 dann gehört eben eine vernünftige Anleitung, wie kann der Ablauf passiert rein und in dem
370 Ablauf sind dann halt eben paar Screenshots mit drin und schon hat man eine ganz andere
371 Wertigkeit von dem was man verkaufen will.

372
373 A: Wir wollten Sie auch erst so rausschicken die Matrix und dann haben wir gesagt dann
374 beschäftigt sich damit auch wahrscheinlich niemand, wir müssen doch vielleicht noch mal
375 was liefern und dann evaluieren wir das direkt auch noch mit, sage ich mal.

376

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

377 B3: Also erstmal Deckblatt drauf schöne Grafik dazu, wenn man was versendet und Logo
378 von der TU Darmstadt rechts nach oben und der Name Anna Krapp und Blesinger die
379 müssen irgendwo auftauchen. Es gehört dazu unsere Leistung zu verkaufen, wird sind zwar
380 keine Architekten, aber wir dürfen durchaus auch einmal schauen was wir gut machen.

381

382 A: Sonst findest du aber das alle Aspekte von Beräumungsarbeiten, bis jetzt auf die
383 Kostentrennung sag ich mal, dass die Berücksichtigung finden oder sagst du irgendwas
384 Essentielles fehlt doch auch noch, zusätzlich zu den Kosten?

385

386 B3: Gut ihr habt die Prozesse definiert und die habt ihr jetzt in die in die Excel-Sprache
387 umgesetzt. Ist erstmal soweit in Ordnung. Also alles was ich vorhin gesagt haben zur
388 Definition der Prozesse, kann man hier jetzt natürlich auch sich nochmal das Argument
389 heran holen. Aber ihr werdet das ja gemacht haben, ich habe das jetzt nicht gemacht, dass
390 ihr auf dem Prozessmodellen einen Haken drangesetzt habt, wenn es in der Excel Tabelle
391 enthalten ist und andersrum. Ansonsten ist auch eine DIN 276 so aufgebaut, dass man
392 immer auch nur Grundhinweise bekommen, da sind ja auch nicht alle kleinsten Details
393 aufgeführt. Also das wäre zum Beispiel ein Hinweis, ihr habt in der Einleitung von der DIN
394 276 gesprochen, hier taucht jetzt nix mehr von den 276 auf. Warum steht hier keine...

395

396 A: Doch die sind glaube ich nur ausgeblendet damit man die Tabelle ein bisschen.

397

398 B3: Alles klar.

399

400 A: Dann haben wir ja hier die Auswahlmöglichkeiten zwischen "Mittel", "Median", "Max
401 und "Min". Würdest du sagen die Auswahl reicht aus oder ist zu weit gestreut?

402

403 B3: Wenn du mal rechts unten auf das Ergebnis gehst, dann sagt mir jetzt jemand in
404 diesem Stadium 288.378,85. Da kann ich immer nur sagen, wer mir sowas versucht
405 darzustellen in dieser Art und Weise, der will mich betrügen, weil diese Zahl ist definitiv
406 falsch. Egal ob ich "Min", "Max", "Mittel" oder sonst irgendwas einstelle. Also
407 Baubetrieblich korrekt ist Spannen anzugeben und wenn keine Spannen, dann muss eben
408 das Ergebnis die Abstraktheit darstellen die es nun mal hat. Das heißt hier würde jetzt
409 rauskommen: 290 Tsd. Euro vielleicht Komma 00. Also diese Darstellung hier ist einfach
410 falsch und ich beschreibe sowas immer gerne mit Pseudo-Genauigkeit. Warum wird denn
411 in den Arbeitszeitrichtwerten, warum werden Spannen genannt? Weil es die Aufgabe des
412 Ingenieurs ist daraus ein für den jeweiligen Anwendungsfall eine sinnvolle Abschätzung zu
413 treffen. Hier wird mir nicht suggeriert, dass ich eine Abschätzung treffen sollte, sondern
414 hier wird mir ein exakter Wert generiert. Das sollte man tunlichst vermeiden. Also die
415 Kritiken muss ich mir auch selbst anschreiben, wir müssen Methoden an den Tag legen, wo
416 entweder von bis rauskommt oder wo klargestellt ist, dass es sich hier um einen
417 abgeschätzten Wert mit einer Abweichung von bis handelt und das müsste man über diesen
418 Mittelwert/Min/Max immer entsprechen vielleicht einsteuern können. Dann muss da unten
419 ein gerundeter Wert rauskommen und dann sagt man zum Beispiel: Größenordnung
420 Mindestwert oder sowas. Aber exakte Werte sind bei sowas immer sehr sehr gefährlich.

421

422 A: ja, da gebe ich dir Recht. So denkt man direkt: ja das stimmt.

423

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

424 B3: Ist bei Kostenschätzungen genau das Gleiche. Jemand der bei einer Kostenberechnung
425 die 3. Nachkommastelle angibt, der hat eigentlich nicht richtig verstanden um was geht.

426

427 A: Ja. Dann auch nochmal zur Auswahlmöglichkeit. Wir hatten jetzt noch drüber
428 nachgedacht, ob ein oberes oder unteres Quartil auch noch notwendig wäre. Aber das wäre
429 dann wahrscheinlich...

430

431 B3: Naja das ist ja das, was ich gerade sage. Also, gut ihr wollt das jetzt pro Zeile machen.
432 Also kann man natürlich tun. Für mich wäre ihr die Frage: Habe ich ein Schalter, der mir
433 sagt, die Spanne unten oder das untere Quartil ist das, das oberes das. Also ich habe keine
434 gute Lösung dafür. Ich kann nur sagen, es ist also stell jetzt überall in den einzelnen
435 Tabellen zum Beispiel Max ein. Dann kommt da unten im Wert raus der mir auf die zweite
436 Nachkommastelle irgendeine Zahl liefert. Ich erkenne aber gar nicht, dass das jetzt dann
437 die Obergrenze ist. Also irgendwie da gibt es so keine Verbindung irgendwie, weil die
438 einzelne Zeile bewertet wird. Finde ich ein bisschen schwierig. Und dann jetzt noch weiter
439 in mathematische Details zu gehen was ich jetzt darstelle. Wenn ich jetzt drüber
440 nachdenke, dass das eine Grafik ist die mir zeigt, dass dieser Wert 288.000 sich jetzt in der
441 grafischen Auswertung, keine Ahnung, bei rechts neben der Mitte befindet. Dann kann ich
442 mir so einen Wert vorstellen, aber das geht hier eben nicht daraus hervor.

443

444 A: Ja. Okey, aber sonst würdest du sagen, das Tool könnte hilfreich sein für die praktische
445 Bewertung von Beräumungsprojekten oder sagst du da muss wirklich noch viel gemacht
446 werden. Vor allem hier geht es ja auch über einen groben Überblick. Was wir auch in den
447 anderen Interviews hatten, sagen ich sehe dann mal eine Spanne jetzt bei einzelnen
448 Positionen Max/Min, dass ich ungefähr auch ein Gefühl habe so ein Mittelwert hatten wir
449 auch schon, sollte jeder kennen, aber auch im Randbereich was geht noch. Findest du es
450 da hilfreich oder eher nicht?

451

452 B3: Also erstmal das Tool fände ich hilfreich, wenn es volle Anwendungsfähigkeit hätte.
453 Also ein Tool hilft mir immer nur dann, wenn ich es wirklich von vorne bis hinten bedienen
454 kann. Wenn natürlich Lücken drinnen sind, dann wird es keine Praxisrelevanz bekommen,
455 weil ich ja nie sicher sein kann wie gut ist mein Ergebnis. Von daher ist mit Sicherheit noch
456 viel zu tun, weil so wie Daniel ja eben auch gesagt hat, da sind einfach noch viele Werte
457 nicht hinterlegt, aber der Weg dahin ist ein Guter. Also solche Hilfsmittel zu haben und
458 dann eben auch wie gesagt in Spannen zu denken, so wie Aufwandswerte auch gedacht
459 werden oder so man baubetrieblich Angaben machen würde, finde ich das für
460 Abbruchleistung oder jetzt in dem Fall für Beräumungsarbeiten auf jeden Fall hilfreich.

461

462 A: Okey gut dann wäre es das von meiner Seite aus. Daniel willst du noch irgendetwas
463 nachhaken?

464

465 C: Ich überlege gerade, wie man die Spannen sinnvoll einfügen kann, weil wir ja so eine
466 Vielzahl von Prozessen haben das die Sichtbarkeit der Spannen pro Prozess einfach viel zu
467 unübersichtlich wäre. Aber man könnte vielleicht tatsächlich unten in der letzten Zeile, in
468 der Summenzeile, sagen okay so wie du es jetzt ausgewählt hast, kommen 288.000 raus,
469 wenn du überall Minimum eingegeben hättest, hättest du 100.000 rausgekommen, wenn
470 du überall Maximum eingegeben hättest, hättest du 300.000 gehabt oder so.

471

Interview 3

Technische Universität Darmstadt

472 B3: Ja oder immer bezogen auf den Mittelwert. Also dass was ich gerade gesagt habe, wenn
473 man alles als Mittel angegeben hätte, wäre das rausgekommen und du befindest dich jetzt
474 gerade davon in 15% Abweichung oder so. Also irgendeine Einordnungsgröße dessen, was
475 mir die Tabelle über verschiedene Einstellung in irgendeiner Neutralform gegeben hätte.

476
477 C: Ja versteh ich, müsste auch umsetzbar sein sag ich mal so.

478
479 A: Okay, dann würde ich auch sagen dann schließe ich die Tabelle und dann wären wir
480 schon beim Abschluss: „Gibt es noch Aspekte von deiner Seite aus die du sagst die haben
481 wir überhaupt nicht im Interview berücksichtigt, die du gerne noch los werden möchtest?“

482
483 B3: Nein, mir ist jetzt zumindest nichts weiters eingefallen. Was war das andere noch?
484 Achso bei der Anleitung, das hatte ich gesagt, nein.

485
486 A: Also haben wir alles besprochen und dann: „Hast du noch Fragen an mich?“

487
488 B3: ja, was machen wir denn zukünftig mit dir, wenn du Interesse an solchen Hochbau-
489 Sachen hast? Dann müssen wir dich in eine andere Abteilung stecken. Also ich finde das
490 gut, Variabilität ist das beste ja. Beim Brückenbau haben wir das natürlich nicht so häufig,
491 dass wir über so Sachen reden. Aber ich finde ich finde wichtig die Sinnlogik, also meine
492 Empfehlung an Anna Krapp ist die Sinnlogik dieser Dinge mitzunehmen, weil unabhängig
493 davon, dass das jetzt Beräumungsarbeiten sind, haben wir natürlich beim Brückenbau
494 letztendlich die gleiche Sinnlogik dahinter. Das heißt ich muss Prozesse definieren, wenn
495 ich die Prozesse definiert habe kann ich die mit Kosten belegen oder mit Aufwandswerten
496 belegen. Also spielt eigentlich keine Rolle was die Überschriften sind. Wenn man die
497 Sinnlogik einer Masterarbeit oder Dissertation verstanden hat, dann wird man sie auf alle
498 Bereiche anwenden können. Natürlich gibt es bei der Brücke einfach andere Schwerpunkte
499 haben sehr wenig TGA, dafür viel Masse vielleicht das ist dann ein anderes Thema oder
500 vielmehr wie komme ich dahin oder wie komme ich da weg. Aber das wäre mal meine
501 Empfehlung, das was man gemacht hat sinnlogisch zu hinterfragen und zu verstehen vor
502 allen Dingen, was man da getan hat und eben anwendbar zu machen auf viele
503 verschiedene Fälle und eben habe ich ja auch ein Beispiel gemacht, also in einer Brücke
504 kann man diese Sinnlogik von dem was man da gemacht hat genauso anwenden.

505
506 A: Ja dann war es das von meiner Seite aus und du hast uns sehr weitergeholfen, auf jeden
507 Fall vielen Dank, auch für deine Zeit.

508
509 B3: Also das ist auf jeden Fall bis jetzt eine sehr gute Perspektive, bringt das vernünftig zu
510 Ende... und vor allem schnell zu Ende aber das ist schon gut vorbereitet und ich freue mich
511 darauf dann dein Abschluss irgendwann auch nochmal zu sehen. Ich bedanke mich auch.

512
513 C: Ja gut, vielen Dank.