Ein Beitrag zur Prozessverbesserung bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten

vom Fachbereich
Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Technischen Universität Darmstadt

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte

Dissertation

von M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Daniel Blesinger

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko
Zweitgutachter: Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler

Darmstadt Juli 2021

Blesinger, Daniel:

Ein Beitrag zur Prozessverbesserung bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten

Darmstadt, Technische Universität Darmstadt

Jahr der Veröffentlichung der Dissertation auf TUprints: 2021

URN: urn:nbn:de:tuda-tuprints-199630

Tag der mündlichen Prüfung: 19. November 2021

Veröffentlicht unter CC BY-NC 4.0 International

https://creativecommons.org/licenses/

Erstreferent:

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

Institut für Baubetrieb

Technische Universität Darmstadt

Korreferent:

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Technische Universität Graz

Vorwort des Erstreferenten

Eines der herausragenden Ziele im Kontext des Klimaschutzes, der Rohstoffsicherung sowie der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit dem Neubau sowie mit Baumaßnahmen im Bestand ist die Reduktion des Bauabfallaufkommens. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz verpflichtet zur Abfallvermeidung und zur Abfallverwertung vorrangig vor der Abfallbeseitigung. Die am Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt im Rahmen der Dissertationen Löhr und Wöltjen entwickelte *Bewertungsmatrix zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Abbruchverfahren* hat die vorgelagerten Teilprozesse der Entrümpelung und der Entkernung mit gegebenenfalls dazugehöriger Schadstoffsanierung sowie die nachgelagerte Entsorgung nicht erfasst. Gleichwohl ist zu konstatieren, dass auch dieser Teilprozessstruktur ein erhebliches Potenzial zur Realisierung der oben angegebenen Ziele zugeschrieben wird. Die damit offensichtlich bestehende Forschungslücke bildet die Motivation für die Forschungsarbeit von Herrn M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Daniel Blesinger, deren Ergebnisse mit der vorliegenden Dissertationsschrift „Ein Beitrag zur Prozessverbesserung bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten“ dokumentiert sind. Das Thema wurde im Rahmen der Forschungsinitiative "Zukunft Bau" beantragt und unter dem Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-18.13 im Zeitraum vom 01. März 2019 bis zum 28. Februar 2021 vom Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat gefördert, wobei Herr Blesinger seine Forschungsarbeit auf diesem Gebiet bereits im Jahr 2015 aufgenommen hatte.

Im Ergebnis der Forschungsarbeit wird von Herrn Blesinger ein Prozessmodell für Beräumungsarbeiten entwickelt und auf der Grundlage von Feldstudien mit einer Vielzahl von Kennzahlen quantifiziert belegt. Für die strukturierte Produktionsplanung einzelner Arbeitsaufgaben werden entsprechende Teilarbeitssysteme definiert. Die Ergebnisse fließen in das Software-Werkzeug der *Bewertungsmatrix Beräumung*. Die Bewertungsmatrix bildet ein Ergänzungsmodul zu der bereits existierenden Bewertungsmatrix für die eigentlichen Abbrucharbeiten und schließt damit die bestehende Lücke im Gesamtprozess. Sie steht der Fachwelt frei zur Verfügung und ermöglicht unter anderem die Plausibilitätsprüfung von Aufwänden bei Beräumungsarbeiten.

Mit der vorliegenden Dissertation entstand ein wertvoller und praxisorientierter Beitrag im Forschungskomplex der weit gefassten Abbrucharbeiten mit eindeutigen Bezügen zum Urban Mining sowie zur Nachhaltigkeit im Bauwesen.

Ich danke dem Verfasser für diese Leistung.

Darmstadt, im November 2021 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko

Danksagung des Verfassers

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt.

Ein außerordentlicher Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, der mir nach mehreren Jahren der Berufspraxis die Chance gegeben hat, in Lehre und Forschung tätig zu werden und letzten Endes diese Dissertation zu verfassen. Seine Anregungen, die Zusammenarbeit sowie die Möglichkeit an verschiedenen Forschungsprojekten, Fachbeiträgen und Richtlinienausschüssen mitzuwirken haben dazu beigetragen, meine Persönlichkeit weiterzuentwickeln.

Ebenso möchte ich mich besonders bei Herrn Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler für die Übernahme des Korreferats bedanken. Durch die Möglichkeit zum interuniversitären Austausch konnte ich weitere Gedanken in meine Arbeit einfließen lassen.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing Alexander Wolf, der als Vertreter der Baupraxis mir bei vielen Abbruch- und Beräumungsbaustellen mit Rat und Tat zur Seite stand. Danken möchte ich auch den Studierenden, die durch die Anfertigung von Abschlussarbeiten meine Forschungsaktivitäten intensiv unterstützt haben.

Meinen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Baubetrieb danke ich für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit sowie die besondere Mittagspause mit sportlichen Höchstleistungen. Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Jörg Fenner für seine Hilfsbereitschaft, die stets offene Tür zum fachlichen Austausch und die Denkanstöße, welche meinen Betrachtungshorizont immer wieder erweitert haben.

Außerordentlicher Dank gilt meinen Freunden, die ich seit langen Jahren an meiner Seite weiß, und meiner Familie, auf die ich in jeder noch so schweren Lebenslage zählen konnte.

Der jedoch größte Dank gilt meiner Frau Mareike, ohne deren Verständnis für meine unzähligen Arbeitsstunden an den Abenden und Feiertagen und ihre stete Unterstützung hätte ich diese Arbeit nicht erstellen können.

Böhl-Iggelheim, im November 2021 Daniel Blesinger

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Erstreferenten III

Danksagung des Verfassers IV

Inhaltsverzeichnis V

Abbildungsverzeichnis IX

Tabellenverzeichnis XVI

Abkürzungsverzeichnis XVII

1 Einleitung 1

1.1 Ausgangssituation und Motivation der Arbeit 1

1.2 Zielsetzung der Arbeit 2

1.3 Aufbau der Arbeit 3

1.4 Wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit 6

1.5 Forschungsmethodik der Arbeit 8

1.5.1 Datenerfassung mittels REFA-Studien durch Einzelzeit- und systematischer Multimomentaufnahme 9

1.5.2 Leitfadenbasierte Experteninterviews als qualitative Forschungsmethodik 14

1.6 Abgrenzung der Arbeit 17

2 Grundlagen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten 18

2.1 Abfälle bei Abbrucharbeiten 18

2.2 Grundlagen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten 20

2.2.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 20

2.2.2 Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) 21

2.2.3 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) 22

2.2.4 Nachweisverordnung (NachwV) 23

3 Bestandsaufnahme bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten 24

3.1 Bestandsaufnahme als Teil der Prozessabfolge bei Abbrucharbeiten 25

3.2 Arten der Bestandsaufnahme bei Beräumungsarbeiten 26

3.3 Daten der Bestandsaufnahme bei Beräumungsarbeiten 27
3.4 Sensorgestützte Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten 29
4 Begriffsdefinitionen und Strukturierung von Abbrucharbeiten 31
4.1 Beschreibung der Ablaufstufen von Abbrucharbeiten 31
4.1.1 Entrümpelung 31
4.1.2 Entkernung 32
4.1.3 Schadstoffsanierung 35
4.1.4 Beräumung 36
4.1.5 Abbruch der Tragkonstruktion 37
4.1.6 Verbringung 44
4.1.7 Entsorgung 45
4.2 Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten 46
4.2.1 Existierende Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten 47
4.2.2 Eigene Ablaufstruktur von Abbrucharbeiten 49
5 REFA-Ablaufabschnitte für Abbruch- und Beräumungsarbeiten 51
5.1 Vorgangselement 52
5.2 Vorgangsstufe 52
5.3 Teilvorgang 52
5.4 Vorgang 56
5.5 Ablaufstufe 56
5.6 Teilablauf 57
5.7 Gesamtablauf 57
6 Entwicklung einer Gliederungsstruktur für die Prozesse der Beräumung 58
6.1 Gliederungsstruktur für Beräumungsarbeiten nach STLB-Bau 58
6.2 Eigene Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse 60
7 Definition von Arbeitsverfahren für die Beräumung 64
7.1 Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05 64

7.2 „Verfahren zur Schadstoffentfernung“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) 66

7.3 Fertigungsverfahren nach DIN 8580:2003-09 71

7.3.1 Zerteilen (DIN 8588:2013-08) 76

7.3.2 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden (DIN 8589-0:2003-09) 80

7.3.3 Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden (DIN 8589-0: 2003-09) 87

7.3.4 Abtragen (DIN 8590:2003-09) 92

7.3.5 Zerlegen (DIN 8591:2003-09) 95

7.3.6 Reinigen (DIN 8592:2003-09) 98

7.4 Entwicklung der Fertigungsverfahren der Beräumung 101

8 Prozessanalyse und Weiterentwicklung des Prozessmodells Beräumung 106

8.1 Übersicht der untersuchten Beräumungsobjekte und Darstellung als Gebäudesteckbriefe 106

8.2 Arbeitsstudien der Teilarbeitssysteme der Beräumung nach der REFA-Methodenlehre 117

8.2.1 Sensorgestützte Aufnahme der Umwelteinflüsse bei der Beräumung 137

8.3 Weiterentwicklung des Prozessmodells Beräumung 140

8.4 Kennzahlen von Beräumungsarbeiten 142

8.4.1 Grundlagen zu Kennzahlen 142

8.4.2 Mengenkennzahlen der Beräumung 143

8.4.3 Aufwandswerte der Beräumung 144

8.4.4 Kostenkennzahlen der Beräumung 146

8.5 Häufiger Wechsel der Beräumungsverfahren 146

8.5.1 Beräumungsprozess 5-2 , Raum 1 147

8.5.2 Beräumungsprozess 5-2, Raum 2 151

8.5.3 Beräumungsprozess 2-1, Raum 3 158

8.5.4 Erkenntnisse zu den Wechseln der Beräumungsverfahren 170

9 Entstehung und Status quo der Bewertungsmatrix Abbruch 171

9.1 Entstehung der Bewertungsmatrix 171

9.2 Berücksichtigung der Beräumung in der Bewertungsmatrix Stufe IV 172
10 Entwicklung der Bewertungsmatrix Beräumung 179
10.1 Datengrundlage und –pflege der Bewertungsmatrix Beräumung 179
10.2 Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung 182
10.2.1 Erläuterungen zum Arbeitsblatt „Eingabe“ 182
10.2.2 Erläuterungen zum Arbeitsblatt „Ausgabe“ 185
10.2.3 Weitere Arbeitsblätter 192
10.2.4 Erläuterungen zu einzelnen Beräumungsprozessen 192
10.2.5 Zugang zur Bewertungsmatrix Beräumung 197
10.3 Schlussbetrachtung zur Bewertungsmatrix Beräumung 198
11 Fazit 199
11.1 Zusammenfassung 199
11.2 Ausblick 201
Literaturverzeichnis 203
Anhang 213
Dissertationen des Instituts für Baubetrieb 235

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit 5

Abbildung 2: Wissenschaftssystematik zur Einordnung der Arbeit 6

Abbildung 3: Wissenschaftstheoretische Verortung 8

Abbildung 4: Arbeitssystem nach REFA 9

Abbildung 5: Aufnahmebogen 6-5 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose 11

Abbildung 6: Auswertungsbogen 6-5 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose 12

Abbildung 7: Zeitaufnahme-Kopfbogen einer Einzelzeitaufnahme 13

Abbildung 8: Verteilung der Ablaufarten 14

Abbildung 9: Aufbau von Experteninterviews 15

Abbildung 10: Abfallbilanz 2018 18

Abbildung 11: Abfallaufkommen und Anteile der Bau- und Abbruchabfälle 19

Abbildung 12: Abfallhierarchie 21

Abbildung 13: Prozessabfolge bei Abbrucharbeiten 25

Abbildung 14: Gruppierung der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten 26

Abbildung 15: Punktwolke - Teeküche 30

Abbildung 16: Digitales Gebäudemodell - Teeküche 30

Abbildung 17: Ideale Rückbaustruktur für den kontrollierten Rückbau eines Gebäudes 47

Abbildung 18: Beispielhafte Strukturierung von Abbrucharbeiten 48

Abbildung 19: Ablauf von Rückbaumaßnahmen 49

Abbildung 20: Ablaufstruktur für Abbruch- und Beräumungsarbeiten 50

Abbildung 21: REFA-Ablaufabschnitte 51

Abbildung 22: Teilarbeitssystem Entrümpelung kleiner/leichter Gegenstände 55

Abbildung 23: REFA-Ablaufabschnitte für Abbrucharbeiten (Beispiel) 57

Abbildung 24: Gliederung des STLB-Bau 59

Abbildung 25: Abschaben einer Wandfarbe 67

Abbildung 26: Ausschneiden von elastischen Fugenmassen an Fenstern 68
Abbildung 27: Entfernen von Wandputz mit einer Handfräse 68
Abbildung 28: Entfernen von Wandputz (nicht asbesthaltig) mit einer Baggerfräse....69
Abbildung 29: Sandstrahlen 69
Abbildung 30: Abtrag mit einem Hochdruckwasserstrahl 70
Abbildung 31: Hauptgruppen der Fertigungsverfahren 72
Abbildung 32: Merkmale der Hauptgruppen 74
Abbildung 33: Fertigungsverfahren Hauptgruppe 3 „Trennen“ nach DIN 8580:2003-09....75
Abbildung 34: Scherschneiden 76
Abbildung 35: Mehrhubig fortschreitendes Messerschneiden 77
Abbildung 36: Beißschneiden....77
Abbildung 37: Reißen....78
Abbildung 38: Abbrechen....79
Abbildung 39: Durchbrechen....79
Abbildung 40: Übersicht über die Fertigungsverfahren Zerteilen....80
Abbildung 41: Bohren mit Spiralbohrer (Wendelbohrer) 82
Abbildung 42: Kernbohren mit symmetrisch angeordneten Hauptschneiden....82
Abbildung 43: Umfangfräsen....83
Abbildung 44: Stirnfräsen 83
Abbildung 45: Kettensägen....84
Abbildung 46: Planfeilen (Planraspeln) 85
Abbildung 47: Bürstspanen 85
Abbildung 48: Fertigungsverfahren Spanen....87
Abbildung 49: Seitenschleifen 88
Abbildung 50: Seiten-Bandschleifen 89
Abbildung 51: Profil-Hubschleifen von Zahnflanken 89
Abbildung 52: Fertigungsverfahren Spanen....92

Abbildung 53: Flammstrahlen 93
Abbildung 54: Autogenes Brennschneiden 94
Abbildung 55: Fertigungsverfahren Abtragen 95
Abbildung 56: Fertigungsverfahren Zerlegen 98
Abbildung 57: Fertigungsverfahren Reinigen 100
Abbildung 58: Fertigungsverfahren der Beräumung, weiterentwickelt aus DIN 8589-0:2003-09 102
Abbildung 59: Entwickelte Beräumungsverfahren im Vergleich zu Abbruchverfahren aus DIN 18007:2000-05 105
Abbildung 60: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 1 107
Abbildung 61: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 2 108
Abbildung 62: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 3 109
Abbildung 63: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 4 110
Abbildung 64: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 5 111
Abbildung 65: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 6 112
Abbildung 66: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 7 113
Abbildung 67: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 8 114
Abbildung 68: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 9 115
Abbildung 69: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 10 116
Abbildung 70: Teilarbeitssysteme 0-1 und 0-2 Entrümpelung Gegenstände 119
Abbildung 71: Teilarbeitssystem 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände 120
Abbildung 72: Teilarbeitssystem 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz 121
Abbildung 73: Teilarbeitssystem 2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten 122
Abbildung 74: Teilarbeitssystem 2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen 123
Abbildung 75: Teilarbeitssystem 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände 124
Abbildung 76: Teilarbeitssystem 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster 125

Abbildung 77: Teilarbeitssystem 4-1 Entkernung Innentüren und -tore.....126

Abbildung 78: Teilarbeitssystem 5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion.....127

Abbildung 79: Teilarbeitssystem 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion.....128

Abbildung 80: Teilarbeitssystem 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich.....129

Abbildung 81: Teilarbeitssystem 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 130

Abbildung 82: Teilarbeitssystem 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein 131

Abbildung 83: Teilarbeitssystem 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt 132

Abbildung 84: Teilarbeitssystem 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt 133

Abbildung 85: Teilarbeitssystem 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche....134

Abbildung 86: Teilarbeitssystem 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze 135

Abbildung 87: Teilarbeitssystem 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung.....136

Abbildung 88: Beispiel eines Dashboards zu Sensordaten der Umweltbedingungen.....138

Abbildung 89: Weiterentwickeltes Prozessmodell Beräumung.....141

Abbildung 90: Gliederung von Kennzahlen 142

Abbildung 91: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (16:17- 16:22) 147

Abbildung 92: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:22 – 16:36).....148

Abbildung 93: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (16:36 – 16:43).....148

Abbildung 94: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:43 – 16:47).....149

Abbildung 95: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (16:47 – 16:53) 149

Abbildung 96: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:53 – 17:06).....150

Abbildung 97: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (17:06 – 17:15) 150

Abbildung 98: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (0:24 – 0:32).....152

Abbildung 99: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (0:33 – 0:35) 152

Abbildung 100: Holen des Nageleisens (0:36 – 0:38).....153

Abbildung 101: Demontieren der Dämmung mit der Hand (Nageleisen in der anderen Hand wird nicht eingesetzt) (0:39).....153

Abbildung 102: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Nageleisen (0:40 – 0:45).....154

Abbildung 103: Laden/Aufnehmen von heruntergefallenen Dämmstoffteilen (0:46 – 0:49).....154

Abbildung 104: Abschlagen der Deckenplatte mit Nageleisen (0:50 – 0:51) 155

Abbildung 105: Demontieren der Dämmung mit der Hand (0:52 – 0:54) 155

Abbildung 106: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (0:55 – 0:58).....156

Abbildung 107: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (0:59 – 1:01) 156

Abbildung 108: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (1:02).....157

Abbildung 109: Biegebrechen der Holz-Unterkonstruktion mit Brecheisen (1:04 – 1:29).....158

Abbildung 110: Verbringung inkl. Sortieren der Abfallstoffe durch Werfen auf verschiedene Materialhaufen (Holz) (01:30- 1:35).....159

Abbildung 111: Verbringung inkl. Sortieren der Abfallstoffe durch Werfen auf verschiedene Materialhaufen (Gipskarton) (01:36- 1:40) 159

Abbildung 112: Biegebrechen und Abschlagen der Gipskartonplatte im Wechsel (21 x) mit Brecheisen (1:41 – 2:13) 160

Abbildung 113: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Schaufel (2:14 - 2:20).....160

Abbildung 114: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Hand einschließlich Verbringung durch Werfen (2:21 – 2:37).....161

Abbildung 115: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (2:38 – 2:52).....161

Abbildung 116: Demontieren der Dämmwolle im Wechsel mit der sortenreinen Verbringung (2:53 – 3:24) 162

Abbildung 117: Sortenreine Verbringung im Wechsel mit dem Demontieren (2:53 – 3:23).....162

Abbildung 118: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (3:24 – 3:34).....163

Abbildung 119: Biegebrechen der Gipskartonplatte (3:35 – 3:45).....163

Abbildung 120: Verbringung der Gipskartonplatte durch Werfen (3:46 – 3:50) 164

Abbildung 121: Demontieren der Dämmwolle und sortenreine Verbringung (3:51 – 4:19) 164

Abbildung 122: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (4:20 – 4:28) 165

Abbildung 123: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Hand (4:29 – 4:36) 165

Abbildung 124: Sortenreine Verbringung durch Tragen (4:37 - 4:45) 166

Abbildung 125: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (4:46 – 4:56) 166

Abbildung 126: Sortenreine Verbringung durch Tragen (4:57 – 5:04) 167

Abbildung 127: Biegebrechen mit der Hand (5:05 – 5:09) 167

Abbildung 128: Sortenreine Verbringung durch Werfen (5:10 – 5:19) 168

Abbildung 129: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (5:20 – 5:32) 168

Abbildung 130: Biegebrechen der Holz-Unterkonstruktion mit der Hand (5:33 – 5:47) ...169

Abbildung 131: Sortenreine Verbringung der Holz-Unterkonstruktion (5:48- 5:50) 169

Abbildung 132: Programmablaufplan der Bewertungsmatrix 172

Abbildung 133: Eingabemodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ 173

Abbildung 134: Verfahrensbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“.....174

Abbildung 135: Kostenbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ 175

Abbildung 136: Zeitbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ 176

Abbildung 137: Ökologisches Bewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“.....177

Abbildung 138: Ergebnismodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“ 178

Abbildung 139: Eintragungstabelle Gebäudekennzahlen Zeiten 180

Abbildung 140: Eintragungstabelle Gesamtmatrix Zeiten 181

Abbildung 141: Ablaufdiagramm Bewertungsmatrix Beräumung (inkl. Bestandsaufnahme und Eintragungstabellen) 182

Abbildung 142: Bewertungsmatrix Beräumung Arbeitsblatt "Eingabe" Teil 1/2.....184

Abbildung 143: Bewertungsmatrix Beräumung Arbeitsblatt "Eingabe" Teil 2/2.....185

Abbildung 144: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (Auszug Gliederung) 187

Abbildung 145: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (Auszug Schadstoffe) 188

Abbildung 146: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (gekürzt) 191

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen des Arbeitsablaufs nach REFA 10
Tabelle 2: Abfallfraktionen und Abfallschlüssel 22
Tabelle 3: Teilvorgänge Erdbau, Entrümpelung und Entkernung 54
Tabelle 4: Eigene Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse....63
Tabelle 5: Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05 65
Tabelle 6: Charakterisierung der Gruppen....73
Tabelle 7: Untersuchte Beräumungsobjekte....106
Tabelle 8: Erfasste Beräumungsprozesse der Ebene 2....117
Tabelle 9: Erfasste Prozesse der Schadstoffsanierung der Ebene 2 118
Tabelle 10: Umweltdaten 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 139
Tabelle 11: Aufwandswerte der Beräumung....145
Tabelle 12: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 5-2, Raum 1....151
Tabelle 13: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 5-2, Raum 2....157
Tabelle 14: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 2-1, Raum 3....170
Tabelle 15: Konstruktions-Grundfläche (KGF)/Brutto-Geschossfläche (BGF) [%] 194

Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
°C	Grad Celsius
AGK	Allgemeine Geschäftskosten
AHO	Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.
AK	Arbeitskraft, Arbeitskräfte
ASL	Mittellohn Arbeiter, Sozialkosten, Lohnnebenkosten
ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BAS	Bauarbeitsschlüssel
BG Bau	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
BGF	Brutto-Geschossfläche
BGK	Baustellengemeinkosten
BIM	Building Information Modeling
BioStoffV	Biostoffverordnung
BKI	Baukosteninformationszentrum
BMI	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMJV	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
BMVg	Bundesministerium der Verteidigung
BP-ID	Beräumungsprozessidentifikationsnummer
BRI	Brutto-Rauminhalt
BRTV	Bundesrahmentarifvertrag für das Baugewerbe

bvse	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.
ca.	circa
cm	Zentimeter
d	Dicke
dB	Dezibel
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
e. V.	eingetragener Verein
EC-Abtragen	Elektrochemisches Abtragen
et al.	et alii (und andere)
exkl.	exklusive
f.	folgende (Seite)
ff.	fortfolgende (Seiten)
FFP2-Maske	Filtering Face Piece (Atemschutzmaske der Schutzklasse FFP2)
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung
ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GVSS	Gesamtverband Schadstoffsanierung e. V.
GWP	Global Warming Potential (Treibhauspotential)
HBO	Hessische Bauordnung
inkl.	inklusive
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
kg	Kilogramm

KGF	Konstruktions-Grundfläche
KLR Bau	Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung der Bauunternehmen
KMF	Künstliche Mineralfasern
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LKW	Lastkraftwagen
lx	Lux (Beleuchtungsstärke)
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
m³ f. M.	Kubikmeter feste Masse
m³ BRI	Kubikmeter Brutto-Rauminhalt
NachwV	Nachweisverordnung
Nr.	Nummer
o. g.	oben genannte
o. J.	ohne Jahr
PM	Particulate Matter (Feinstaubbelastung)
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PVC	Polyvinylchlorid
REFA	Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (ehemals Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung)
S.	Seite, Seiten
St	Stück
STLB-Bau	Standardleistungsbuch Bau
t	Tonne
TU	Technische Universität

TÜV SÜD	Technischer Überwachungsverein als nicht börsennotierte Aktiengesellschaft
u. a.	unter anderem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VGB	VGB PowerTech e. V. (ehemals Vereinigung der Großkesselbesitzer e. V.)
Vgl.	vergleiche
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
W+G	Wagnis und Gewinn
z. B.	Zum Beispiel

1 Einleitung

Im Themengebiet der Abbrucharbeiten ist der Abbruch der Tragkonstruktion u. a. durch Motzko et al.[1] intensiv untersucht und in weiterer Fachliteratur beschrieben. Zu den vorgelagerten Tätigkeiten der Beräumung, welche sich aus Entrümpelung, Entkernung und Schadstoffsanierung zusammensetzt, und den Wechselwirkungen zu den nachgelagerten Prozessen der Entsorgung liegt nur vereinzelt dokumentiertes Wissen in Form von Fachliteratur vor. Bereits 2013 merkte Löhr[2] an, dass ein Hilfsmittel geschaffen werden sollte, um die Leistungsbestandteile der Beräumung bewerten zu können. An dieser Stelle möchte diese Arbeit die bestehende Lücke mit Wissen anreichern und die nötigen Grundlagen schaffen.

Die sich für die Praxis ergebende Problemstellung, die zur Ausarbeitung dieser Arbeit geführt hat, lässt sich somit durch folgende Fragestellung zusammenfassen:

Wie sind die vorgelagerten Beräumungsprozesse zu strukturieren und als Arbeitssysteme zu gestalten, damit ihre Planung und Ausführung effizient durchgeführt werden kann und im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetztes[3] ein wichtiger Beitrag zur Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen durch eine Reduktion der Beseitigung geleistet werden kann.

Mit dieser Fragestellung kann der Nukleus dieser Arbeit beschrieben werden. In der Folge wird auf die Ausgangssituation und Motivation zur Bearbeitung der Themenstellung, die Zielsetzung und den Aufbau der Arbeit eingegangen. Im Anschluss an die wissenschaftstheoretische Verortung und die Beschreibung der Forschungsmethodik erfolgt eine Abgrenzung des Untersuchungsrahmens der Arbeit.

1.1 Ausgangssituation und Motivation der Arbeit

Für den Abbruch der Tragkonstruktion liegen unter anderem durch die DIN 18007:2000-05[4], die ATV DIN 18459:2016-09[5] und der Richtlinie VDI 6210 Blatt 1:2016-02[6] anerkannte Regeln der Technik vor, die den Umfang und die Ausführung der Arbeiten beschreiben und zur Normierung beitragen.

---

[1] Vgl. Motzko et al. (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand.

[2] Vgl. Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten. S. 264.

[3] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[4] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[5] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten.

[6] Vgl. VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen.

Im Gegensatz dazu existiert für die vorgelagerten Beräumungsprozesse (Entrümpelung, Entkernung und Schadstoffsanierung) nur wenig Fachliteratur, und die Ausführung wird in den vorgenannten Normen und Richtlinien nur partiell angesprochen. Eine einheitlich strukturierte und geregelte Vorbereitung und Ausführung der Arbeiten ist in der Praxis kaum erkennbar.[7,8]

Aus den vorgenannten Gründen erweist es sich als schwierig und zeitaufwendig, im Vorhinein eine sortenreine Erfassung der abzubrechenden Bauteile respektive Materialien durchzuführen. Dies führt im Zuge der Ausführung dazu, dass Recyclingpotential von Rohstoffen nicht ausgeschöpft und noch funktionsfähige Bauteile nicht in den Rohstoffkreislauf zurückgeführt respektive verwertet werden. Letztendlich erhöht das fehlende Prozesswissen die Menge an zu beseitigendem Abfall, der deponiert werden muss.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, einen Beitrag zur Wissensanreicherung und damit zur Verbesserung der Planung und Ausführung von Beräumungsarbeiten und einer damit einhergehenden Reduktion der zu beseitigenden Abfallstoffe zu leisten. Hierzu wird eine normativ begründete Gliederungsstruktur für die Beräumungsprozesse entwickelt, um eine einheitliche Verständnisbasis zu schaffen. Für den Bereich des Abbruchs der Tragkonstruktion liegt mit der DIN 18007:2000-05[9] eine normativ begründete Definition der Abbruchverfahren vor, von denen allerdings nur einige wenige Verfahren bei der Beräumung Anwendung finden können. Somit gilt es, die Arbeitsverfahren der Beräumung empirisch festzuhalten und in Anlehnung an bestehende Grundlagen zu definieren. Auf Basis der Festlegung der Beräumungsverfahren sind im Anschluss systematische Baustellenstudien und –analysen möglich. Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll eine Einordnung der verschiedenen Teilarbeitsprozesse in das Prozessmodell Beräumung erfolgen, das wiederum einen schnellen Überblick über die verschiedenen Beräumungsprozesse und deren Zusammenhänge geben soll. Im Zuge der Baustellenstudien werden darüber hinaus Kennzahlen der Beräumungsprozesse ermittelt, die eine Bewertung dieser ermöglichen sollen. Die gewonnenen Kennzahlen fließen in die Bewertungsmatrix Beräumung ein, die als digitales Werkzeug die ermittelten Daten speichert und sie über eine Ein- und Ausgabemaske den Anwenderinnen und Anwendern zur Verfü-

[7] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten.

[8] Vgl. Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung.

[9] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

gung stellt. Somit kann mit wenigen Angaben zum jeweiligen Beräumungsobjekt und vertretbarem Aufwand eine erste Prognose zu den Ausführungsmengen, zur Ausführungsdauer sowie zu den Lohn- und den Entsorgungskosten gegeben werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Dissertation gliedert sich in elf Kapitel, welche sich aus einem deskriptiven, einem empirischen und einem integrativen Teil zusammensetzen. Die Schwerpunkte liegen dabei in der Schaffung einer einheitlichen Begriffsdefinition der Beräumungsprozesse, der Analyse der beobachteten Beräumungsprozesse sowie der Weiterentwicklung der Bewertungsmatrix Beräumung zur einfachen und zügigen Bewertung einer Beräumungsmaßnahme bezüglich der anfallenden Mengen und Kosten. Eine Übersicht zum Aufbau der Arbeit und zu den sachlogischen Zusammenhängen der einzelnen Kapitel ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Themengebiete Einleitung, Grundlagen und Bestandsaufnahmen für Beräumungsarbeiten bilden den deskriptiven Teil der Arbeit. In Kapitel 1 erfolgt mit der Einleitung die Vorstellung der Ausgangssituation und Motivation der Arbeit. In der Folge wird auf die Zielsetzung und die gewählte Vorgehensweise sowie die angewandte Forschungsmethodik näher eingegangen. Durch die Beschreibung des Untersuchungsrahmens erfolgt eine thematische Abgrenzung des Forschungsgebiets. Kapitel 2 beschäftigt sich mit den Grundlagen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten zum Einstieg in die Themenstellung. Hierzu wird auf die Abfälle bei Abbrucharbeiten und die rechtlichen Grundlagen der Entsorgung näher eingegangen, um in der Folge die Bedeutung der sortenreinen Verwertung und damit die Reduzierung von abzulagernden Bau- und Abbruchabfällen herauszuarbeiten. Die Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten, welche in Kapitel 3 beschrieben wird, bildet das Fundament für eine strukturierte und zielgerichtete Planung und Ausführung der Beräumungsarbeiten. Neben den allgemeinen Grundlagen, den verschiedenen Arten der Bestandsaufnahme und den aufzunehmenden Daten wird auf die Potentiale der durch Motzko et al.[10] entwickelten sensorgestützten Bestandsaufnahme eingegangen. Die folgenden Kapitel stellen den empirischen Teil der Arbeit dar. In Kapitel 4 erfolgen eine Begriffsdefinition der Ablaufstufen von Abbrucharbeiten und die Entwicklung einer eigenen Ablaufstruktur von Abbrucharbeiten, um die Prozesse der Beräumung in diese einzuordnen. Kapitel 5 gliedert Abbruch- und Beräumungsarbeiten in Ablaufabschnitte nach REFA[11] und verdeutlicht die Ausführung der Beräumungsarbeiten mit Beispielen. Da keine normativ begründete Gliederungsstruktur für die Beräumung vorliegt, wird diese in Kapitel 6 entwickelt und vorgestellt. Mit der DIN

[10] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 36 ff.

[11] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 57 ff.

18007:2000-05[12] liegen normativ begründete Abbruchverfahren vor, die sich allerdings vordergründig auf den Abbruch mit Großgeräten respektive Hydraulikbaggern beziehen. Unter Berücksichtigung der Verfahren zur Schadstoffentfernung des LfU[13] und der allgemeinen Fertigungsverfahren der DIN 8580:2003-09[14] werden in Kapitel 7 Arbeitsverfahren der Beräumung erarbeitet und normativ begründet. Kapitel 8 beschäftigt sich mit der Analyse der Beräumungsprozesse und der Weiterentwicklung des Prozessmodells Beräumung[15]. Hierzu werden an unterschiedlichen Beräumungsobjekten Arbeitsstudien zu den Teilarbeitssystemen der Beräumung nach der REFA-Methodenlehre durchgeführt. Das in den Grundzügen bestehende Prozessmodell Beräumung wird auf Basis von Experteninterviews[16] verfeinert und finalisiert. Zudem werden Kennzahlen von Beräumungsarbeiten beschrieben und ermittelte Aufwandswerte übersichtlich dargestellt. Bei der Beobachtung der Beräumungsprozesse auf der Baustelle wird festgestellt, dass ein häufiger Wechsel der Beräumungsverfahren im Zuge der Arbeiten stattfindet, so dass dieses Phänomen näher beschrieben wird. Kapitel 9 thematisiert die Entstehung und den Status quo der Bewertungsmatrix Abbruch. Es wird überprüft, inwieweit die Beräumung bereits in die Bewertungsmatrix Abbruch integriert ist und ob eine Weiterentwicklung möglich und zielführend ist. Da die Prozesse der Beräumung nicht adäquat in der Bewertungsmatrix Abbruch Berücksichtigung finden, wird eine separate Bewertungsmatrix Beräumung entwickelt, was den integrativen Teil der Arbeit darstellt. Durch den Einsatz der Bewertungsmatrix Beräumung kann mit geringem Aufwand eine erste Aussage zur Beräumungsmenge, zu dem erforderlichen Arbeitsaufwand und zu den Kosten getroffen werden, ohne eine umfangreiche Bestandsaufnahme durchführen zu müssen. Die Arbeit schließt mit einem Fazit in Kapitel 11, welches aus der Zusammenfassung und dem Ausblick besteht. In der Zusammenfassung werden die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit dargestellt. Abschließend erfolgt ein Ausblick über die gewonnenen Erkenntnisse hinaus auf Anknüpfungspunkte weiterführender Forschungsbereiche.

[12] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[13] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020.

[14] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren.

[15] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 68.

[16] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. Anhang VII ff.

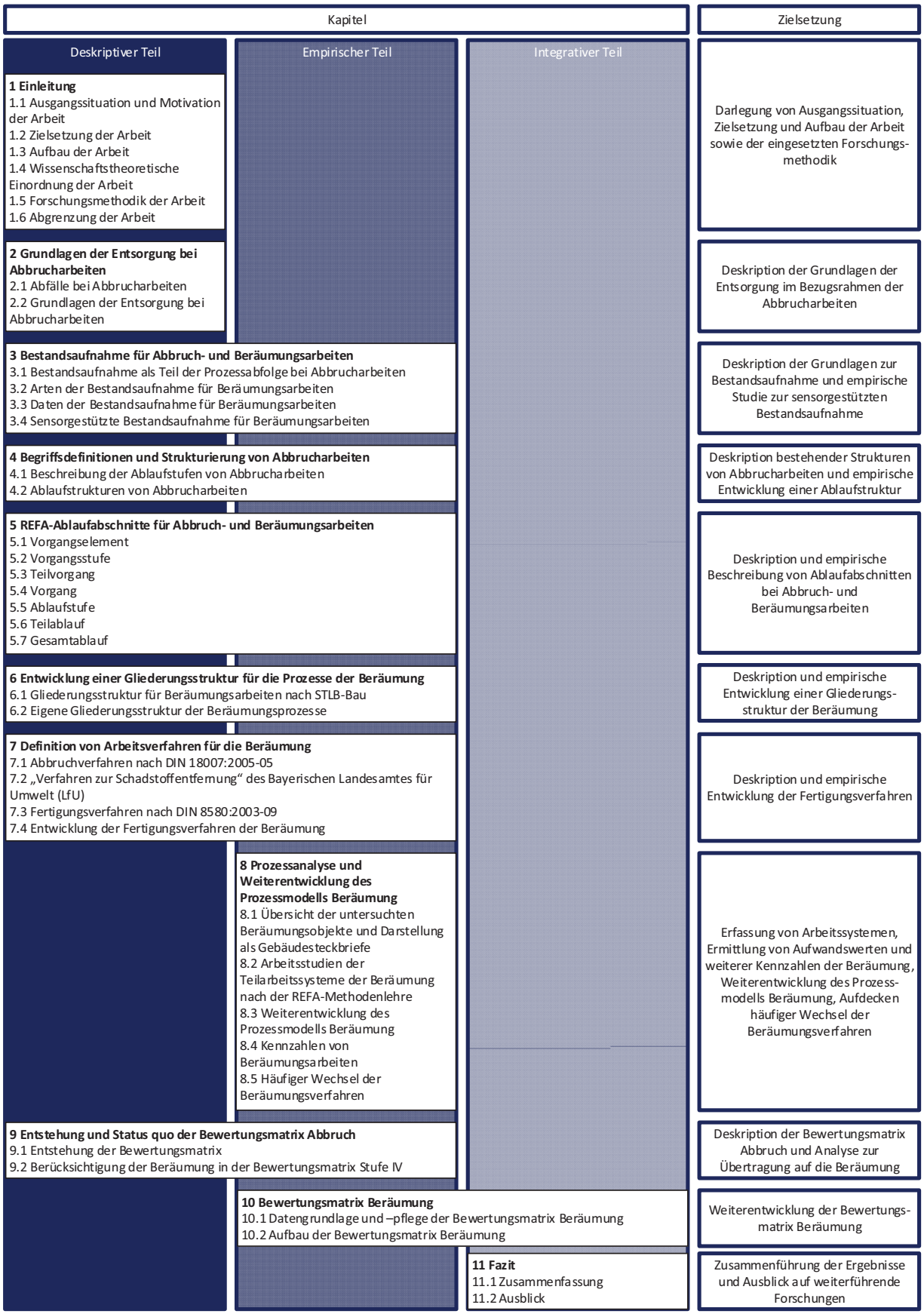


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

1.4 Wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit

Entsprechend der Wissenschaftssystematik nach Ulrich und Hill[17], welche in Abbildung 2 dargestellt ist, können Wissenschaften grundlegend in Formal- und Realwissenschaften unterteilt werden. Formalwissenschaften beschäftigen sich „mit der logisch überprüfbaren Konstruktion von Sprachen bzw. Zeichensystemen“[18], liefern formale Erkenntnisse und weisen keinen Realitätsbezug auf, weshalb sie unter anderem in den Bereichen Mathematik, Logik und Philosophie Anwendung finden.[19] Die Forschung im Bereich der Realwissenschaften, welche aus Natur-, Ingenieur-, Sozial- und Geisteswissenschaften besteht, hat das Ziel, reale Ergebnisse hervorzubringen und beabsichtigt, die empirisch wahrgenommene Wirklichkeit zu beschreiben, zu erklären und zu gestalten. Je nach Forschungsschwerpunkt können die Baubetriebswissenschaften den Sozialwissenschaften sowie den Ingenieurwissenschaften zugeordnet werden.

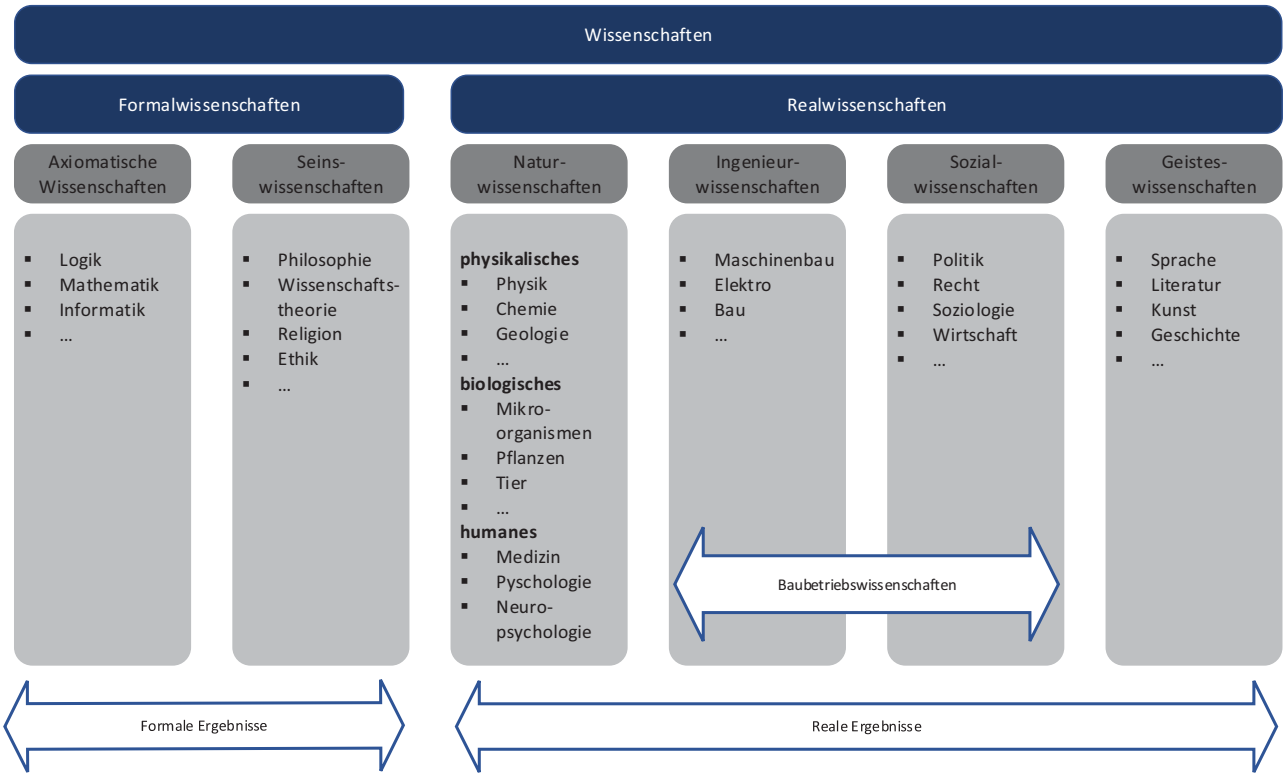


Abbildung 2: Wissenschaftssystematik zur Einordnung der Arbeit[20]

[17] Vgl. Ulrich; Hill (1976): Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. S. 305.

[18] Verkuil; Dey (2010): Forschungsverständnis im Kontext anwendungsorientierter Wissenschaften. https://docplayer.org/1786 3651-Forschungsverstaendnis-im-kontext-anwendungsorientierter-wissenschaften-f-e.html, Abrufdatum: 21.07.2021. S. 4.

[19] Vgl. Ulrich; Hill (1976): Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. S. 305.

[20] Eigene Darstellung in Anlehnung an Girmscheid (2007): Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. S. 47. Auf Grundlage von Ulrich; Hill (1976): Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. S. 305.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Gestaltung der Beräumungsprozesse als Arbeitssysteme, welche soziotechnische Systeme an der Schnittstelle von Mensch und Maschine darstellen. Bei den Arbeitssystemen wird entsprechend der Arbeitsaufgabe die Eingabe durch den Menschen und die Betriebsmittel durch den Arbeitsablauf verändert.[21]

Die vorliegenden Problemstellungen im Bereich der Beräumung ergeben sich aus der baubetrieblichen Praxis, weshalb eine anwendungsorientierte Forschung zielführend ist. Nach Verkuil und Dey[22] können vier verschiedene Typen von anwendungsorientierter Forschung unterschieden werden, wobei eine Evolution zwischen den verschiedenen Typen möglich und in manchen Fällen erforderlich ist.

- Typ I: Es wird eine inhaltliche Lösung für ein konkretes Praxisproblem gesucht (konkret/Einzelfall).
- Typ II: Es wird ein allgemeingültiges Lösungsverfahren für ein konkretes Praxisproblem gesucht (methodisch/Einzelfall).
- Typ III: Es wird ein spezielles Gestaltungsmodell für die Veränderung eines gesamten Systems gesucht (konkret/Gesamtsystem).
- Typ IV: Es werden Regeln für die Entwicklung eines Gestaltungsmodells für ein Gesamtsystem gesucht (methodisch/Gesamtsystem).

Die vorliegende Arbeit befasst sich hinsichtlich des Merkmals „Art der Problemstellung“ mit dem konkreten Problem, dass die Prozesse der Beräumung nicht hinreichend definiert, strukturiert und analysiert sind. Der Forschungsgegenstand respektive die zu untersuchenden Beräumungsprozesse stellen bezüglich des Merkmals „Art des Praxisbezugs“ ein Gesamtsystem dar. Somit entspricht diese Arbeit dem Typ III.

Die wissenschaftstheoretische Verortung ist in Abbildung 3 grafisch dargestellt.

[21] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 53.

[22] Vgl. Verkuil; Dey (2010): Forschungsverständnis im Kontext anwendungsorientierter Wissenschaften. https://docplayer.org/17863651-Forschungsverstaendnis-im-kontext-anwendungsorientierter-wissenschaften-f-e.html, Abrufdatum: 21.07.2021. S. 7 f.

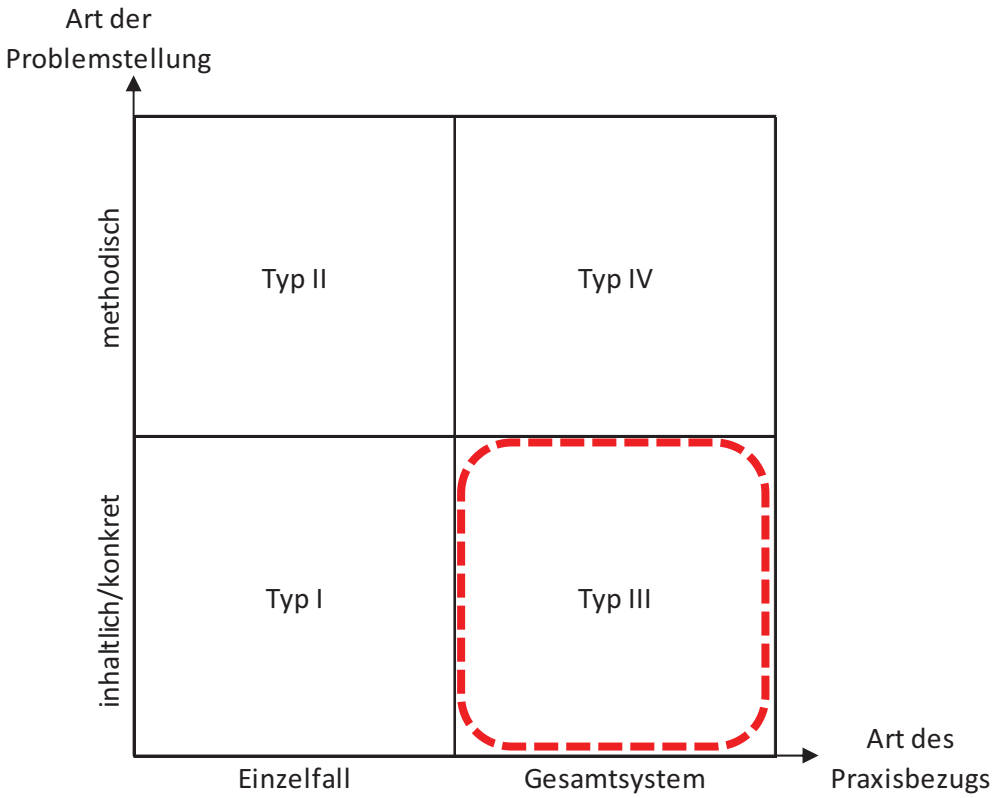


Abbildung 3: Wissenschaftstheoretische Verortung[23]

1.5 Forschungsmethodik der Arbeit

Die Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit hat vordergründig das Ziel, neue Erkenntnisse im Zusammenhang offener Forschungsfragen zu generieren. Zu einer guten Forschungsmethodik gehört es ebenfalls, die gewählte Vorgehensweise verständlich und nachvollziehbar darzustellen.[24]

[23] Eigene Darstellung in Anlehnung an Verkuil; Dey (2010): Forschungsverständnis im Kontext anwendungsorientierter Wissenschaften. https://docplayer.org/1786 3651-Forschungsverstaendnis-im-kontext-anwendungsorientierter-wissenschaften-f-e.html, Abrufdatum: 21.07.2021. S. 7 f.

[24] Vgl. Girmscheid (2007): Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. S. 81.

1.5.1 Datenerfassung mittels REFA-Studien durch Einzelzeit- und systematischer Multimomentaufnahme

Durch die Methoden des Arbeitsstudiums[25] und der Zeitaufnahmen nach REFA[26] werden im Rahmen dieser Dissertation die soziotechnischen Arbeitssysteme der Beräumung aufgenommen und analysiert. Dabei setzt sich das Arbeitssystem aus den folgenden sieben Systembegriffen zusammen, welche in Abbildung 4 in Beziehung zueinander gesetzt sind.

- Arbeitsaufgabe
- Eingabe
- Mensch
- Betriebsmittel
- Arbeitsablauf
- Ausgabe
- Umwelteinflüsse

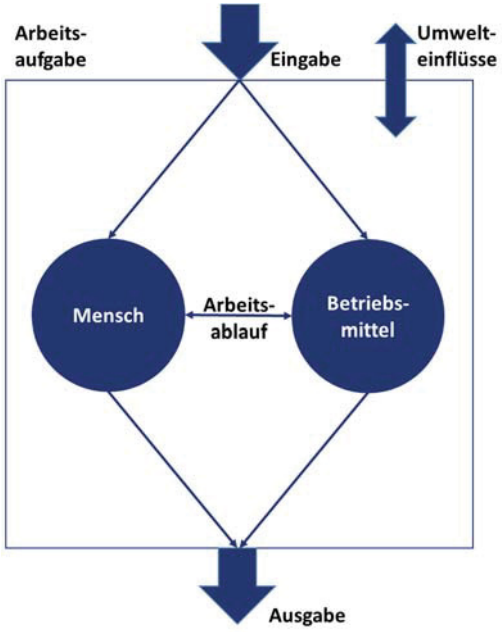


Abbildung 4: Arbeitssystem nach REFA[27]

[25] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 51 ff.

[26] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 47 ff.

[27] Eigene Darstellung in Anlehnung an Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 52 ff.

Für weitere Erläuterungen zu den Systembegriffen wird auf die o. g. Literatur verwiesen. Bei den folgenden Betrachtungen stehen vor allem der Mensch und die Betriebsmittel, welche durch den Arbeitsablauf miteinander verbunden sind, im weiteren Fokus der Untersuchung. Dabei ist der Arbeitsablauf wie folgt definiert: „Der Arbeitsablauf ist die räumliche und zeitliche Folge des Zusammenwirkens von Mensch und Betriebsmittel mit der Eingabe, um diese gemäß der Arbeitsaufgabe zu verändern oder zu verwenden.“[28] Der Arbeitsablauf beschreibt, wo, wann, wie und womit die Eingabe des Arbeitssystems entsprechend der Arbeitsaufgabe verändert wird, um die Ausgabe zu erhalten.[29]

Eine umfängliche Erfassung des Arbeitsablaufs beinhaltet die Aufnahme und Beschreibung von Arbeitsverfahren, Arbeitsmethode, Arbeitsweise und Arbeitsbedingungen, welche in folgender Tabelle definiert werden.

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen des Arbeitsablaufs nach REFA[30]

Arbeits-verfahren	Technologie zur Veränderung des Arbeitsgegenstandes im Sinne der Arbeitsaufgabe.
Arbeits-methode	Regeln zur Ausführung des Arbeitsablaufes durch den Menschen bei einem bestimmten Arbeitsverfahren.
Arbeits-weise	Individuelle Ausführung des Arbeitsablaufs, um den durch die Arbeitsmethode vorgeschriebenen Arbeitsablauf zu erreichen.
Arbeits-bedin-gungen	Alle technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und sozialen Einflüsse auf das Arbeitssystem (umfassender als Umweltbedingungen) = Gesamtheit der Eigenschaften der Systemelemente.

Zur Prozessanalyse ist eine Zerlegung des Arbeitsablaufs in Makro- und Mikroablaufabschnitte unterschiedlicher Granularität sinnvoll, was in Kapitel 5 für die Beräumung weiter ausgeführt wird.

Da Bauarbeiten üblicherweise in Gruppenarbeit[31] ausgeführt werden, sind auch im Rahmen dieser Dissertation zur Ermittlung von Aufwandswerten anfangs Gruppenzeitaufnahmen respektive systematische Multimomentaufnahmen[32] durchgeführt worden. Dabei wird anstelle der Zeitdauer die Häufigkeit[33] des Auftretens einer Tätigkeit im Beobachtungsintervall von

[28] Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 53.

[29] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 57.

[30] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 61 ff.

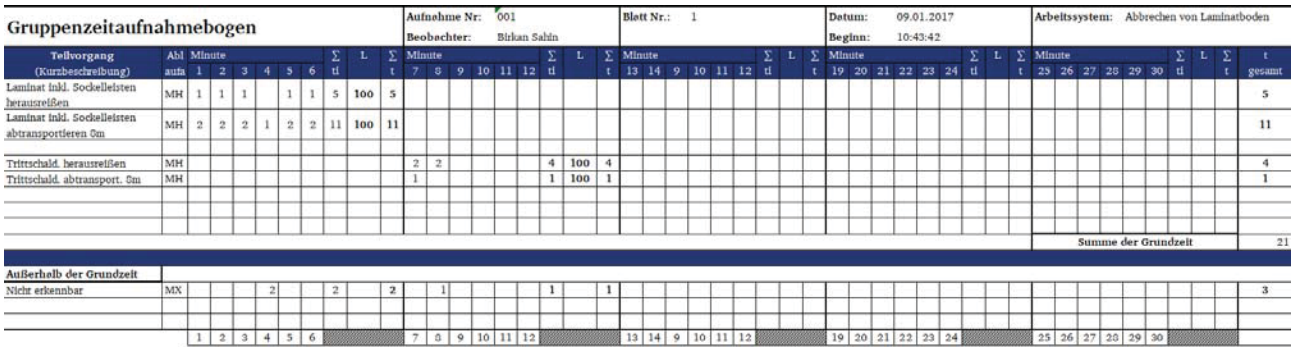
[31] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 53 ff.

[32] Vgl. Sahin/Blesinger (2017): Ermittlung von Materialkennwerten und Zeitaufwandswerten bei vor- und nachgelagerten Prozessen des Abbruchs. S. 157, Anhang A-12.

[33] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 65 ff.

einer Minute gezählt. Aus der Anzahl der Beobachtungen je Ablaufabschnitt respektive je Ablaufart kann auf die prozentuale Häufigkeit des Vorkommens im Verhältnis zum gesamten Arbeitsablauf geschlossen werden, woraus sich wiederum die Dauer der einzelnen Ablaufabschnitte oder der einzelnen Ablaufart anteilig von der Gesamtaufnahmedauer ermitteln lässt. Der Vorteil von Multimomentaufnahmen, dass mit einer beobachtenden Person eine große Anzahl von Arbeitskräften aufgenommen werden kann, besitzt bei Beräumungsarbeiten keine große Relevanz, da die Tätigkeiten zumeist in Einzelarbeit ausgeführt werden und zudem durch eine Videoaufzeichnung auch bei einer spontanen Erhöhung der Anzahl an Arbeitskräften eine Analyse möglich ist. Somit ist nach ersten Baustellenaufnahmen die systematische Multimomentaufnahme nicht weiter angewendet worden.

In der Folge sind der Aufnahme- und der Auswertungsbogen einer systematischen Multimomentaufnahme dargestellt.



Gruppenzeitaufnahmebogen

Aufnahme Nr.: 001 | Beobachter: Birkan Sahin | Blatt Nr.: 1 | Datum: 09.01.2017 | Beginn: 10:43:42 | Arbeitssystem: Abbrechen von Laminatboden

Teilvorgang (Kurzbeschreibung)	Abl auft	Minute 1	2	3	4	5	6	Σ tl	L	Σ t	Minute 7	8	9	10	11	12	Σ tl	L	Σ t	Minute 13	14	9	10	11	12	Σ tl	L	Σ t	Minute 19	20	21	22	23	24	Σ tl	L	Σ t	Minute 25	26	27	28	29	30	Σ tl	L	Σ t	t gesamt
Laminat inkl. Sockelleisten herausreißen	MH	1	1	1		1	1	5	100	5																																			5
Laminat inkl. Sockelleisten abtransportieren 0m	MH	2	2	2	1	2	2	11	100	11																																					11
Trittschald. herausreißen	MH										2	2					4	100	4																											4
Trittschald. abtransport. 0m	MH										1						1	100	1																											1
																																												Summe der Grundzeit			21
Außerhalb der Grundzeit																																													
Nicht erkennbar	MX				2			2		2		1					1		1																											3
		1	2	3	4	5	6				7	8	9	10	11	12				13	14	9	10	11	12				19	20	21	22	23	24				25	26	27	28	29	30				

Abbildung 5: Aufnahmebogen 6-5 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose[34]

[34] In Anlehnung an Sahin/Blesinger (2017): Ermittlung von Materialkennwerten und Zeitaufwandswerten bei vor- und nachgelagerten Prozessen des Abbruchs. Digitaler Anhang.

Auswertungsbogen für Gruppenzeitaufnahmebogen

Teilvorgang (Kurzbeschreibung)	Ablaufa	Einheit	Summe Grundzeit G je Teilvorgang	Summe Mengen je Teilvorgang	Grundzeit/ Einh.(tg) je Teilvorgang [Min]	Grundzeit / Einheit (tg) je Bezugsgröße					
						m² Laminat	m² Trittschalldämmung				
Laminat inkl. Sockelleisten herausreißen	MH	m²	5	21,4	0,23	0,23					
Laminat inkl. Sockelleisten abtransportieren	MH	m²	11	21,4	0,51	0,51					
Trittschald. herausreißen	MH	m²	4	21,4	0,19		0,19				
Trittschald. abtransport. 8m	MH	m²	1	21,4	0,05		0,05				
Zusammenstellung von Grundzeiten			21			0,75	0,23				

Aufnahme Nr:	001
Datum:	09.01.2017
Anzahl Blätter:	1
Arbeitssystem:	Abbrechen von Laminatboden

Außerhalb der Grundzeit				
			∑ in Min	Mittelwert in %
Nicht erkennbar	MX		3	14%
Summe				14%

Stundenaufwandserte te in versch. Bezugsgrößen				
Tätigkeit	tg Std / Einh.	Einh.	Zuschläge für ter + ts + tp	Stundenaufwandswert te Std/ Einh.
Laminatboden inkl. Holzsockelleiste herausreißen und abtransportieren (0m)	0,0125	m²	14%	0,0142
Trittschaldämmung herausreißen und abtransp. (0m)	0,0039	m²	14%	0,0045

Abbildung 6: Auswertungsbogen 6-5 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose[35]

Im Verlauf der Untersuchung der Beräumungsprozesse zeigte sich, dass die einzelnen Teilarbeitssysteme häufig von einer Person ausgeführt werden, was die Aufnahme durch eine beobachtende Person in Form von einer Einzelzeitaufnahme ermöglicht. Zudem ist auf diesem Wege eine Einschätzung des Leistungsgrades möglich.[36] Die Einzelzeitaufnahme stellt dabei einen Messvorgang dar, bei dem die Zeit zur Durchführung einzelner Ablaufabschnitte eines Gesamtvorgangs kontinuierlich gemessen wird. Im Zuge der Vorbereitung von Einzelzeitaufnahmen wird der Arbeitsablauf vorab in Ablaufabschnitte sowie in die Ablaufarten (beispielsweise Haupt- und Nebentätigkeiten) untergliedert.[37] Die Baustellendokumentation der Beräumungsprozesse erfolgt durch eine Videodokumentation, so dass keine Zeitmessung mit Stoppuhr erforderlich ist. Zudem kann somit der Aufnahmefokus auf eine allumfassende Videoaufnahme gelegt werden, da ein gleichzeitiges Ausfüllen des Zeitaufnahme-Kopfbogens[38] samt vorliegender Randbedingungen nicht erforderlich ist und im Anschluss mit der Videoauswertung erfolgen kann. Zur Feststellung des Leistungsgrades[39] sind Notizen des Arbeitsablaufs anzufertigen. Am Ende der Einzelzeitaufnahmen ist eine statistische Auswertung möglich, im Zuge derer u. a. der Mittelwert aller Messungen, die Standardabweichung und der Vertrauensbereich errechnet werden können.[40]

[35] In Anlehnung an Sahin/Blesinger (2017): Ermittlung von Materialkennwerten und Zeitaufwandswerten bei vor- und nachgelagerten Prozessen des Abbruchs. Digitaler Anhang.

[36] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 89 ff.

[37] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 19 ff.

[38] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 54 ff.

[39] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 37 ff.

[40] Vgl. Künstner (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung. S. 58 ff.

In der Folge sind für eine durchgeführte Einzelzeitaufnahme die eigens erstellten Aufnahme- und Auswertungsbogen dargestellt.

	Position:	**Raum 2**			1		
	Menge [m²]:	**30,31**					
	Ausführungszeit te [min]	38,33	**Ausführungszeit te [h]**	**0,64**	8		
	Aufwandswert [min/m²]:	1,26	**Aufwandswert [h/m²]:**	**0,02**			
3	2		4		5	6	
Ablaufart	**Teilvorgang**	**Start [Std:Min:Sek]**	**Ende [Std:Min:Sek]**	**Dauer [Std:Min:Sek]**	**AK [St]**	**Gesamtdauer [Std:Min:Sek]**	**Gesamtdauer [min]**
T_{MH}	Boden mit Brecheisen abbrechen	00:00:00	00:03:30	00:03:30	1,00	00:03:30	3,50
T_{MH}	Boden mit Brecheisen abbrechen	00:03:30	00:04:48	00:01:18	2,00	00:02:36	2,60
T_{MZ}	Einweisung	00:04:48	00:05:28	00:00:40	2,00	00:01:20	1,33
T_{MH}	Boden mit Brecheisen abbrechen	00:05:28	00:12:30	00:07:02	2,00	00:14:04	14,07
T_{MH}	Boden mit Brecheisen abbrechen	00:12:30	00:13:20	00:00:50	1,00	00:00:50	0,83
T_{MH}	Boden mit Brecheisen abbrechen	00:13:20	00:21:20	00:08:00	2,00	00:16:00	16,00
				7	**Ausführungszeit te [h]**		**0,64**
					Ausführungszeit te [min]		38,33

Abbildung 7: Zeitaufnahme-Kopfbogen einer Einzelzeitaufnahme[41]

[41] Vgl. Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. S. 39.

Ablaufart	Abkürzung	Dauer [h]	Prozentanteil [%]
Haupttätigkeit	T_{MH}	0,62	97%
Nebentätigkeit	T_{MN}	0,00	0%
zusätzliche Tätigkeit	T_{MZ}	0,02	3%
ablaufbedingtes Unterbrechen	T_{MA}	0,00	0%
störungsbedingtes Unterbrechen	T_{MS}	0,00	0%
erholungsbedingtes Unterbrechen	T_{ME}	0,00	0%
persönlich bedingtes Unterbrechen	T_{MP}	0,00	0%
Zeitart	**Abkürzung**	**Dauer [h]**	**Prozentanteil [%]**
Tätigkeitszeit $\sum T_{MH} + \sum T_{MN}$	t_t	0,62	97%
Wartezeit $\sum T_{MA}$	t_w	0,00	0%
sachliche Verteilzeit $\sum T_{MS} + \sum T_{MZ}$	t_s	0,02	3%
persönliche Verteilzeit $\sum T_{MP}$	t_p	0,00	0%
Grundzeit $\sum t_t + \sum t_w$	t_g	0,62	97%
Erholungszeit $\sum t_{ME}$	t_{er}	0,00	0%
Verteilzeit $\sum t_s + \sum t_p$	t_v	0,02	3%
Vorgabezeit $\sum t_g + \sum t_{er} + \sum t_v$	t_e	0,64	100%

Abbildung 8: Verteilung der Ablaufarten[42]

1.5.2 Leitfadenbasierte Experteninterviews als qualitative Forschungsmethodik

Zur Analyse baubetrieblicher Prozesse, wie sie bei Beräumungsarbeiten ausgeführt werden, können grundlegend verschiedene Vorgehensweisen herangezogen werden.

Bei quantitativen Analysen[43] werden vorliegende Zahlen verwendet und mathematische Operationen für die Erhebung und Auswertung eingesetzt. Dies ist beispielsweise beim Einsatz von standardisierten Fragebögen[44] der Fall, im Zuge derer vorformulierte, geschlossene Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten gestellt werden. Der Vorteil dieser Erhebungsmethodik liegt darin, dass eine Vergleichbarkeit zwischen den Aussagen der einzelnen Befragungen gewährleistet werden kann.

[42] Vgl. Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. S. 41.

[43] Vgl. Mayring (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. S. 15 f.

[44] Vgl. Schnell et al. (2005): Methoden der empirischen Sozialforschung. S. 322 f.

Aufgrund der geringen Datenlage und des kaum existierenden Vorwissens in Form von Fachliteratur im Bereich der Prozessgestaltung der Beräumung wird für die folgenden Untersuchungen ein qualitativer Forschungsansatz in Form von leitfadengestützten Experteninterviews gewählt. Der zuvor erstellte Leitfaden, welcher den Expertinnen und Experten im Voraus zur Verfügung gestellt wird, dient der interviewführenden Person als Orientierung und Erinnerung der im Interview abzuhandelnden Themengebiete. Er besteht aus offenen Fragen[45], um nicht berücksichtigte Aspekte einzuschließen, und gewährleistet, dass die Antworten thematisch untereinander vergleichbar sind. Durch die offenen Fragen soll das freie Reden ausgelöst und ein Einblick in die spezifische Relevanz der jeweiligen Problemfelder ermöglicht werden.[46]

Der Ablauf eines Experteninterviews ist in Abbildung 9 dargestellt.

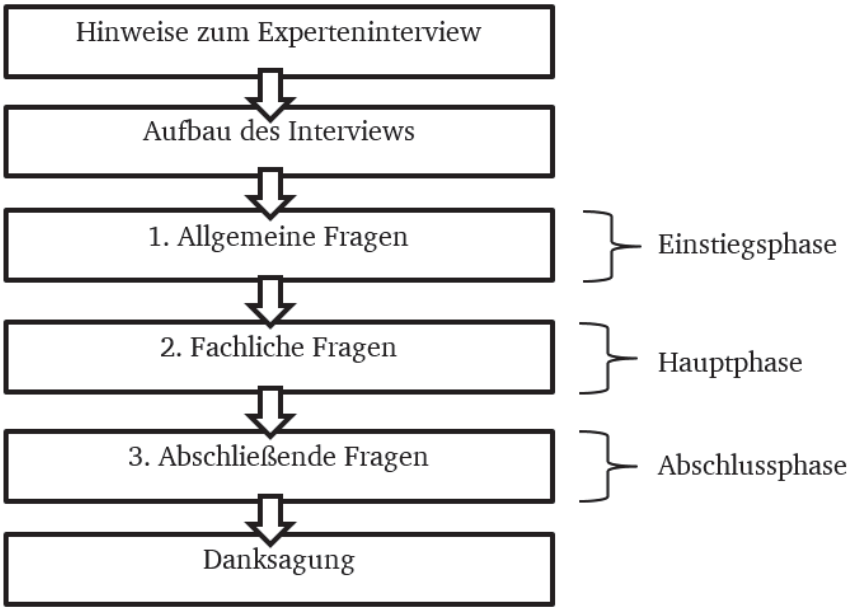


Abbildung 9: Aufbau von Experteninterviews

Ein großer Vorteil des leitfadengestützten Experteninterviews ist es, dass im Zuge der Durchführung umgehend auf unklare oder möglicherweise unvollständige Aussagen Rückfragen gestellt und diese besprochen werden können. Allerdings verlangt dies bei der interviewführenden Person ein breites Fachwissen zum besprochenen Themenkomplex.[47]

[45] Vgl. Mayer (2008): Interview und schriftliche Befragung. S. 43.
[46] Vgl. Mieg; Näf (2005): Experteninterviews. S. 14 ff.
[47] Vgl. Mieg; Näf (2005): Experteninterviews. S. 10.

Ein bedeutender Baustein zum Gelingen von leitfadengestützten Experteninterviews ist die Auswahl der Gesprächspartner, da sie über Erfahrungswissen im Rahmen des zu besprechenden Themengebiets verfügen müssen.[48] Es sollten Expertinnen und Experten aus der Führungsebene gewählt werden, da sie zumeist über ein vertieftes Fachwissen verfügen und eine intrinsische Motivation zur Teilnahme an der Befragung und an den Ergebnissen der Studie angenommen werden kann.[49]

Die Aussagen der Experteninterviews werden mit der Auswertungsmethodik der qualitativen Inhaltsanalyse[50] wie folgt ausgewertet.

- Theoretische Vorüberlegungen
- Vorbereitung der Extraktion
- Extraktion
- Aufbereitung
- Auswertung

Zur Auswertung der Interviews werden diese mit einem digitalen Tonaufzeichnungsgerät als Gesprächsprotokoll aufgenommen und anschließend transkribiert.[51] Die Transkription erfolgt nach dem System von Kuckartz[52], um eine Mischung aus Kommentierung und Lesbarkeit zu erreichen. Unter anderem sind dabei die folgenden Regeln zu beachten:

- Wörtliche Transkription, nicht lautsprachlich oder zusammenfassend und ohne Dialekt.
- Sprache und Interpunktion werden dem Schriftdeutsch angenähert.
- Anonymisierung der Angaben, die Rückschlüsse auf eine befragte Person erlauben.
- Deutliche Pausen werden durch Auslassungspunkte (...) markiert.
- Betonte Begriffe werden unterstrichen dargestellt.

[48] Vgl. Mieg; Näf (2005): Experteninterviews. S. 13.

[49] Vgl. Mayer (2008): Interview und schriftliche Befragung. S. 41.

[50] Vgl. Gläser; Laudel (2010): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. S. 199 ff.

[51] Vgl. Mayer (2008): Interview und schriftliche Befragung. S. 47

[52] Vgl. Kuckartz et al. (2008): Qualitative Evaluation. S. 27 f.

- Zustimmende bzw. bestätigende Lautäußerungen und kurze Einwürfe der interviewenden Person werden nicht mit transkribiert.
- Lautäußerungen der befragten Person, zur Unterstützung oder Verdeutlichung werden in Klammern notiert.
- Wiederholungen werden nicht mit transkribiert.
- Sprecherwechsel werden durch eine Leerzeile kenntlich gemacht.

Die aus den Abschriften erhaltenen Rohdaten werden extrahiert, aufbereitet und entsprechend der Forschungsfragen sortiert und zusammengefasst. Durch die Auswertung der aufbereiteten Informationen können diese analysiert und letztlich interpretiert werden.

1.6 Abgrenzung der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit werden die vor- und nachgelagerten Prozesse des Abbruchs untersucht, wobei als Untersuchungsobjekte Geschossbauten, vordergründig Büro- und Verwaltungsgebäude, herangezogen werden. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den vorgelagerten Tätigkeiten der Beräumung; eine Begriffsdefinition erfolgt in Kapitel 4.

Der Betrachtungshorizont dieser Arbeit endet mit der Grenze der Baustelle. Somit werden im weiteren Verlauf die Prozesse der Abfallbehandlung im Entsorgungsbetrieb oder auf der Deponie nicht näher untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass die Entsorgungsunternehmen respektive die Deponie die angenommenen Stoffe und Bauteile entsprechend den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG)[53] verwertet, behandelt und die abzulagernde Menge und deren Schädlichkeit durch geeignete Sortierungs- und Separierungsmaßnahmen auf ein Minimum reduziert.

Die Prozesse der Schadstoffsanierung spielen bei den vorgelagerten Tätigkeiten des Abbruchs eine wichtige Rolle und sind häufig ein bestimmender Faktor in Bezug auf den Aufwand respektive die Dauer sowie auf die Kosten der Ausführung. Aufgrund der Individualität von Abbruchobjekten und der Komplexität von Schadstoffsanierungsarbeiten, erfolgt lediglich eine Einordnung dieses Themenfelds in den Gesamtablauf und einzelne beispielhafte Baustellenaufnahmen. Eine detaillierte Untersuchung zu Besonderheiten in der Prozessgestaltung, zum zeitlichen (Mehr-)Aufwand und zu den einzelnen Vorgangsdauern sowie den anfallenden (Entsorgungs-)Mengen der Schadstoffsanierung kann im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden.

[53] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 17.

2 Grundlagen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten

Zur Einordnung der Entsorgung in den Abbruchprozess wird in diesem Kapitel das Abfallaufkommen in Deutschland besprochen und speziell auf Bau- und Abbruchabfälle eingegangen. Darüber hinaus werden rechtliche Rahmenbedingungen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten vorgestellt.

2.1 Abfälle bei Abbrucharbeiten

Mit der Abfallbilanz veröffentlich das Statistische Bundesamt jährlich das Abfallaufkommen in Deutschland untergliedert in Abfallarten respektive Abfallentstehung und gibt zudem den weiteren Verbleib in Abfallentsorgungsanlagen an. In Abbildung 10 ist die Abfallbilanz für das Jahr 2018 dargestellt.

Abfallart	Abfallaufkommen	Davon Verbleib in Abfallentsorgungsanlagen mit					Verwertungsquote
		Beseitigungsverfahren			Verwertungsverfahren		
		Ablagerung	Thermische Beseitigung	Behandlung zur Beseitigung	Energetische Verwertung	Stoffliche Verwertung	
	1 000 Tonnen						%
Abfallaufkommen	417 197	71 201	3 558	3 962	48 021	290 456	81
davon							
Siedlungsabfälle	50 260	109	179	603	15 646	33 723	98
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen	28 846	27 916	0	67	14	849	3
Bau- und Abbruchabfälle	228 120	25 908	91	994	1 351	199 776	88
Sekundärabfälle	54 885	5 004	342	769	18 518	30 253	89
Übrige Abfälle (insbesondere aus Produktion und Gewerbe)	55 086	12 265	2 945	1 529	12 492	25 855	70

Abbildung 10: Abfallbilanz 2018[54]

Mit 228 Millionen Tonnen betragen die Bau- und Abbruchabfälle mehr als vier Mal so viel wie beispielsweise Abfälle aus Produktion und Gewerbe oder Siedlungsabfälle. Zwar liegt die Verwertungsquote im Bereich der Bau- und Abbruchabfälle bei 88 %, dennoch besteht Ver-

[54] Eigene Darstellung in Anlehnung an DESTATIS Statistisches Bundesamt (o. J.): Abfallbilanz, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html;jsessionid=38B4121830A1FACDC3DD9ED5759168C0.live741, Abrufdatum: 20.07.2021.

besserungspotential, da fast 26 Millionen Tonnen abgelagert wurden. Dabei ist das Abfallaufkommen im Betrachtungszeitraum von 12 Jahren nahezu konstant mit leicht steigender Tendenz in den letzten Jahren, wie in Abbildung 11 gezeigt ist.[55]

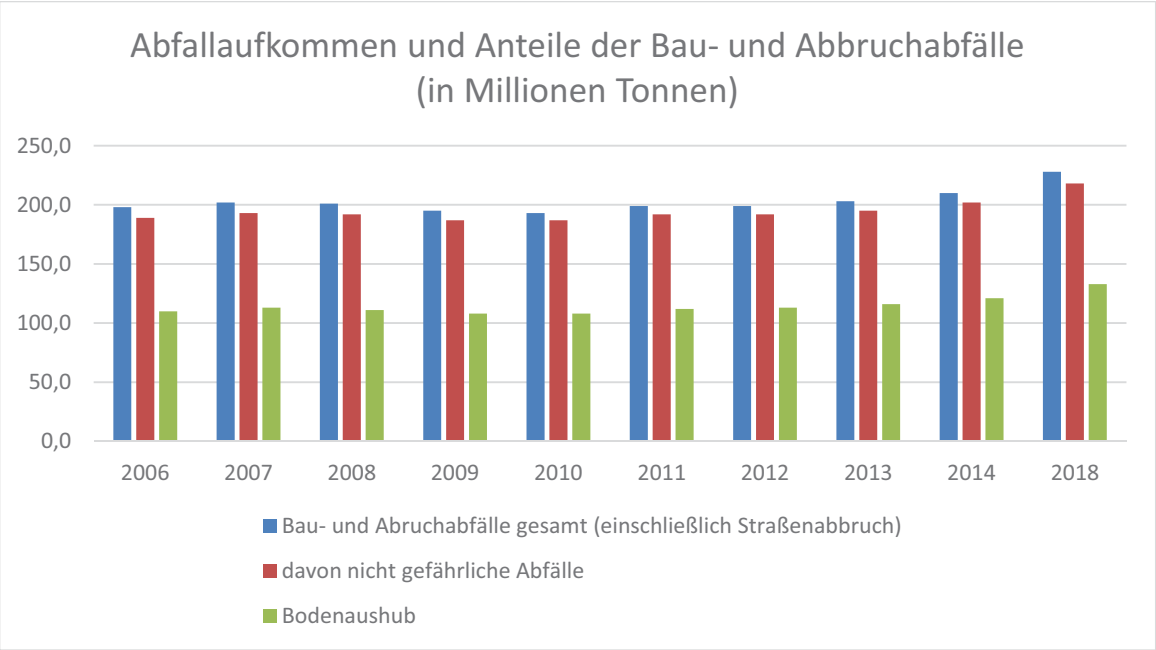


Abbildung 11: Abfallaufkommen und Anteile der Bau- und Abbruchabfälle[56]

Das Ziel aller an Abbrucharbeiten Beteiligten muss es deshalb sein, durch eine durchdachte Planung und Ausführung die Abfallmengen zur Verwertung und Beseitigung zu reduzieren, was nur mit hinreichender Kenntnis zu Qualität und Quantität der verbauten Materialien als auch zu den möglichen Abbruch- und Beräumungsverfahren verwirklicht werden kann.

[55] Eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (o. J.): Abfallaufkommen 2018, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html;jsessionid=FA83F21A41FE8585D9F08D0BE57F79F4.live741, Abrufdatum: 20.07.2021.

[56] Eigene Darstellung in Anlehnung an BMU (2020): Abfallaufkommen und Anteile der Bau- und Abbruchabfälle, https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/bauabfaelle-und-bodenaushub/abfallaufkommen-und-anteile-der-bau-und-abbruchabfaelle/, Abrufdatum: 20.07.2021.

2.2 Grundlagen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten

Die Entsorgung von Abfällen wird durch eine Vielzahl nationaler und internationaler Verordnungen und Richtlinien geregelt.[57] Die in Europa geltende Abfallrahmenrichtlinie[58] definiert dabei abfallbezogene Begrifflichkeiten und legt unter anderem eine fünfstufige Abfallhierarchie fest. Im deutschen Abfallrecht bildet das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)[59] die Grundlage abfallrechtlicher Vorschriften. Darüber hinaus sind zahlreiche Rechtsverordnungen, wie die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)[60], die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)[61] und die Nachweisverordnung (NachwV)[62] zu beachten.

2.2.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG[63] wird der Zweck verfolgt, die Kreislaufwirtschaft sicherzustellen, um natürliche Ressourcen zu schonen und den Mensch und die Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen zu schützen.

Im Sinne des KrWG sind Abfälle „alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“[64], wobei zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfälle zur Beseitigung unterschieden wird. Die Verwertung von Abfällen hat den Vorrang vor deren Beseitigung, wobei der Vorrang entfällt, wenn die Beseitigung der Abfälle den Schutz von Menschen und Umwelt am besten gewährleistet.[65] Die Aussage, dass die Verwertungspflicht nur zu erfüllen ist, soweit dies „technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar“[66] ist, eröffnet einen gewissen Interpretationsspielraum. Generell ist von den Erzeugern zu beachten, dass Abfälle während und nach dem Abbruchprozess getrenntgehalten werden.[67]

---

[57] Vgl. Umweltbundesamt (2020): Abfallrecht, https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/abfallrecht, Abrufdatum: 17.03.2021.

[58] Vgl. Abfallrahmenrichtlinie (2008): https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1602768647329&uri=CELEX:02008L0098-20180705, Abrufdatum: 21.07.2021. S. 6.

[59] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[60] Vgl. AVV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/avv/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[61] Vgl. GewAbfV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/index.html, Abrufdatum: 04.03.2021.

[62] Vgl. NachwV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[63] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 5.

[64] KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 7.

[65] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 12.

[66] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 12.

[67] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 12.

Entsprechend der Abfallhierarchie gilt es, die in Abbildung 12 dargestellte Rangfolge zu beachten.

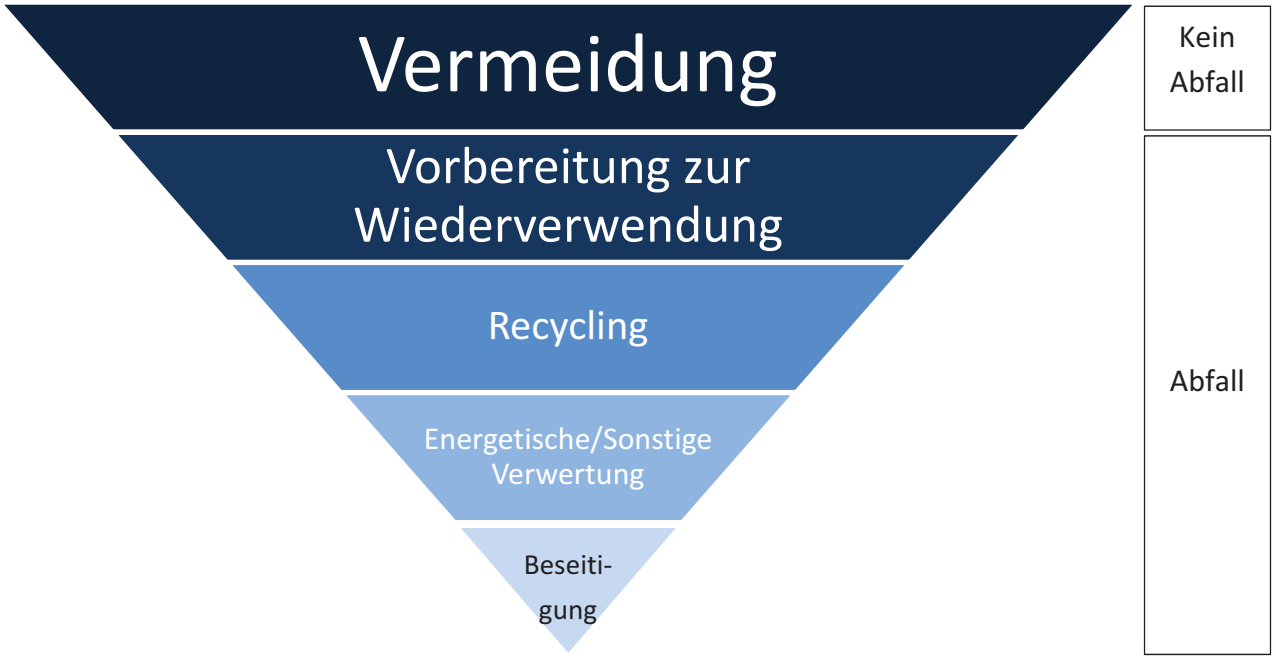


Abbildung 12: Abfallhierarchie[68]

Durch die Vermeidung von Abfällen, welche die höchste Priorität besitzt, fallen keine Abfälle an. Zur Erreichung dieser obersten Stufe ist es erforderlich, dass dem potentiellen Abfallerzeuger, was vordergründig dem Gebäudeeigentümer entspricht, eine Bewertungsmöglichkeit zur Verfügung steht, um eine begründete Entscheidung für oder gegen den Abbruch eines Gebäudes oder dessen Bauteilen aus ökonomischen, ökologischen und sozio-kulturellen Gesichtspunkten treffen zu können. Hierzu möchte diese Arbeit und die entwickelte Bewertungsmatrix Beräumung einen Beitrag leisten.

2.2.2 Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

Die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) dient zur Bezeichnung von Abfällen als auch zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit.[69] Der anfallende Abfallstoff wird einer Abfallart zugeordnet, welche aus einem sechsstelligen Abfallschlüssel und einer Abfallbe-

[68] Eigene Darstellung in Anlehnung an KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 11.
[69] Vgl. AVV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/avv/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 1.

zeichnung besteht. Neben der Herkunft der Abfälle werden sie hinsichtlich ihrer gefahrenrelevanten Eigenschaften im AVV kategorisiert. Abfallarten, die zusätzlich zum sechsstelligen Abfallschlüssel mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet sind, werden den gefährlichen Abfällen im Sinne des KrWG zugeordnet.[70]

2.2.3 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)

Die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) gibt an, welche Trennpflichten von gewerblichen Abfallerzeugern einzuhalten sind. Erzeuger und Besitzer von Bau- und Abbruchabfällen haben die Pflicht, die folgenden Abfallfraktionen getrennt zu sammeln und vorrangig der Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen.[71]

Tabelle 2: Abfallfraktionen und Abfallschlüssel[72]

Abfallfraktion	Abfallschlüssel
Glas	17 02 02
Kunststoff	17 02 03
Metalle, einschließlich Legierungen	17 04 01 bis 17 04 07 und 17 04 11
Holz	17 02 01
Dämmmaterial	17 06 04
Bitumengemische	17 03 02
Baustoffe auf Gipsbasis	17 08 02
Beton	17 01 01
Ziegel	17 01 02
Fliesen und Keramik	17 01 03

Die vorbeschriebenen Pflichten entfallen, wenn die getrennte Sammlung der jeweiligen Abfallfraktion technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist. Als Beispiele technischer Unmöglichkeit werden Platzmangel in Form von fehlender Aufstellfläche für Abfallbehälter und rückbaustatische oder rückbautechnische Gründe angegeben. Wirtschaftlich unzumutbar ist die getrennte Sammlung, wenn nur eine geringe Menge oder eine hohe Verschmutzung vorliegt. Auf das im KrWG enthaltene Vermischungsverbot[73] von gefährlichen

[70] Vgl. AVV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/avv/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 2.

[71] Vgl. GewAbfV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/, Abrufdatum: 04.03.2021. Seite 3.

[72] Eigene Darstellung in Anlehnung an GewAbfV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 7.

[73] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 13.

Abfällen mit anderen Abfällen, Stoffen und Materialien, wird in der GewAbfV[74] nochmals hingewiesen.

2.2.4 Nachweisverordnung (NachwV)

Nach KrWG sind Erzeuger, Besitzer, Sammler, Beförderer und Entsorger bei gefährlichen Abfällen dazu verpflichtet, die ordnungsgemäße Entsorgung der zuständigen Behörde nachzuweisen.[75] Die NachwV konkretisiert diese Vorgaben und regelt die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen. So sind Erzeuger von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen grundsätzlich dazu verpflichtet, die ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen sowohl untereinander als auch gegenüber der zuständigen Behörde mit Hilfe von elektronischer Nachweisführung oder unter Verwendung von Formblättern nachzuweisen.[76] Die Zulässigkeit der vorgesehenen Entsorgung nachweispflichtiger Abfälle ist vor Beginn der Abfallentsorgung durch einen Entsorgungsnachweis zu belegen.

[74] Vgl. GewAbfV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 7.

[75] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 39.

[76] Vgl. NachwV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 3.

3 Bestandsaufnahme bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten

Eine Bestandsaufnahme wird von Motzko und Klingenberger[77] als Basis für die Erfassung verschiedener Eingangsgrößen, welche für die Angebotskalkulation von Abbrucharbeiten erforderlich sind, angesehen. Hierzu zählen unter anderem Bauart, Bauweise, Baustoffe, Abmessungen der Bauteile und deren Mengen sowie die vorherige Gebäudenutzung.

Zur zielsicheren Planung und Ausführung von Abbrucharbeiten sollte im Vorhinein eine Bestandsaufnahme erfolgen, was Ebner[78] in seiner Untersuchung im Jahre 2002 feststellte. Demnach sind zusätzliche Leistungen aufgrund von unzureichenden Bestandsaufnahmen der Hauptgrund für die Überschreitung des Kostenrahmens bei Abbruchprojekten.

Der Deutsche Abbruchverband[79] gibt an, dass für Kostenschätzungen sowohl exakte Mengenberechnungen als auch Mengeneinschätzungen denkbar sind, sofern keine Schadstoffbelastung vorliegt. Dabei können Mengeneinschätzungen bei Zeitmangel teilweise unvermeidbar sein und auf Basis von Kennzahlen erfolgen. Durch Mengeneinschätzungen kann sich das Ausführungsrisiko erhöhen, was sich dadurch verschärft, dass in den Ausschreibungsunterlagen häufig nur das abzubrechende Volumen (in m^3 BRI) vorgegeben wird. Zu den für die Beräumung bedeutenden Bauteilen der technischen Anlagen wird angegeben, dass eine gebäudebezogene Berechnung durchzuführen ist, da die Vielfalt der Ausrüstungen eine Mengenermittlung nicht möglich macht.

Die Richtlinie VDI 6210 Blatt 9 – Entwurf: 2020-06 Abbruchstatik[80] gibt an, dass eine Bestandsaufnahme für das Aufstellen einer Abbruchstatik vor Beginn der Abbruchmaßnahme durchzuführen ist.

Die Richtlinie VDI 6210-1:2016-02 Abbruch[81] verortet die Aufgaben der Bestandsaufnahme in der „Leistungsstufe 1 Abbruchstudie“, welche als Grundlagenermittlung für die darauffolgenden Planungsprozesse beschrieben ist. Als Aufgaben werden genannt:

- Recherche nach verfügbaren Unterlagen
- Begehung der Anlage und Durchführung von technischen Untersuchungen

[77] Vgl. Motzko, Klingenberger (2004): Kalkulation kontrollierter Abbrucharbeiten. S. 23.

[78] Vgl. Ebner (2002): Bauen im Bestand bei Bürogebäuden. S. 110.

[79] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 156.

[80] Vgl. VDI 6210 Blatt 9 – Entwurf: 2020-06: Abbruch baulicher und technischer Anlagen – Abbruchstatik. S. 2.

[81] Vgl. VDI 6210 Blatt 1: 2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen. S. 13.

- Abgleich der vorhandenen Bestandsunterlagen mit dem sichtbaren Bestand und Aufzeigen von Abweichungen und gegebenenfalls Anpassung der Unterlagen an den Bestand

Aus den vorgenannten Literaturquellen geht hervor, dass für Abbruch- und Beräumungsmaßnahmen sowie für das Bauen im Bestand umfassende Bestandsaufnahmen mit Mengenermittlung durchzuführen sind.

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

3.1 Bestandsaufnahme als Teil der Prozessabfolge bei Abbrucharbeiten

Die Bestandsaufnahme ist nach Motzko et al. der Basisprozess eines Abbruchprojektes. Mit den im Vorfeld gewonnen individuellen Daten und Informationen des Abbruchobjektes kann das weitere Vorgehen geplant werden und eine zielsichere Ausführung erfolgen. Dabei setzt sich die Ausführung aus den vorgelagerten Beräumungsprozessen, bestehend aus Entrümpelung und Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung, und dem Abbruch der Tragkonstruktion zusammen. Die während der Beräumung und des Abbruchs der Tragkonstruktion anfallenden Abfallstoffe werden im Zuge der Entsorgung wieder- oder weiterverwendet, verwertet oder beseitigt.

Die Prozessabfolge bei Abbrucharbeiten ist in Abbildung 13 dargestellt.

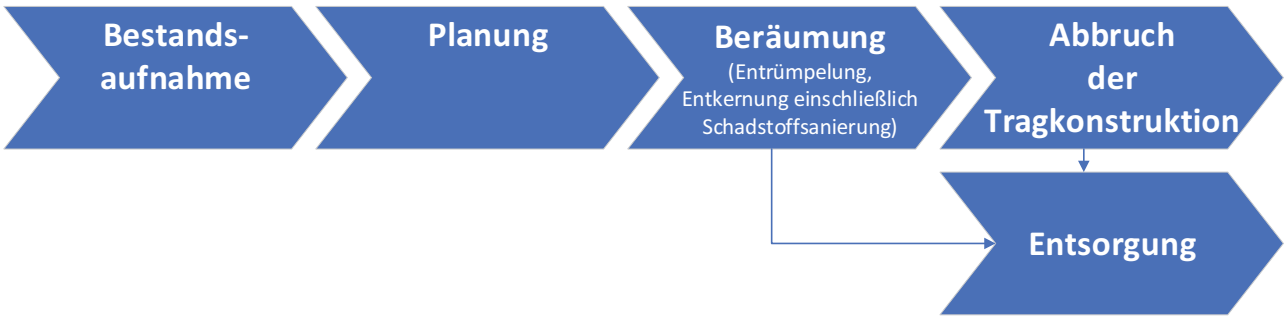


Abbildung 13: Prozessabfolge bei Abbrucharbeiten[82]

[82] Eigene Darstellung in Anlehnung an Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 33.

3.2 Arten der Bestandsaufnahme bei Beräumungsarbeiten

Eine Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten kann in verschiedene Gruppierungen unterteilt werden, wobei die Gruppierung nach Schmitz et al. für die Beräumung vorteilhaft erscheint. Wie in Abbildung 14 dargestellt, wird dabei in maßliche, technische, nutzungs- und umgebungsbezogene Bestandsaufnahme unterschieden.

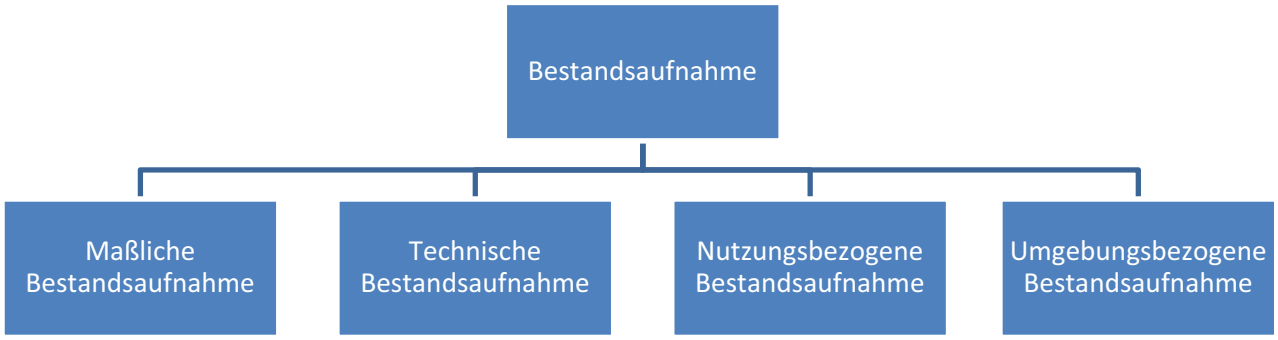


Abbildung 14: Gruppierung der Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten[83]

Im Zuge der maßlichen Bestandsaufnahme[84] werden die Abmessungen der Bauteile, welche für die Mengenermittlung erforderlich sind, aufgenommen. Bei dieser Vor-Ort-Aufnahme der Quantitäten stehen beispielsweise Längen-, Höhen- und Winkelmaße im Fokus. Beim Vorliegen von Bestandsunterlagen und Bestandsplänen vereinfacht sich die Mengenermittlung, wobei die vorliegenden Daten mit dem tatsächlichen Ist-Zustand abzugleichen sind. In der Folge können die zu beräumenden Mengen respektive die zu erwartenden Abfallmengen ermittelt werden.

Die technische Bestandsaufnahme[85] entspricht einer qualitativen Dokumentation der einzelnen Bauteile. Unter anderem sind die Funktionsfähigkeit und der Zustand sowie die Konstruktion, Bauart und Bauweise aufzunehmen. Spezifische Angaben zu den verbauten Bau- und Anlagenteilen können beispielsweise aus technischen Unterlagen der Anlagenwartung herangezogen werden. Bei der Aufnahme der vorliegenden Bauteile sollte stets ein Augenmerk auf das mögliche Vorhandensein von Schadstoffen gelegt werden. Gegebenenfalls ist die Schadstoffbelastung einzelner Bauteile durch weitere Beprobungen zu bestimmen.

---

[83] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 34.

[84] Vgl. Schmitz et al. (1991): Konstruktionsempfehlungen. S. 19.

[85] Vgl. Schmitz et al. (1991): Konstruktionsempfehlungen. S. 19 f.

Die nutzungsbezogene Bestandsaufnahme[86, 87] stellt die vorherigen Nutzungen des zu beräumenden Gebäudes seit dem Zeitpunkt der Erstellung mit allen durchgeführten baulichen Veränderungen in den Untersuchungsfokus. Informationen zu vorherigen Gebäude- oder Raumnutzungen können der Beleg für ein mögliches Vorliegen von Schadstoffen sein. In diesem Bereich kann beispielsweise eine Befragung vorheriger Eigentümer, Nutzer oder an Baumaßnahmen beteiligter Unternehmen zu einem Erkenntnisgewinnen führen.

Bei der umgebungsbezogenen Bestandsaufnahme ist die angrenzende Umgebung mit dem Objektstandort und dessen Nachbarbebauung zu erfassen. Hieraus ergeben sich wichtige Planungsgrundlagen[88] wie der Abstand und die Nutzung der Nachbarbebauung, vorhandene und ggf. zu schützende Straßen oder Versorgungsleitungen, die vorliegenden Umweltbedingungen wie angrenzende Vegetation und Gewässer sowie Beschränkungen bezüglich der Arbeits- und Ausführungszeiten. Die gewonnenen Informationen zu Platz- und Versorgungsverhältnissen können sich auf die Auswahl der Abbruchverfahren und die Baustelleneinrichtung einschließlich Lager- oder Sammelflächen auswirken. Zudem ist durch eine Bestandsaufnahme sicherzustellen, dass eine Baustelle entsprechend den Vorgaben der Hessischen Bauordnung[89] eingerichtet werden kann, so dass keine Gefahren für die Arbeitskräfte und die Umgebung auftreten können.

Die im Zuge der Bestandsaufnahme aufgenommenen Daten und Informationen können in der Folge dazu dienen, dass in der Planung der Beräumungsarbeiten eine hohe Wiederverwendungsquote von Bauteilen zu erreichen ist. Der sich daraus ergebende Mehraufwand für einen zerstörungsfreien Ausbau respektive für das Demontieren eines Bauteils steht dabei dem (monetären) Wert des auszubauenden Bauteils gegenüber. Die hohe Bedeutung einer Bestandsaufnahme für die Schonung von Ressourcen durch die Verwendung von Bauteilen kann damit verdeutlich werden.

3.3 Daten der Bestandsaufnahme bei Beräumungsarbeiten

Je nach Verwendungszweck einer Bestandsaufnahme ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an Quantität und Qualität der aufzunehmenden Daten. So kann beispielsweise bei einer Abbruch- und Umbaumaßnahme im Bestand eine größere Detailtiefe der Daten erforderlich sein als bei einem ausschließlichen Abbruch der Tragkonstruktion.

---

[86] Vgl. Klingenberger (2007): Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden. S. 93.

[87] Vgl. Schmitz et al. (1991): Konstruktionsempfehlungen. S. 26.

[88] Vgl. BAuA (2010): Selektiver Abbruch und verwendungsorientierter Rückbau. S. 14.

[89] Vgl. HBO (2018) mit Änderungen vom Juni 2020, § 3 und § 11.

Ist bei einer Beräumung lediglich eine Beseitigung der Gegenstände respektive Bauteile vorgesehen, so sollten im Zuge der maßlichen Bestandsaufnahme die Bauteilabmessungen auf +/- 10 cm analog den zulässigen Abweichungen aus der ATV DIN 18459:2016-09[90] aufgenommen werden. Diese Vorgehensweise stellt ein akzeptables Ergebnis zwischen Aufwand und Ertrag sicher. Bei einer vorgesehenen Verwendung von Gegenständen und Bauteilen ist eine höhere Genauigkeit der Aufnahme erforderlich.

Nach Motzko et al.[91] sind für die Planung und Ausführung von Beräumungsarbeiten die folgenden Daten von ortsveränderlichen Gegenständen und fest mit dem Gebäude verbundenen Bauteilen im Zuge einer Bestandsaufnahme aufzunehmen:

- Art der Gegenstände (beispielsweise Schrank, Regal, Sessel, Teppich) sowie Art des Bauteils (beispielsweise nach Bauteilen geordnet).
- Gewicht der Gegenstände sowie die Anzahl und Maße der Bauteile (Abwägung, ob vorheriges Auseinanderbauen vorteilhaft im Vergleich zum Aufwand des Abtransports in einem Stück ist).
- Materialität und Materialzusammensetzung der Gegenstände sowie der Bauteile (Zuordnung zum jeweiligen Abfallschlüssel möglich).
- Zustand der Gegenstände sowie der Bauteile (Abwägung über mögliche Verwendung des Gegenstandes respektive des Bauteils anstelle einer Entsorgung).
- Lage der Gegenstände respektive der Bauteile im Abbruchobjekt und anschließende Transportwege (Abwägung, ob die vorliegenden Maße der Gebäudeöffnungen für den Abtransport des Gegenstandes respektive des Bauteils im Ganzen geeignet sind).
- Tragfähigkeit der Deckenkonstruktion (Mögliche Anhäufung bei Zwischenlagerung von Entsorgungsmaterial auf den Decken).
- Bestimmung der Schadstoffbelastung bei Verdachtsmomenten (beispielsweise bei sichtbarem oder olfaktorisch erkennbarem Schimmelbefall oder tierischen Ausscheidungen).

[90] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 10.

[91] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 36.

3.4 Sensorgestützte Bestandsaufnahme für Beräumungsarbeiten

Wie bereits ausgeführt, ist zur Beurteilung eines Abbruchobjektes eine Bestandsaufnahme anzuraten, welche u. a. in den Ausführungen von Schmitz[92], Rommel[93], Ebner[94] und Klingenberger[95] detailliert beschrieben ist.

Im Forschungsprojekt „Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung“[96], FKZ: SWD-10.08.18.7-18.13 des Instituts für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt wurde der Ansatz verfolgt, die Bestandsaufnahme mittels bildgebender Sensoren durchzuführen und somit den Aufwand bei mindestens gleichbleibender Qualität der Daten zu reduzieren. Eine detaillierte Darstellung der Durchführung ist dem Endbericht des o. g. Forschungsprojekts zu entnehmen. An dieser Stelle soll auf die Ergebnisse der Untersuchung eingegangen werden.

An vier Versuchsgebäuden wurden sensorgestützte Bestandsaufnahmen durchgeführt, deren Ergebnis eine Punktwolkenaufnahme der Räumlichkeiten war. Die dabei erhaltenen Daten wurden für die Erstellung von digitalen Gebäudemodellen weiterverwendet, so dass vor allem im Bereich der maßlichen Bestandsaufnahme ein großer Mehrwert erkennbar war. Lediglich bei kleinen Gegenständen, wie sie vordergründig bei der Entrümpelung vorkommen, waren teilweise hohe prozentuale Abweichungen festzustellen. Dies bedeutet, dass bei einer geplanten Verwendung der Gegenstände, zum Beispiel zur Weiternutzung oder zum Verkauf, eine erhöhte Sorgfalt und damit ein erhöhter Aufwand bei der Vor-Ort-Aufnahme zu berücksichtigen ist. Grundsätzlich lag bei den Punktwolkenaufnahmen eine hohe Genauigkeit bei geringem Zeitaufwand vor.

Zur besseren Veranschaulichung wurden zusätzlich digitale Gebäudemodelle erstellt. Der Aufwand der Modellierung kann durch Herabsetzen des Detailierungsgrads und durch automatisierte Objekterkennungssoftware reduziert werden. Weiterhin ist es denkbar, dass die sensorgestützt aufgenommenen Daten im Lebenszyklus eines Gebäudes sowohl zur Verifikation vorliegender Bestandsdokumentationen, als Planungsgrundlage für die Ausführung von Umbau- und Beräumungsarbeiten und als Dokumentationsunterlagen für die anschließende Gebäudebewirtschaftung verwendet werden. Die sich hieraus ergebenden Vorteile können den erforderlichen Aufwand rechtfertigen.

Beispielhaft sind in Abbildung 15 die Punktwolke und in Abbildung 16 das digitale Gebäudemodell samt Einrichtung eines aufgenommen Raumes dargestellt.

---

[92] Vgl. Schmitz et al. (1991): Konstruktionsempfehlungen.

[93] Vgl. Rommel (1999): Leitfaden für die Erfassung und Bewertung der Materialien eines Abbruchobjektes.

[94] Vgl. Ebner (2002): Bauen im Bestand bei Bürogebäuden.

[95] Vgl. Klingenberger (2007): Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden. S. 93.

[96] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung.

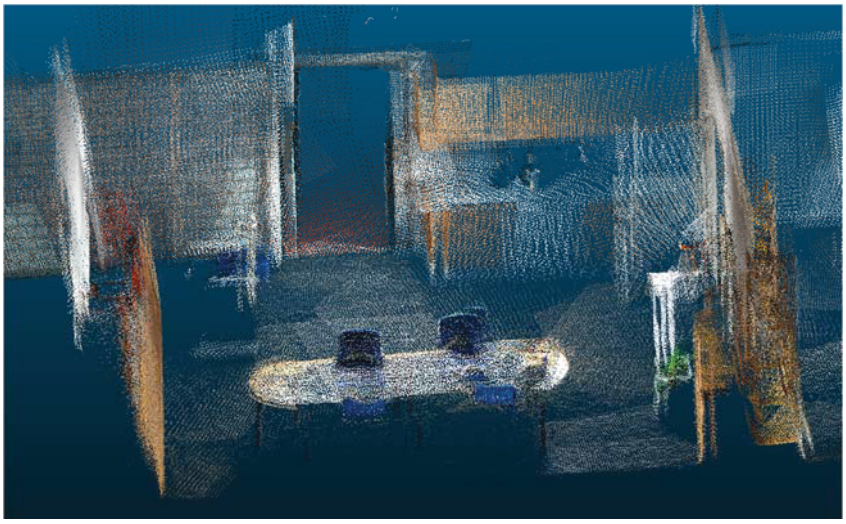


Abbildung 15: Punktwolke - Teeküche[97]

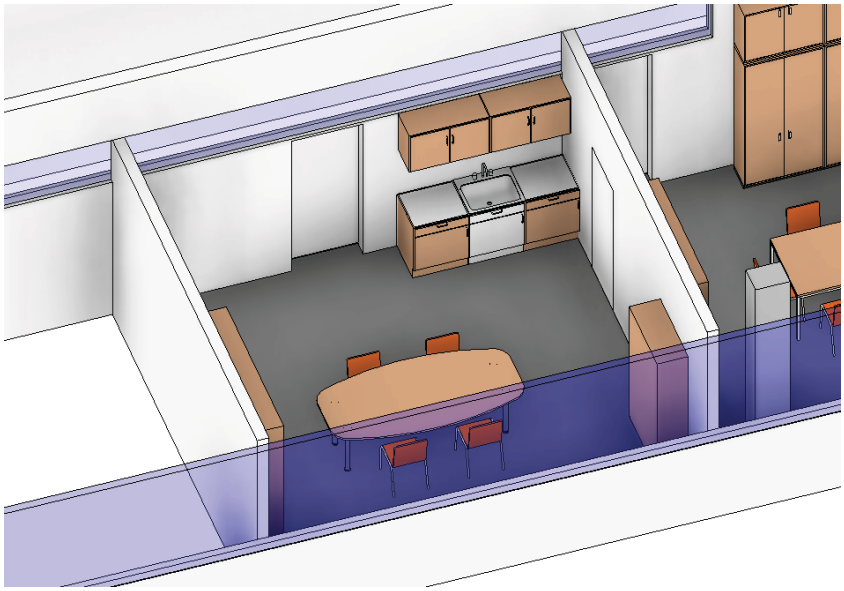


Abbildung 16: Digitales Gebäudemodell - Teeküche[98]

[97] Lach/Blesinger (2019): Sensorgestützte Bestandsaufnahme von Gebäuden. S. 58.

[98] Lach/Blesinger (2019): Sensorgestützte Bestandsaufnahme von Gebäuden. S. 68.

4 Begriffsdefinitionen und Strukturierung von Abbrucharbeiten

Im Folgenden werden die einzelnen Ablaufstufen (siehe Kapitel 5.5) von Abbrucharbeiten näher beschrieben und definiert.

4.1 Beschreibung der Ablaufstufen von Abbrucharbeiten

Durch eine Gegenüberstellung der in der Literatur verwendeten Fachbegriffe wird eine einheitliche Bezeichnung der Ablaufstufen von Abbrucharbeiten entwickelt.

4.1.1 Entrümpelung

Die DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten[99] beschäftigt sich mit „Begriffen, Verfahren und Anwendungsbereichen für den Total- und Teilabbruch von Bauteilen, baulichen und technischen Anlagen“. Zur Definition und näheren Beschreibung der Entrümpelungsarbeiten kann dieses Regelwerk keinen Beitrag leisten.

Der Duden beschreibt die Tätigkeit des „Entrümpelns“[100] als „Gerümpel aus einem Raum entfernen“ und gibt als Beispiel „einen Dachboden entrümpeln“ an. Als Synonym für das Entrümpeln kann „entfernen, wegschaffen“ verwendet werden. Aus dem Sprachgebrauch des Dudens kann dem Entrümpeln kein positiver Beitrag zur Kreislaufwirtschaft oder sortenreinen Abfallbehandlung attestiert werden.

Die Baufachlichen Richtlinien Recycling[101] beschreiben, dass die Entrümpelung „die Beseitigung von nicht befestigten, ortsveränderlichen Materialien und Gegenständen, z. B. Mobiliar, Teppiche, Gardinen und Küchengeräte“ umfasst. Missverständlich ist bei dieser Begriffsdefinition der Einsatz des Wortes „Beseitigung“, da dieses aus dem Bereich des Kreislaufwirtschaftsgesetzes[102] (KrWG) stammt und dort u. a. als „Ablagerungen in oder auf dem Boden (zum Beispiel Deponien)“ zu verstehen ist. Somit wäre bei wörtlichem Verständnis eine Verwendung oder Verwertung der Entrümpelungsgegenstände nicht möglich.

---

[99] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2.

[100] Dudenredaktion (o. J.): entrümpeln, https://www.duden.de/node/137443/revision/137479, Abrufdatum: 04.03.2021.

[101] BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 18.

[102] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021.

Der Deutsche Abbruchverband[103] fasst die Entrümpelung und Entkernung als Beräumung zusammen und spezifiziert die Entrümpelung als „Beseitigung von nicht befestigten, ortsveränderlichen Materialien und Gegenständen, z. B. Mobiliar, Teppiche, Gardinen, Labor- und Küchengeräte“. Des Weiteren wird angegeben, dass die Entrümpelung (und Entkernung) von einem hohen Anteil manueller Arbeit bestimmt wird[104] und dass die Tätigkeiten der Entrümpelung vor den Entkernungs- und Schadstoffsanierungsarbeiten erfolgen.[105] Wie zuvor beschrieben, besteht die Problematik der missverständlichen Begriffsdefinition des Wortes „Beseitigung“ auch in diesem Fall.

Die Ausführung im AHO Heft 18 „Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“ entspricht weitestgehend dem vorgenannten Wortlaut des Deutschen Abbruchverbands[106] und beschreibt die Entrümpelung als die „Beseitigung von nicht befestigten, ortsveränderlichen Materialien oder Gegenständen“[107]. Wie zuvor beschrieben, besteht die Problematik der missverständlichen Begriffsdefinition des Wortes „Beseitigung“ auch in diesem Fall.

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) beschreibt in der Richtlinie VDI 6210 Blatt 1:2016-02 das Entrümpeln als das „Entfernen von nicht mit dem Gebäude fest verbundenen Materialien und Gegenständen“[108], verwendet aber dabei den Begriff „Beräumen“ synonym für das Entrümpeln. Eine weitergehende Differenzierung der beiden Begriffe findet nicht statt.

Im Zuge dieser Untersuchung wird der Begriff der Entrümpelung als „Entfernen von nicht befestigten, ortsveränderlichen Materialien und Gegenständen“ definiert.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass im Zuge von Entrümpelungsarbeiten regelmäßig auch Tätigkeiten der Entkernung anfallen. Dies kann beispielsweise vorkommen, wenn ein hoher Schrank gegen Umkippen an der Wand befestigt ist und diese Befestigung vor dem Entfernen erst gelöst respektive abgebrochen werden muss.

4.1.2 Entkernung

Die DIN 18007:2000-05[109] „regelt Begriffe, Verfahren und Anwendungsbereiche für den Total- und Teilabbruch von Bauteilen, baulichen und technischen Anlagen […]. Zu den Bauteilen […] zählen auch Anlagenteile (z. B. des Maschinenbaus und der Verfahrenstechnik). Der

[103] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 25.
[104] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 79.
[105] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 227.
[106] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 227.
[107] AHO Heft 18 (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“. S. 6.
[108] VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen. S. 56.
[109] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2.

Anwendungsbereich umfasst alle beim Abbruch anfallenden Materialien.“ Somit kann angenommen werden, dass die Tätigkeiten der Entkernung durch die DIN 18007:2000-05 normativ geregelt sind.

Die unter „4 Abbruchverfahren“ beschriebenen Verfahren können zwar „sowohl von Hand als auch von Maschinen“ ausgeführt werden, dennoch zielen die Beschreibungen hauptsächlich auf den Abbruch mit Großgeräten respektive Hydraulikbaggern ab und sind in der existierenden Form nicht ohne weiteres auf die zumeist händischen Verfahren der Entkernung anwendbar. Lediglich das Verfahren „Demontieren“ ist als händisches Verfahren in der Norm beschrieben und besagt, dass „die Bauteile durch Lösen der Verbindungen voneinander getrennt und zerstörungsfrei ausgebaut“[110] werden.

Die Baufachlichen Richtlinien Recycling[111] beschreiben, dass die Entkernung „die Beseitigung von am Rückbauobjekt befestigten oder eingebauten Anlagen und Gegenständen, die keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerkes oder der baulichen Anlage ausüben, z. B. Fenster, Türen, Rohrleitungen und nicht tragende Wände“ umfasst. Weiterhin wird angegeben, dass bei der Entkernung „nicht der Erhalt der ursprünglichen Funktion bzw. ein zerstörungsfreies Entfernen im Vordergrund“ steht, wie es bei dem Verfahren Demontieren der Fall ist. Missverständlich ist bei dieser Begriffsdefinition der Einsatz des Wortes „Beseitigung“, da dieses aus dem Bereich des Kreislaufwirtschaftsgesetzes[112] (KrWG) stammt und dort u. a. als „Ablagerungen in oder auf dem Boden (zum Beispiel Deponien)“ zu verstehen ist. Somit wäre bei wörtlichem Verständnis eine Verwendung oder Verwertung der Entkernungsbauteile nicht möglich.

Der Deutsche Abbruchverband[113] stellt die Tätigkeiten der Entkernung (zusammen mit der Entrümpelung) als manuelle Verfahren zur „Beseitigung von am Abbruchobjekt befestigten oder darin eingebauten Anlagen und Gegenständen, die keinen Einfluss auf die Standsicherheit der technischen oder baulichen Anlage ausüben“ dar. Als Beispiele hierfür werden „Fenster, Türen, Heizkörper, Klimakanäle, Aufzüge, Rohrleitungen“ angeführt, die „in jedem Fall vor den Sanierungs- oder Abbruchmaßnahmen durchgeführt“ werden. Diese Aussage entspricht nicht regelmäßig dem Vorgehen in der Praxis, da einerseits aufgrund von räumlichen Begebenheiten die Prozesse der Entrümpelung und Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung zeitgleich stattfinden können, andererseits der Ausbau von Bauteilen respektive Baukonstruktionen mit Schadstoffen häufig den Entkernungsprozessen mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen entspricht. Wenn die örtlichen Gegebenheiten dies zulassen, kann die Entkernung einzelner Bauteile auch maschinell mittels Einsatz von Gerätetechnik innerhalb des Gebäudes (z. B. Minibagger mit Anbaugerät) oder von außerhalb (z. B. Hydraulikbagger mit

[110] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 4.

[111] BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de. Abrufdatum: 04.03.2021. S. 18.

[112] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[113] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 227.

Anbaugerät) erfolgen. Hierbei ist es denkbar, dass einzelne Bauteile und Baustoffe gemeinsam abgebrochen und anschließend aus dem Haufwerk sortiert werden. Wie zuvor beschrieben, besteht die Problematik der missverständlichen Begriffsdefinition des Wortes „Beseitigung“ auch in diesem Fall.

Die Ausführung im AHO Heft 18 „Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“ entspricht weitestgehend dem vorgenannten Wortlaut des Deutschen Abbruchverbandes[114] und beschreibt die Entkernung als die „Beseitigung von am Rückbauobjekt befestigten oder eingebauten Anlagen und Gegenständen, die keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks oder der Anlage ausüben“[115]. Wie zuvor beschrieben, besteht die Problematik der missverständlichen Begriffsdefinition des Wortes „Beseitigung“ auch in diesem Fall.

Richtlinie VDI 6210 Blatt 1:2016-02 definiert die Entkernung als „Abbruch von Bauteilen des baulichen und technischen Ausbaus eines Gebäudes bis auf den Rohbauzustand[116]. Weiterhin wird angemerkt, das Entkernungsarbeiten regelmäßig der Vorbereitung der maschinellen Abbrucharbeiten dienen. Ein Hinweis, welche Bauteile somit Bestandsteil der Entkernung sind, wird nicht gegeben.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen sein, dass die Unterscheidung zwischen Entkernung und Abbruch der Tragkonstruktion zwar in der Theorie getroffen werden kann, aber die Arbeiten in der Praxis nicht immer zeitlich voneinander getrennt ablaufen. Auf Grundlage der individuellen Arbeitsweise werden einzelne Prozesse der Entkernung im Zuge des Abbruchs der Tragkonstruktion mit Großgeräten respektive Hydraulikbaggern ausgeführt, da es zu Prozessverbesserungen bezüglich des Arbeitsaufwandes, der Ergonomie und der Arbeitssicherheit kommen kann. Beispiele hierfür sind der Abbruch nichttragender Trennwände aus mineralischen Baustoffen, Fassaden jeglichen Werkstoffs oder das Belassen verbauter Anlagenteile im Gebäude bis sie im Zuge des Abbruchs der Tragkonstruktion mit Hydraulikbaggern und Anbaugeräten abgebrochen werden können. Dies bestätigt auch der Deutsche Abbruchverband in der Aussage, dass „Rohrleitungen, Heizkörper (ohne Isolierungen) usw. im Bauwerk verbleiben“[117] können und „anschließend aus dem Haufwerk sortiert“ werden.

Vereinzelt wir in der Literatur der Begriff Entkernung als der Abbruch des gesamten Baukörpers (u. a. Wände, Decken, Stützen sowie Gebäudeausrüstung und Bauteile des Ausbaus) unter Erhalt der Fassade zum Neuaufbau mit veränderten Grundrissen und Geschosshöhen verstanden (vgl. Krolkiewicz[118]). Um Missverständnissen vorzubeugen, wird diese Art der

[114] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 227.

[115] AHO Heft 18 (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“. S. 6.

[116] VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen. S. 6.

[117] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 230.

[118] Vgl. Krolkiewicz (2010): Der Altbau. S. 77.

Begriffsdefinition nicht angewendet und es wird empfohlen, für diese Art von Abbrucharbeiten die Bezeichnung „Entkernung unter Erhalt der Fassade“ zu verwenden.

Im Zuge dieser Untersuchung wird der Begriff der Entkernung als „Abbruch von am Abbruchobjekt befestigten oder darin eingebauten Bauteilen, baulichen und technischen Anlagen die keinen Einfluss auf die Standsicherheit der technischen oder baulichen Anlage ausüben“ verstanden.

Um sprachlichen Verwechselungen vorzubeugen, soll darauf hingewiesen sein, dass in o. g. Literaturquellen der Begriff „Gegenstände“ sowohl für Entrümpelungs- als auch für Entkernungsobjekte verwendet wird. Im Zusammenhang dieser Arbeit wird der Begriff Gegenstände ausschließlich bei der Entrümpelung gebraucht.

4.1.3 Schadstoffsanierung

Der Deutsche Abbruchverband verwendet die Begriffe Schadstoffsanierung und Sanierung synonym. Dabei definiert er diese als „Entfernen, Beschichten, räumliches Trennen von Schadstoffen zur Beseitigung von Gefahren, Gefährdungen oder Belästigungen bis zu einem definierten Sanierungsziel“[119] und verweist auf die Richtlinie VDI/GVSS 6202, Blatt 1:2013-10[120], welche dieselben Tätigkeiten aufzählt. Als Schadstoffe werden dabei gefährliche Stoffe im Sinne der GefStoffV[121] und biologische Stoffe im Sinne der BioStoffV[122] angesehen. Bei Abbrucharbeiten sind als gefährliche Stoffe vor allem solche zu nennen, die Gesundheitsgefahren beispielsweise durch ihre Karzinogenität[123] oder Gefahren für die Umwelt mit sich bringen. Im Bereich der Beräumung ist zudem auf Biostoffe/Mikroorganismen, wie Bakterien, Viren und Pilze[124], zu achten. Für sämtliche Arbeiten sind vor Arbeitsbeginn eine Gefährdungsbeurteilung[125] durch den Arbeitgeber aufzustellen und geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

[119] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 26.

[120] Vgl. VDI/GVSS 6202 Blatt 1:2013-10: Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen. S. 3.

[121] Vgl. GefStoffV (2017): https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/, Abrufdatum: 11.03.2021. S. 7

[122] Vgl. BioStoffV (2017): https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013/, Abrufdatum: 11.03.2021. S. 2.

[123] Vgl. GefStoffV (2017): https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/, Abrufdatum: 11.03.2021. S. 7.

[124] Vgl. BioStoffV (2017): https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013/, Abrufdatum: 11.03.2021. S. 2 f.

[125] Vgl. GefStoffV (2017): https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/, Abrufdatum: 11.03.2021. S. 11.

Die Richtlinie VDI/GVSS 6202, Blatt 1:2013-10[126], welche gemeinsam mit dem Gesamtverband Schadstoffsanierung e. V. erstellt wurde, verwendet den Begriff der Schadstoffsanierung und gibt an, dass diese Maßnahmen häufig im Zuge von Abbrucharbeiten ausgeführt werden.

Der Gesamtverband Schadstoffsanierung e. V. (GVSS) benutzt den Begriff Schadstoffsanierung sowohl in seinem Verbandstitel als auch in seiner Publikation „Schadstoffe bei Abbruchmaßnahmen".[127]

In einigen Veröffentlichungen (vgl. Löhr[128]) wird für die Prozesse der Schadstoffsanierung lediglich der Begriff Sanierung verwendet. Um Missverständnissen mit anderen Bautätigkeiten beispielsweise im Bereich der Altbausanierung respektive des Bauens im Bestand, der energetischen Sanierung zur Erfüllung geforderter Energiestandards oder der Bodensanierung zur Beseitigung von Altlasten entgegenzuwirken, wird der Begriff Sanierung in dieser Untersuchung nicht verwendet.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU)[129] benutzt überwiegend den Begriff Schadstoffsanierung und nur vereinzelt die Begriffe Schadstoffentfernung und Schadstoffabtrennung, ohne diese näher zu erläutern. Unter anderem von Martens und Goldmann[130] sowie dem bvse[131] wird vereinzelt der Begriff Schadstoffentfrachtung verwendet.

Zur Vereinheitlichung wird im Zuge dieser Untersuchung der Begriff Schadstoffsanierung für sämtliche Arbeiten, die im Rahmen der Beräumung von schadstoffbelasteten Gegenständen oder Bauteilen auszuführen sind, verwendet.

4.1.4 Beräumung

Die Baufachlichen Richtlinien Recycling[132] verwenden den Begriff Beräumung in Verbindung mit dem „selektiven Abbruch mit vorhergehender Beräumung unter Berücksichtigung von Forderungen zum sortenspezifischen Erfassen und Entsorgen des Abbruchmaterials" ohne

---

[126] VDI/GVSS 6202 Blatt 1:2013-10: Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen. S. 1 ff.

[127] GVSS (o. J.): Schadstoffe bei Abbruchmaßnahmen, https://www.gesamtverband-schadstoff.de/media/schadstoffe_bei_abbruchma__nahmen.pdf, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 1.

[128] Vgl. Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten. S. 3 ff.

[129] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020.

[130] Vgl. Martens; Goldmann (2016): Recyclingtechnik.

[131] Vgl. bvse (o. J.): Verwertung: Schadstoffe entsorgen – Rohstoffe sichern, https://www.bvse.de/fachbereiche-schrott-e-schrott-kfz/elektronik-e-schrott/verwertung-schadstoffe-entsorgen-rohstoffe-sichern.html, Abrufdatum: 24.03.2021.

[132] Vgl. BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de. Abrufdatum: 04.03.2021. S. 13.

eine Begriffsdefinition zu geben. Somit kann geschlussfolgert werden, dass die Autorenschaft unter Beräumung die Entrümpelung und die Entkernung einschließlich der Schadstoffsanierung zusammenfasst.

Nach den Ausführungen des AHO Hefts 18 „Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“ setzt sich die Beräumung aus „Entkernung und Entrümpelung“[133] zusammen.

Die Richtlinie VDI 6210 Blatt 1:2016-02 bezeichnet das „Entfernen von nicht mit dem Gebäude fest verbundenen Materialien und Gegenständen“ als „Beräumen (Entrümpeln)“ [134]. Dies entspricht nicht der in dieser Untersuchung verwendeten Definition der Beräumung, die sich aus Entrümpelung und Entkernung zusammensetzt, sondern spiegelt lediglich die Entrümpelung wider.

Als Vorgriff auf die in der Folge beschriebenen Experteninterviews[135] soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass mehr als die Hälfte der befragten Expertinnen und Experten die Entkernung und die Schadstoffsanierung zusammenfassen und die Ablaufstufen in Kombination mit dem Begriff „Entkernung“ benennen. Demnach verändern sich beim Vorliegen von Schadstoffen einzelne Handlungen innerhalb der Ausführungsprozesse der Entkernung, was für die Zuordnung gemäß Meinung der Expertinnen und Experten irrelevant ist. Ebenfalls soll als Vorgriff an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass eine Vielzahl der befragten Expertinnen und Experten den Begriff „Beräumung“ nicht als Oberbegriff der vorgelagerten Prozesse des Abbruchs der Tragkonstruktion sehen, sondern er nur vereinzelt als Synonym für die Vorgänge der Entrümpelung verwendet wird[136].

Auf Basis der derzeitigen Begriffsverwendung in der Literatur wird für diese Untersuchung der Begriff „Beräumung“ einheitlich als Sammelbegriff für sämtliche dem Abbruch der Tragkonstruktion vorgelagerten Tätigkeiten verwendet. Somit setzt sich die Beräumung aus Entrümpelung und Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung zusammen.

4.1.5 Abbruch der Tragkonstruktion

Zum Themenkomplex des Abbruchs der Tragkonstruktion liegen Literaturangaben, Untersuchungen und Forschungsergebnisse vor. An dieser Stelle wird auf die Informationen in diverser Literatur verwiesen.

---

[133] Vgl. AHO Heft 18 (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“. S. 5.

[134] Vgl. VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen. S. 6.

[135] Vgl. Talebi/Blesinger (2018): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. S. 45.

[136] Vgl. Talebi/Blesinger (2018): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. S. 45.

Im Rahmen dieser Untersuchung wird zur einheitlichen Begriffsdefinition für sämtliche Abbrucharbeiten, die nicht den vorgelagerten Tätigkeiten der Beräumung zuzuordnen sind und deren Verfahren in der DIN 18007:2000-05[137] erläutert werden, der Begriff „Abbruch der Tragkonstruktion“ verwendet. Die Abbruchverfahren aus vorgenanntem Regelwerk sind in Tabelle 5 aufgelistet.

In der Folge wird zur umfänglichen Darstellung auf weitere Synonyme für den Abbruch der Tragkonstruktion eingegangen.

4.1.5.1 Abriss/Abreißen

Zur Beschreibung von Einwirkungen auf Tragwerke verwendet die DIN EN 1991-1-6:2010-12 als Teil des Eurocodes 1[138] den Begriff „Abriss“ ohne diesen weiter zu erläutern.

Nach den Aussagen des Deutschen Abbruchverbands[139] beruht der Begriff „Abriss“ auf dem Abbruchverfahren „Reißen“ und findet umgangssprachlich und deshalb häufig fälschlicherweise Gebrauch anstelle des „Abbruchs“. Dabei beschreibt der Abriss die „Beseitigung von untergeordneter Bausubstanz“ und als Beispiele werden „Behelfsgaragen, Lauben und nicht konstruktive Anlagen und Gegenstände, wie Öfen, Zäune und Tore“ angegeben.

Die DIN 8588:2013-08 „Fertigungsverfahren Zerteilen“[140] beschreibt das Reißen als „Zerteilen mit undefinierter Trennlinie durch eine Zugbeanspruchung“ und definiert das Abreißen als „Vollständiges Trennen eines kleineren Stückes von einem größeren an einer vorbestimmten Stelle“. Der umgangssprachlich verwendete Begriff des Abreißens eines Gebäudes spiegelt somit nicht die Definition der DIN 8588:2013-08 des Abreißens wider, da beim Abreißen eines Gebäudes nicht zwingend ein „Zerteilen mit undefinierter Trennlinie durch eine Zugbeanspruchung“ stattfindet.

Aufgrund der fehlenden Definition des Begriffs Abriss in der DIN EN 1991-1-6:2010-12[141] und der zuvor beschriebenen sprachlichen Unschärfe in weiterer Literatur wird im Folgenden der Begriff „Abriss“ nicht weiter verwendet, da selbst bei untergeordneter Bausubstanz der Begriff Abbruch zutreffend ist und durch die Verwendung des Begriffs Abriss kein sprachlicher Mehrwert generiert wird.

---

[137] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[138] Vgl. DIN EN 1991-1-6:2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005 + AC:2008.

[139] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 25.

[140] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren. S. 18.

[141] Vgl. DIN EN 1991-1-6:2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005 + AC:2008.

4.1.5.2 Demontieren/Demontage und Rückbau

Im allgemeinen Sprachgebrauch und in der Fachliteratur werden die Begriffe Demontieren respektive Demontage und Rückbau als Synonyme für Abbrucharbeiten verwendet. In der Folge werden die Unterschiede zwischen den einzelnen Begrifflichkeiten dargestellt.

Laut DIN 18007:2000-05[142] ist das Abbruchverfahren „Demontieren“ als „Zerstörungsfreier Rückbau von Bauteilen durch Lösen der Verbindungen und Abheben der Bauteile“ definiert. Als Hauptanwendungsgebiet werden der Ausbau von Bauteilen zur Wiederverwendung und -verwertung sowie das Entfernen von Bauteilen zur Vermeidung der Freisetzung von Schadstoffen angegeben. Somit sind Verfahren, die das Bauteil zerstören, nicht Bestandteil des Abbruchverfahrens „Demontieren“. Der Anwendungshinweis, dass die Verbindungen „leicht lösbar und zugänglich sein“ müssen, ist unpräzise und trägt somit nicht zur Beschreibung des Verfahrens bei.

Die Baufachliche Richtlinien Recycling[143] führen aus, dass die Demontage als „die Beseitigung von baulichen Anlagen, Bauwerken, Einbauten oder deren Teilen durch Abnahme des zu demontierenden Elements bei weitgehender Erhaltung seiner Form und Stabilität“ anzusehen ist und das sie „meist nach Lösen der kraftschlüssigen Verbindungen zu noch verbleibenden Anlagen- und Bauteilen mit der Zielstellung einer Wiederverwendung“ erfolgt.

Anstelle des Begriffs Demontieren verwendet die DIN 8591:2003-09 „Fertigungsverfahren Zerlegen“[144] den Begriff „Zerlegen“, wobei bei diesem „Trennen von zuvor gefügten Werkstücken“ […] „keine Beschädigung der Werkstücke auftreten darf.“ Das Verfahren stellt eine Umkehrung des in der DIN 8593-0:2003-09[145] beschriebenen Fügens dar. In diesem Sinne entspricht das in dieser Untersuchung verwendete und aus der DIN 18007:2000-05[146] stammende Verfahren Demontieren dem Zerlegen der DIN 8591:2003-09[147].

Die DGUV Regel 101-603 „Abbruch- und Rückbauarbeiten“[148] nennt die beiden Begriffe regelmäßig gemeinsam. Weitere verwendete Ausdrücke sind Abbruch- bzw. Rückbauleistungen und Abbruch- bzw. Rückbauverfahren. Eine Begriffsdefinition zur Unterscheidung wird nicht gegeben.

---

[142] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2 ff.

[143] Vgl. BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 18.

[144] Vgl. DIN 8591:2003-09: Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 3.

[145] DIN 8593-0:2003-09: Fertigungsverfahren Fügen.

[146] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 4.

[147] Vgl. DIN 8591:2003-09: Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 3.

[148] Vgl. DGUV (2019): Regel 101-603 Branche Abbruch und Rückbau, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-regeln/3363/branche-abbruch-und-rueckbau, Abrufdatum: 04.03.2021.

Auch die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft verwendet im Titel ihres Baustein-Merkhefts „Abbruch und Rückbau“[149] beide Begriffe, ohne eine Begriffsdefinition zu geben. Allerdings erfolgt die Verwendung neben dem Titel lediglich an einzelnen Stellen.

Die ATV DIN 18459:2016-09: „Abbruch- und Rückbauarbeiten“[150] ist Bestandteil der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) und dient als Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Das in der Norm angesprochene „Demontieren“ wird als Besondere Leistungen angegeben, was den erhöhten Aufwand des sorgfältigen Ausbaus von Bauteilen widerspiegelt. Weitergehende Beschreibungen zur Präzisierung der Begrifflichkeiten werden nicht gegeben und bis auf wenige Ausnahmen werden die beiden Begriffe Abbruch und Rückbau (sowohl als Substantiv als auch als Verb) stets gemeinsam genannt und synonym verwendet.

Die Richtlinie VDI 6210 Blatt 1:2016-02[151] definiert den Begriff der Demontage als „zerstörungsarmer Abbruch von Bauteilen […] durch Lösen der Verbindungen und/oder Herstellen von Trennschlitzen und Abheben der Bauteile […] mit dem Ziel der Wieder- oder Weiterverwendung der ausgebauten Bauteile“. Zudem wird angemerkt, dass „Rückbau“ ein Synonym für Demontage ist. Es ist zu erkennen, dass dieses Regelwerk zumindest eine teilweise Zerstörung von Bauteilen zulässt, was nach ATV DIN 18459:2016-09[152] nicht zulässig ist.

Nach der Ausführung im AHO Heft 18 „Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“ wird die Demontage als „Ausbau von Anlagen, Bauwerken oder deren Teile bei weitgehender Erhaltung der Form und Stabilität des zu demontierenden Elements, zumeist nach dem Lösen kraftschlüssiger Verbindungen zu noch bestehen bleibenden Anlagen oder Bauteilen“ beschrieben“[153]. Somit ähneln sich die Aussagen der Demontage im AHO Heft 18 mit den Baufachlichen Richtlinien Recycling[154]. Weiterhin wird der Rückbau als die „Beseitigung der konstruktiven Elemente des Bauwerks mit Zerstörung der Funktionalität“ beschrieben[155].

Der Deutsche Abbruchverband[156] beschreibt, dass der Begriff Selektiver Rückbau in den 1990er-Jahren entstanden ist. Dabei wird aber lediglich auf die sortenreine Erfassung und Behandlung des Abbruchmaterials und eine gegebenenfalls erforderliche Schadstoffsanierung eingegangen. Eine Erläuterung des Begriffs Rückbau findet nicht statt.

---

[149] Vgl. BG Bau (2019): Baustein-Merkheft Abbruch und Rückbau.

[150] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 1.

[151] VDI 6210 Blatt 1:2016-02: Abbruch von baulichen und technischen Anlagen. S. 6.

[152] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 9.

[153] AHO Heft 18 (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“. S. 6.

[154] Vgl. BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 18.

[155] AHO Heft 18 (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“. S. 6.

[156] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 243.

Laut Koch et al.[157] entspricht der Rückbau nahezu der Umkehr des Aufbaus von Gebäuden respektive der Installation von Anlagen.

Weimann et al.[158] verwenden den Begriff Rückbau synonym für Abbruch ohne eine nähere Begriffsbestimmung zu geben. Da allerdings nicht durchgehend beide Begriffe verwendet werden, kann angenommen werden, dass bei der Vielzahl von Autoren keine eindeutige Festlegung der beiden Begrifflichkeiten getroffen wurde. Es wird lediglich eine Unterscheidung zwischen konventionellem Abbruch ohne Vorarbeiten (Entkernung oder Separierung) und selektivem Abbruch vorgenommen.

Silbe[159] verwendet vereinzelt den Begriff des Abbruchs, nutzt aber hauptsächlich den Begriff des „kontrollierten Rückbaus“ respektive des „selektiven Rückbaus“. In der Folge wird dieser als „die Demontage von Bauwerken, Bauteilen und Bauelementen nach verschiedenen, vorab sorgfältig geplanten Demontagestufen, verbunden mit der Separation der anfallenden Bauabfälle“[160] beschrieben. Der Fokus liegt hierbei auf der vorherigen Planung und sorgfältigen Ausführung und nicht auf einem zerstörungsfreien Abbruchprozess. Da allerdings das Demontieren in der DIN 18007: 2000-05[161] als zerstörungsfrei beschrieben ist, wird der Begriff in dieser Untersuchung nicht verwendet.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin[162] verwendet in ihrem Werk die „Abbrucharten selektiver Abbruch, Demontage und verwendungsorientierter Rückbau“ synonym. Eine Begriffsdefinition erfolgt nicht, so dass eine eindeutige Zuordnung nicht erkennbar ist.

Im Zuge dieser Untersuchung hat der Verfasser mehrere Gespräche mit Akteuren aus dem Bereich des Anlagen- und Kraftwerksbaus geführt, die sich in ihrem Aufgabenfeld unter anderem mit dem Abbruch dieser Anlagen beschäftigen. Alle Gesprächspartner geben einheitlich an, dass in diesem Tätigkeitsfeld grundsätzlich der Begriff „Rückbau“ verwendet wird und dass dieser ein Vorgehen in umgekehrter Reihenfolge zum Erstellungsprozess beschreibt. Eine Erläuterung, warum dieser Begriff verwendet wird, konnte keiner der Experten geben. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich der Begriff im Anlagen- und Kraftwerksbau für die Zerlegung in die ursprünglichen Einzelteile und Baugruppen herauskristallisiert hat. Allerdings ist in der gelebten Praxis zur erkennen, dass vor allem metallische Bauteile häufig durch geeignete Verfahren (u. a. Brennschneiden) in Einzelteile zerstörend zerlegt werden und eine Wiederverwendung nicht mehr möglich und häufig auch nicht gewünscht ist. Der Begriff des

---

[157] Vgl. Koch et. al (1997): Flächenrecycling durch kontrollierten Rückbau. S. 43.

[158] Vgl. Weimann et al. (2013) Optimierung des Rückbaus. S. 21, 41, 46, 10, 101, 159.

[159] Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 5.

[160] Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 5.

[161] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2.

[162] Vgl. BAuA (2010): Selektiver Abbruch und verwendungsorientierter Rückbau. S. 3 ff.

Rückbaus wird u. a. verwendet vom VDI[163], der Bundesnetzagentur[164], dem VGB[165] und dem TÜV Süd[166].

Aufgrund der fehlenden Eindeutigkeit der Aussagen in den verschiedenen Regelwerken und weiteren Literaturquellen wird der Begriff „Rückbau“ in dieser Untersuchung nicht weiter verwendet.

Um eine eindeutige Zuordnung der Abbruchverfahren gewährleisten zu können, wird an dieser Stelle der Begriff Demontieren ausschließlich entsprechend der Begriffsdefinition der DIN 18007:2000-05[167] als Abbruchverfahren verwendet und auf den Gebrauch des Begriffs „Demontage“ verzichtet.

4.1.5.3 Konventioneller/selektiver Abbruch

Der Deutsche Abbruchverband[168] führt aus, dass ein konventioneller Abbruch „ohne zwingende Anforderungen hinsichtlich einer vor dem Abbruch durchzuführenden Entkernung und/oder Entrümpelung sowie einer Separierung und/oder Wiedergewinnung von Abbruchmaterial“ erfolgt. Dies widerspricht gänzlich den Gedanken des KrWG[169], wonach der Erzeuger oder Besitzer von Abfällen zur Verwertung der Abfälle verpflichtet ist und diese stets Vorrang vor einer (vermischten) Beseitigung hat. Weiterhin wird angegeben, dass der selektive Abbruch das „häufigste Verfahren für den Komplettabbruch eines Bauwerkes“[170] ist und den konventionellen Abbruch ablöst.

Laut Dudenredaktion[171] wird „konventionell“ als „den gesellschaftlichen Konventionen entsprechend“ oder „herkömmlich, hergebracht“ beschrieben. Einerseits stellt ein Abbruch eine komplexe und damit nicht herkömmliche Tätigkeit dar, was gegen die Verwendung des Be-

---

[163] Vgl. VDI Wissensforum GmbH Verein Deutscher Ingenieure (o. J.): Rückbau konventioneller Kraftwerke und Industrieanlagen, https://www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-energie/rueckbau-von-konventionellen-kraftwerken/, Abrufdatum: 04.03.2021.

[164] Vgl. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (o. J.): Kraftwerksliste, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html, Abrufdatum: 04.03.2021.

[165] Vgl. VGB PowerTech e.V. (o. J.): Stilllegung und Rückbau konventioneller Kraftwerke, https://www.vgb.org/stilllegung_rueckbau_kw.html, Abrufdatum: 04.03.2021.

[166] Vgl. TÜV SÜD AG (o. J.): Prüfung, Begutachtung und Inspektion von Kernkraftwerken, https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/energie/kraftwerke/kernenergie, Abrufdatum: 04.03.2021.

[167] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[168] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 24.

[169] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 12.

[170] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 242 f.

[171] Dudenredaktion (o. J.): konventionell, https://www.duden.de/node/149618/revision/149654, Abrufdatum: 04.03.2021.

griffs „konventionell“ spricht, andererseits muss bei einem Abbruch in jedem Fall den gesetzlichen Anforderungen zur sortenreinen Entsorgung entsprochen werden, sodass wiederum jeder ordnungsgemäß durchgeführte Abbruch als „konventionell“ zu bezeichnen wäre.

Aufgrund der nicht eindeutigen Begriffsdefinition und der fehlenden Unterscheidungsmöglichkeit werden diese Begrifflichkeiten in dieser Untersuchung nicht verwendet

4.1.5.4 Reiner Abbruch

Löhr[172] verwendet den Ausdruck „Reiner Abbruch“ ohne diesen näher zu erläutern. Der Begriff wird für diese Untersuchung nicht verwendet, da nicht festgelegt ist, welche Charakteristika einen Abbruch als „rein“ definieren.

4.1.5.5 Kontrollierte Abbrucharbeiten

Motzko et al.[173] und die ATV DIN 18459:2016-09[174] verwenden den Begriff Kontrollierte Abbrucharbeiten. Diese Begrifflichkeit wird für diese Untersuchung nicht verwendet, da „unkontrollierte Einstürze“ aufgrund der Vorgaben der ATV DIN 18459:2015-08[175] auszuschließen sind und somit jeder Abbruch „kontrolliert“ abzulaufen hat.

4.1.5.6 Maschineller Abbruch, Abbruch mit Großgeräten

Der Deutsche Abbruchverband verwendet die Begrifflichkeiten des Maschinellen Abbruchs[176] und des Abbruchs mit Großgeräten[177]. Die DGUV führt den Begriff „Maschinelle Abbrucharbeiten“[178] an und bezeichnet einen Abbruchbagger als Abbruchgerät[179]. Beide Begrifflichkeiten werden für diese Untersuchung nicht verwendet, da nicht zwingend nur der Abbruch der Tragkonstruktion von „Maschinen“ als Geräteabbruch ausgeführt wird. Es ist beispielsweise

---

[172] Vgl. Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten. S. 264.

[173] Vgl. Motzko et al. (2004): Kalkulation kontrollierter Abbrucharbeiten.

[174] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 9.

[175] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 9.

[176] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 230.

[177] Vgl. Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 212.

[178] Vgl. DGUV (2019): Regel 101-603 Branche Abbruch und Rückbau, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-regeln/3363/branche-abbruch-und-rueckbau, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 82 ff.

[179] Vgl. DGUV (2019): Regel 101-603 Branche Abbruch und Rückbau, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-regeln/3363/branche-abbruch-und-rueckbau, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 126.

denkbar, dass Entkernungsarbeiten, wie das Abbrechen von Fenstern, mittels Hydraulikbaggern erfolgen oder die Entfernung von schadstoffbelasteten Beschichtungen mithilfe von Hochdruckwasserstrahlgeräten ohne menschliche Beteiligung im Gefahrenbereich ausgeführt wird.

Im weiteren Verlauf dieser Untersuchung wird als Oberbegriff aller Tätigkeiten, die einen Abbruch betreffen und nicht Bestandteil der vorgelagerten Ablaufstufen Entrümpelung, Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung und der nachgelagerten Entsorgung auf der Baustelle sind, der Begriff „Abbruch der Tragkonstruktion“ verwendet und auf die Verwendung sonstiger Synonyme verzichtet.

4.1.6 Verbringung

Zu Beginn dieser Untersuchung lag der Fokus der Beobachtungen auf dem Teilvorgang des Lösens eines Entkernungsbauteils aus seinem Verbund zu anderen Bauteilen (vgl. Kapitel 5.3) respektive auf dem Abbrechen eines Bauteils. Dies war darin begründet, dass die Entkernungsarbeiten häufig raumweise von einer Kolonne durchgeführt wurden und die Kolonne sowie die beobachtende Person im Anschluss den Raum gewechselt haben. Somit waren zu Beginn keine Aussagen zum nachgelagerten Aufwand des Aufsammelns und Abtransportierens des abgebrochenen Materials zum Entsorgungscontainer möglich.

Der Deutsche Abbruchverband verwendet zur Beschreibung dieser Teilvorgänge die Begriffe Verbringung[180], Transport[181] und Abtransport[182], ohne sie näher zu definieren. Um Verwechselungen mit den Prozessen des (Ab-)Transports außerhalb einer Abbruchbaustelle zu vermeiden, werden die letztgenannten Begriffe nicht weiter verwendet.

Es soll darauf hingewiesen sein, dass im Rahmen von durchgeführten Baustellenstudien anstelle Verbringung vereinzelt der Begriff „Entsorgung auf der Baustelle“ verwendet wurde. Um Verwechselungen mit der (Abfall-)Entsorgung nach KrWG[183] zu vermeiden, wird dieser Begriff nicht weiter verwendet.

Im Zuge dieser Untersuchung wird der Begriff Verbringung für sämtliche Arbeiten gebraucht, die nach dem Aufnehmen von Entrümpelungsgegenständen oder dem Abbrechen eines Entkernungsbauteils aus seinem Verbund erforderlich werden, um sie aus einem Gebäude zu einem Entsorgungscontainer oder zu einer Übergabestelle innerhalb der Abbruchbaustelle zu

[180] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 244 und 422.

[181] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 235.

[182] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 235.

[183] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 9.

bringen. Für eine vertiefte Beschreibung zur Aufteilung der Teilprozesse wird auf Kapitel 5.3 verwiesen.

4.1.7 Entsorgung

Laut KrWG[184] sind „Abfälle […] alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“. Dabei wird in Abfälle zur Verwertung und Abfälle zur Beseitigung unterschieden. Die Abfallentsorgung[185], welche in dieser Untersuchung als „Entsorgung“ bezeichnet wird, setzt sich somit aus Verwertungs- und Beseitigungsverfahren zusammen. Entsprechend der Abfallhierarchie[186] stehen die Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung in folgender Rangfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Grundsätzlich sind die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen dazu verpflichtet, diese zu beseitigen. Die Menge und Schädlichkeit ist durch eine Behandlung der Abfälle zu vermindern und die bei der Beseitigung entstehende Energie oder anfallenden Abfälle sind hochwertig zu nutzen[187].

Der Deutsche Abbruchverband definiert die Entsorgung als „stoffliche oder energetische Verwertung oder Beseitigung/Ablagerung von Abfällen auf einer Deponie“[188]. Zusätzlich wird darauf hingewiesen, dass die ATV DIN 18459:2016-09[189] nur den Abbruchprozess behandelt und die Entsorgung zusätzlich vertraglich vereinbart werden muss[190].

Nach ATV DIN 18459:2016-09[191] gehen die beim Abbruch „anfallenden Stoffe und Bauteile nicht in das Eigentum des Auftragnehmers über“. Selbst bei einer vertraglichen Vereinbarung

---

[184] KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 7.
[185] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 9.
[186] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 11.
[187] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 17.
[188] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 26.
[189] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten.
[190] Deutscher Abbruchverband (2015): Abbrucharbeiten. S. 114.
[191] ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 7.

zur Abfallentsorgung durch das beauftragte Abbruchunternehmen bleibt die Verantwortung für die ordnungsgemäße Entsorgung weiterhin Sache des Auftraggebers respektive des Bauherren.

Für die Bezeichnung sowie die Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit ist die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)[192] zu beachten. Die für Abbruch- und Beräumungsarbeiten relevanten Abfallarten sind in Kapitel 17 Bau- und Abbruchabfälle enthalten. Mittels sechsstelligem Abfallschlüssel und der Abfallbezeichnung können anfallende Stoffe oder Gegenstände eindeutig zugeordnet werden.

Entsprechend den Abgrenzungen in Kapitel 1.6 sind die zeitlich nach dem Abbrechen stattfindenden Prozesse der Entsorgung, welche zumeist außerhalb der Abbruchbaustelle stattfinden, nicht Bestandteil dieser Untersuchung und werden an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

Im Zuge dieser Untersuchung beschreibt der Begriff Entsorgung sämtliche Verwertungs- und Beseitigungsverfahren, die in zeitlicher Folge nach der Beräumung oder dem Abbruch der Tragkonstruktion zumeist räumlich außerhalb der Baustelle ablaufen und die zur sortenreinen Trennung der Abfallfraktionen beitragen.

4.2 Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten

In der Literatur lassen sich nur wenige Quellen finden, welche die (vorgelagerten) Ablaufstufen des Abbruchs beschreiben und strukturieren. In dieser Untersuchung werden die Ablaufstrukturen von Silbe[193], Motzko et al.[194] und der „Baufachlichen Richtlinien Recycling“[195] gegenübergestellt und eine eigene Ablaufstruktur für Abbrucharbeiten entwickelt.

[192] Vgl. AVV (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/avv/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 1 ff.

[193] Vgl. Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 25.

[194] Vgl. Motzko et al. (2017): Revitalisierung und Sanierung im Bauwesen. S. 101.

[195] Vgl. BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 33.

4.2.1 Existierende Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten

Silbe[196] definiert die „Ideale Rückbaustruktur für den kontrollierten Rückbau eines Gebäudes“, welche in Abbildung 17 dargestellt ist. Die einzelnen Prozessschritte sind in 8 Demontagestufen unterteilt und berücksichtigen als oberstes Ziel der Abfallhierarchie des KrWG[197] die Vermeidung von Abfällen.

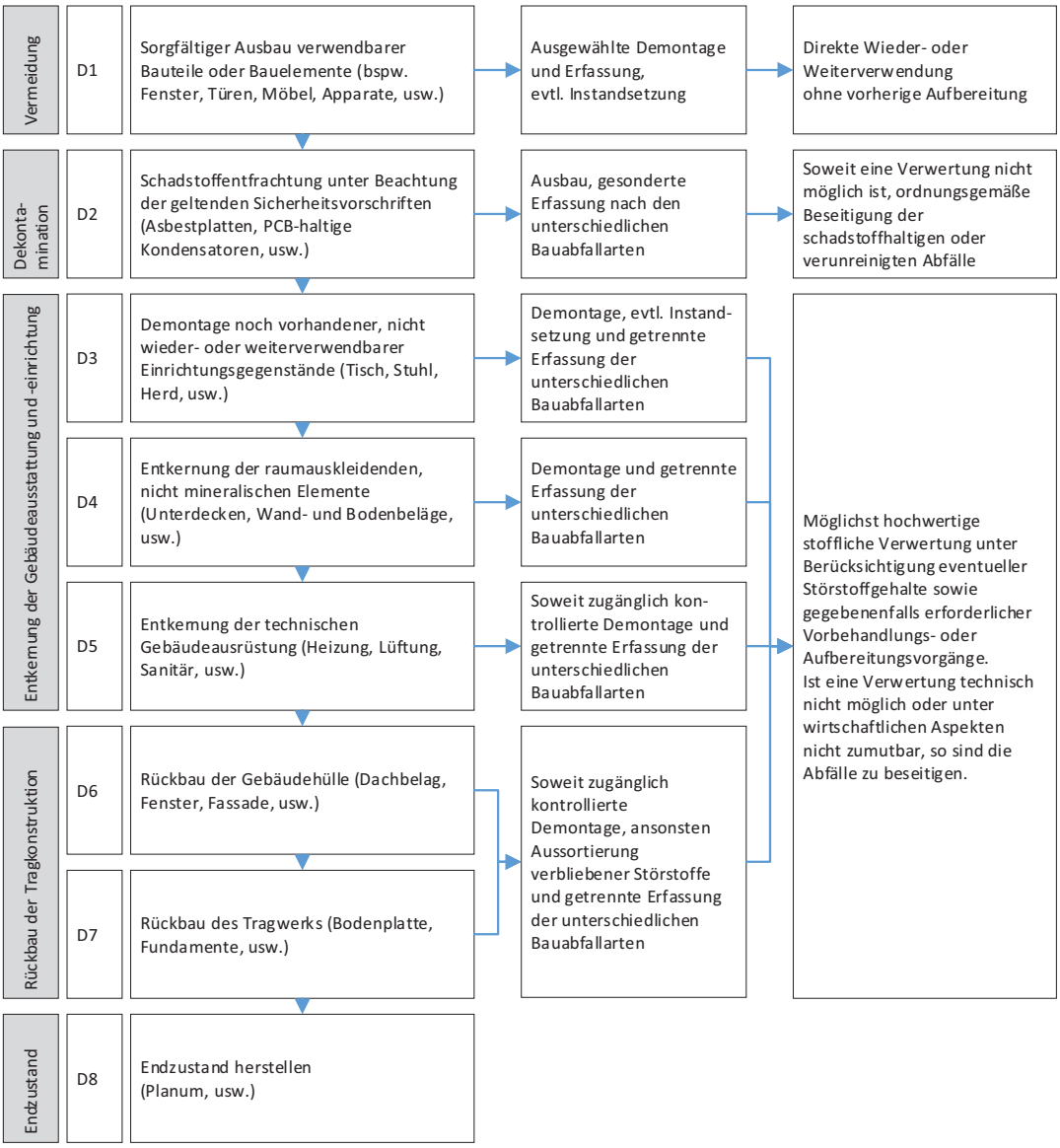


Abbildung 17: Ideale Rückbaustruktur für den kontrollierten Rückbau eines Gebäudes[198]

[196] Eigene Darstellung in Anlehnung an Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 25.

[197] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 11.

[198] Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 25.

Motzko et al.[199] geben eine „Beispielhafte Strukturierung von Abbrucharbeiten“, welche in Abbildung 18 gezeigt ist. Hierbei wird der Fokus auf den Abbruch der Tragkonstruktion gelegt und dieser in einzelne Teilprozesse unterteilt.

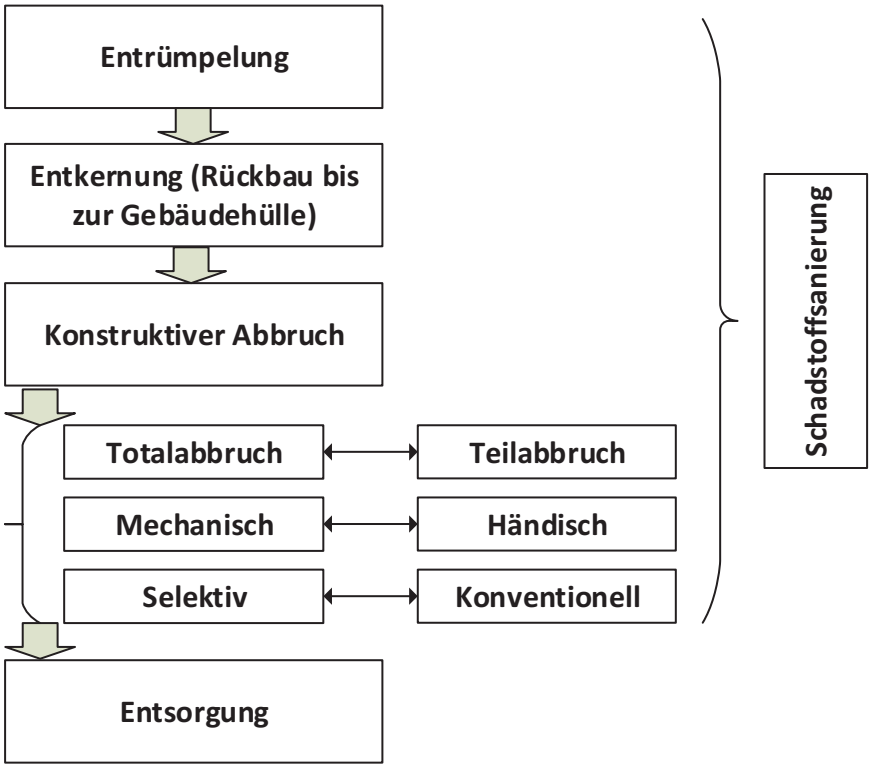


Abbildung 18: Beispielhafte Strukturierung von Abbrucharbeiten[200]

Die „Baufachlichen Richtlinien Recycling“ strukturieren Abbrucharbeiten mit ihrer Darstellung „Ablauf von Rückbaumaßnahmen“ [201].

Aufgrund der Verwendung von Pfeilen, die bei Entrümpelung beginnen, über Demontage und Entkernung reichen und beim Abbruch enden, kann der Eindruck entstehen, dass eine zeitliche Komponente und eine Abhängigkeit zwischen den Ablaufstufen besteht. Eine Erläuterung, warum beispielsweise die Demontage vor der Entkernung stattfindet, erfolgt nicht. Weiterhin wird kein eigener Begriff für die Tätigkeiten des Abbruchs der Tragkonstruktion eingeführt, was zur Eindeutigkeit beitragen würde.

[199] Vgl. Motzko et al. (2017): Revitalisierung und Sanierung im Bauwesen. S. 101.

[200] Motzko et al. (2017): Revitalisierung und Sanierung im Bauwesen. S. 101.

[201] BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 33.

Abbildung 19: Ablauf von Rückbaumaßnahmen[202]

4.2.2 Eigene Ablaufstruktur von Abbrucharbeiten

Aus der Literaturrecherche geht hervor, dass die Begrifflichkeiten der Abbrucharbeiten nicht einheitlich verwendet werden. Auf Grundlage der vorausgegangenen Begriffsdefinition und in Anlehnung an bestehende Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten wird eine eigene, einheitliche Ablaufstruktur geschaffen. Zu den Ablaufstufen eines Abbruchs gehören demnach

- die Entrümpelung,
- die Entkernung (einschließlich einer ggf. erforderlichen Schadstoffsanierung),
- der Abbruch der Tragkonstruktion,
- und die Entsorgung.

Die Belange des Kreislaufwirtschaftsgesetzes[203] sind in der Weise berücksichtigt, dass die in der Abfallhierarchie erstgenannte Vermeidung über der Verwendung sowie der Verwertung respektive Beseitigung steht. Es soll darauf hingewiesen sein, dass die in Kapitel 4.1.6 be-

[202] BMI und BMVg (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 33.
[203] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 11.

schriebene Verbringung jeweils ein Teilvorgang der Entrümpelung, Entkernung, Schadstoffsanierung und des Abbruchs der Tragkonstruktion darstellt und somit in der folgenden Ablaufstruktur für Abbruch- und Beräumungsarbeiten in Abbildung 20 nicht gezeigt ist.

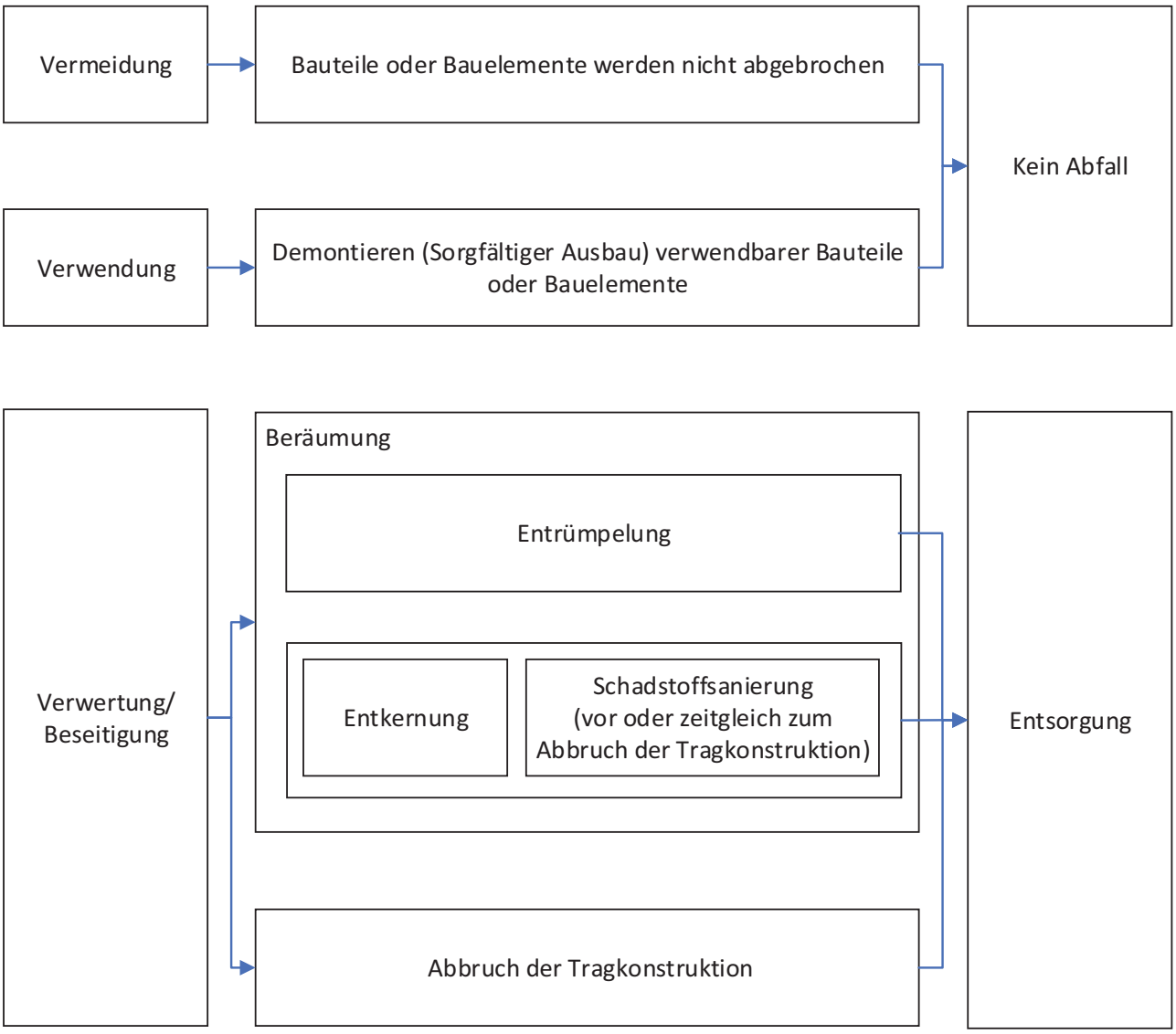


Abbildung 20: Ablaufstruktur für Abbruch- und Beräumungsarbeiten

5 REFA-Ablaufabschnitte für Abbruch- und Beräumungsarbeiten

Für die Untersuchung von Abbrucharbeiten werden diese analog der Systematik von REFA[204] gegliedert. Der Arbeitsablauf wird dabei in Ablaufabschnitte unterteilt, die jeweils eine unterschiedliche Größe respektive Dauer darstellen. Abbildung 21 zeigt die grundlegende Aufteilung von Ablaufabschnitten, wie sie im Bauwesen üblich ist.

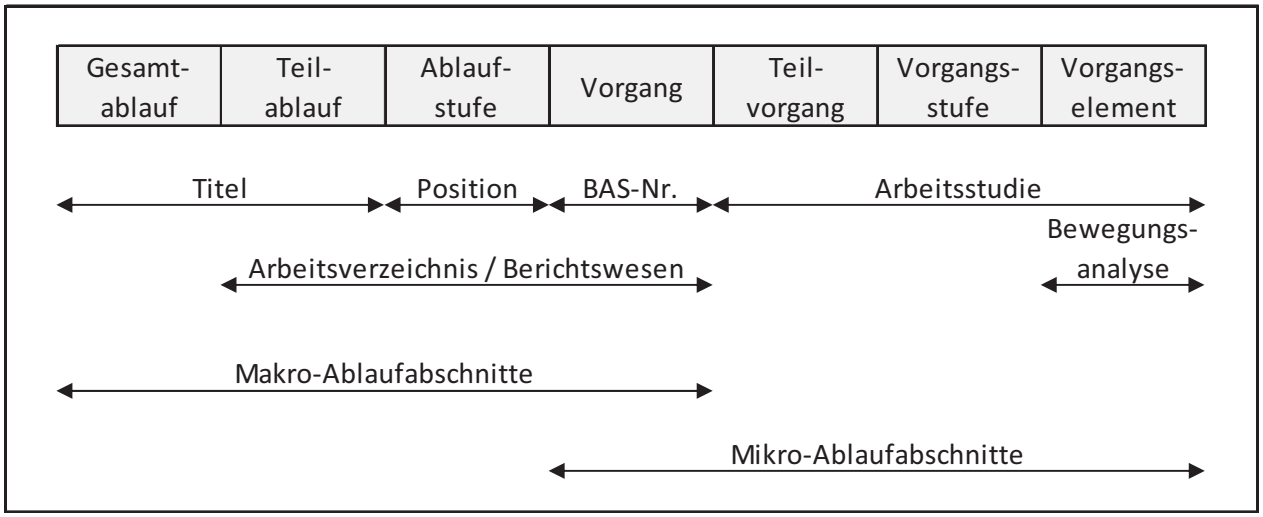


Abbildung 21: REFA-Ablaufabschnitte[205]

Die folgende Untergliederung des Arbeitsablaufes dient der geordneten Aufteilung der Ausführungsprozesse bei Abbrucharbeiten. Dabei richtet sich die Anzahl an erforderlichen Stufen nach der Komplexität des jeweiligen Projektes. Aus diesem Grund lassen sich die Begriffe Gesamtablauf, Vorgang und Vorgangselement eindeutig definieren, während die Zwischenstufen den jeweiligen Situationen und Bedingungen der Baustelle entsprechend variieren können. Die folgenden Beschreibungen sind deshalb als mögliche Untergliederung anzusehen und sind im Einzelfall mit den örtlichen Gegebenheiten abzugleichen. In der Folge werden die Ablaufabschnitte bei Abbrucharbeiten näher beschrieben.

[204] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 57 ff.

[205] Eigene Darstellung in Anlehnung an Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 57 ff.

5.1 Vorgangselement

Der kleinste Ablaufabschnitt ist das Vorgangselement, welches etwa zwischen 0,001 und 0,01 Minuten (0,06 und 0,6 Sekunden) in Anspruch nimmt. Diese äußerst exakte Bestimmung von Dauern wird als Arbeitsstudium u. a. bei der Arbeitsplatz- oder Betriebsmittelgestaltung und der montagegerechten Gestaltung von Arbeitsgegenständen angewendet. Ein Grundverständnis über dieses methodische Vorgehen sollte bei Baustellenaufnahmen vorhanden sein, auch wenn für diese Untersuchung eine Analyse in dieser Tiefe nicht sinnvoll respektive erforderlich ist.

Für das Abbrechen einer Gipskartontrennwand kann als Beispiel für ein Vorgangselement das Hinlangen zu einem Hammer angesehen werden.

5.2 Vorgangsstufe

Aus einer geschlossenen Abfolge von Vorgangselementen ergibt sich eine Vorgangsstufe, die häufig zwischen 0,01 und 0,1 Minuten (0,6 und 6 Sekunden) dauert.

Für das Abbrechen einer Gipskartontrennwand kann als Beispiel für eine Vorgangsstufe das Schlagen mit einem Hammer auf eine Gipskartonwand angesehen werden.

5.3 Teilvorgang

Aus mehreren Vorgangsstufen setzt sich ein Teilvorgang zusammen, wobei für die Größe respektive die Dauer eines Teilvorganges keine Definition gegeben wird.

Zur Definition der einzelnen Teilvorgänge für Abbrucharbeiten gibt die ATV DIN 18459:2016-09 an, dass zu Abbrucharbeiten „auch das Fördern, Lagern und Laden der abgebrochenen oder rückgebauten Anlagen sowie der gewonnenen Stoffe und Bauteile“[206] gezählt werden. Im Sinne dieser Vorgabe wird zur weiteren Beschreibung von Teilvorgängen bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten die Ausführungen von Bauer[207] zum Erdbau auf Abbrucharbeiten angepasst. Dieser gibt folgende Aussage:

[206] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 7.

[207] Bauer (2007): Baubetrieb. S. 61.

„Die Erdbauaufgabe besteht somit darin, Boden zu lösen, in Fördermittel zu laden, über eine bestimmte, möglichst minimale Entfernung zu transportieren und wieder abzulagern oder einzubauen und zu verdichten“.

Das Lösen des Bodens bei der Erdbauaufgabe entspricht bei der Entrümpelung dem Aufnehmen eines Gegenstands und bei der Entkernung dem Abbrechen respektive dem Lösen des Bauteils aus dem bestehenden Verbund.

Das Laden des Bodens bei der Erdbauaufgabe in ein Fördermittel entspricht beispielsweise dem Laden eines Entrümpelungsgegenstands oder eines Entkernungsbauteils auf einen Sackkarren, in einen Schubkarren oder in einen rollbaren Entsorgungscontainer.

Das Transportieren oder Fördern[208] des Bodens bei der Erdbauaufgabe entspricht dem Transportieren des Gegenstandes bei Entrümpelung oder des Bauteils bei Entkernung mit dem zuvor angesprochenen Transportmittel. Aus der ATV DIN 18459:2016-09[209] geht hervor, dass horizontale Förderwege von einer Entfernung bis zu 50 m außerhalb von Gebäuden, 20 m innerhalb von Gebäuden und eine vertikale Förderung von 5 m respektive 10 m bei der Verwendung von Schuttrutschen zur Grundleistung des Auftragnehmers gehören. Zur Effizienzsteigerung ist der Transportaufwand durch geeignete Maßnahmen, wie beispielsweise die Planung bauwerknaher Containerstellplätze oder den Einsatz von Schuttrutschen, Hebezeugen und Bauaufzügen, möglichst gering zu halten.

Das Ablagern respektive Einbauen von Boden bei der Erdbauaufgabe entspricht bei der Entrümpelung und Entkernung dem Abladen in einen Entsorgungscontainer oder ein Transportfahrzeug (LKW).

Die Analogie der Vorgehensweisen beim Erdbau sowie der Entrümpelung und Entkernung ist in Tabelle 3 übersichtlich dargestellt.

[208] Vgl. Bauer (2007): Baubetrieb. S. 68.

[209] Vgl. ATV DIN 18459:2016-09: Abbruch- und Rückbauarbeiten. S. 10.

Tabelle 3: Teilvorgänge Erdbau, Entrümpelung und Entkernung[210]

Erdbauaufgabe nach BAUER	**Entrümpelung – Teilvorgänge**	**Entkernung - Teilvorgänge**
Boden lösen	Gegenstand aufnehmen (ggf. inkl. zerkleinern)	Bauteil abbrechen (ggf. inkl. zerkleinern)
Boden laden (in Fördermittel)	Gegenstand laden (in Fördermittel)	Bauteil laden (in Fördermittel)
Boden transportieren (über eine Entfernung)	Gegenstand transportieren/ fördern (über eine Entfernung)	Bauteil transportieren/ fördern (über eine Entfernung)
Boden ablagern/ einbauen & verdichten	Gegenstand abladen (in Entsorgungscontainer/ LKW)	Bauteil abladen (in Entsorgungscontainer/ LKW)

Es soll angemerkt sein, dass für diese Untersuchung als Systemgrenze die Baustelle festgelegt ist. Die hier verwendeten Begriffe Transportieren respektive Fördern beziehen sich somit ausschließlich auf die Ausführung der Transportprozesse innerhalb der Baustelle respektive auf die Verbringung von abgebrochenem Material zu einem Entsorgungscontainer oder Entsorgungsplatz. Der im Kreislaufwirtschaftsgesetz[211] (KrWG) verwendete Begriff der „Beförderung zu einer Abfallbehandlungsanlage“ entspricht somit nicht dem hier definierten Transportieren respektive Fördern und wird deshalb nicht als Teilvorgang der Beräumung verwendet.

Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass bedingt durch verschiedene Abbruchverfahren ein zusätzliches Zerkleinern der Gegenstände oder abgebrochenen Bauteile erforderlich werden kann. Dies kann während des Abbruchprozesses direkt an der Einbaustelle, noch auf der Baustelle nach dem Abladen an einer Sammelstelle oder auf dem Gelände einer Deponie respektive eines Entsorgungsunternehmens stattfinden. Ebenso verhält es sich mit einem gegebenenfalls erforderlichen Sortieren und Separieren der Gegenstände respektive Bauteile in Abfallfraktionen entsprechend den Abfallschlüsseln der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)[212], so dass diese im Sinne des KrWG[213] verwertet oder deponiert werden können. Für die Prozessgestaltung können sich durch den Ort und den Zeitpunkt von Zerkleinerung und Sortierung Unterschiede im Aufwand, in den erforderlichen Geräten und den Kosten ergeben. Im Einzelfall ist zu prüfen, welche Reihenfolge der Teilvorgänge für die Ausführung vorteilhaft ist.

---

[210] Eigene Darstellung in Anlehnung an Bauer (2007): Baubetrieb. S. 61.

[211] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 9.

[212] Vgl. AVV (2020) https://www.gesetze-im-internet.de/avv/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 26 f.

[213] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 5.

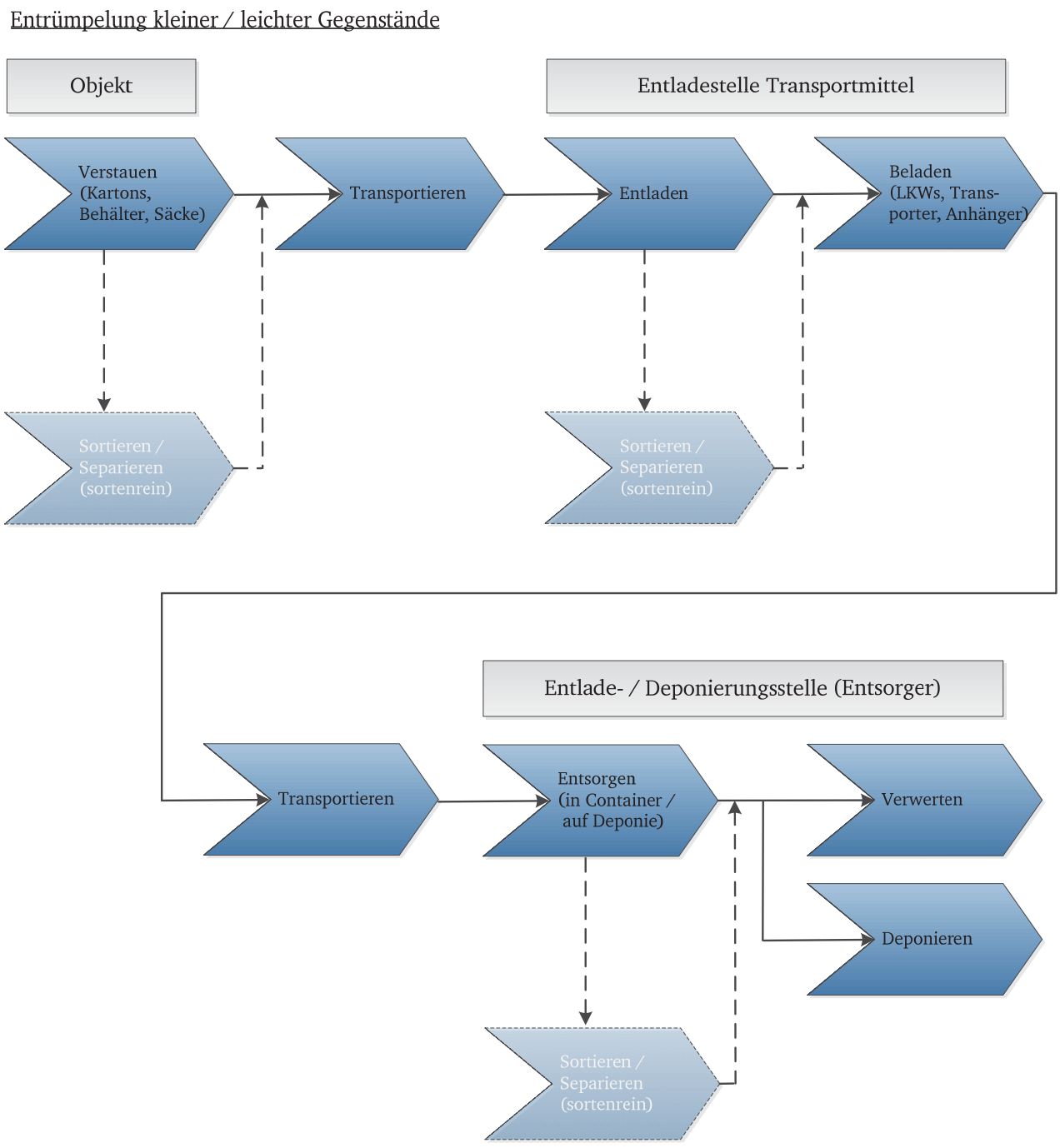


Abbildung 22: Teilarbeitssystem Entrümpelung kleiner/leichter Gegenstände[214]

Abbildung 22 verdeutlicht am Teilarbeitssystem der Entrümpelung, dass das sortenreine Sortieren respektive Separieren der beräumten Abfallstoffe zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattfinden kann, was sich wiederum auf die Arbeitsgestaltung (u. a. Ausführung als Einzel-

[214] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten. Anhang S. 5.

oder Gruppenarbeit) als auch auf das Arbeitsergebnis (u. a. Arbeitsleistung und Ergonomie) auswirken kann. In weiterführenden Untersuchungen sollte die Gestaltung der Arbeitssysteme diesbezüglich untersucht werden.

5.4 Vorgang

Ein Vorgang ist ein Abschnitt eines Arbeitsablaufes, der in der Ausführung mit einer Mengeneinheit des Arbeitsauftrages beziffert werden kann und sich sowohl in der Terminplanung als einzelner Vorgang, im Leistungsverzeichnis als Position und im Arbeitsverzeichnis mit BAS-Nr. wiederfinden kann.[215] Durch mehrmalige Wiederholung entsprechen Vorgänge somit häufig dem Arbeitsauftrag einer Kolonne oder eines einzelnen Menschen für einen oder mehrere Arbeitstage.

In Analogie zum Erstellungsprozess können die Vorgänge des Hochbaus auf Abbrucharbeiten angepasst werden. So können als Beispiele für Vorgänge bei Entrümpelungsarbeiten das sorgfältige Entfernen von Einrichtungsgegenständen zur Wiederverwendung oder das Zerkleinern und Entsorgen von großformatigen Möbeln zur Entsorgungsstelle genannt werden. Als Beispiele der Entkernung kann das Abbrechen von Bauteilen, wie beispielsweise nichttragende Wandkonstruktionen, Türen und Bodenaufbauten, angesehen werden.

In Kapitel 6.1 werden die Prozesse der Beräumung in Anlehnung an die DIN 276:2018-12[216] systematisch entwickelt.

5.5 Ablaufstufe

Eine Folge von Vorgängen, die zur Erstellung eines Bauteiles oder Bauabschnittes erforderlich sind, bildet eine Ablaufstufe. Zur Untersuchung der Prozesse der Beräumung wird hier in die folgenden Ablaufstufen unterschieden:

- Entrümpelung
- Entkernung einschließlich Schadstoffsanierung
- Abbruch der Tragkonstruktion

[215] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 60.

[216] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen.

- Entsorgung

Eine Begriffsdefinition der einzelnen Ablaufstufen ist in Kapitel 4 gegeben, die dazugehörigen Vorgänge respektive Prozesse werden in Kapitel 6.2 dargestellt.

5.6 Teilablauf

Der Teilablauf setzt sich aus mehreren Ablaufstufen zusammen. Dies kann je nach Projektspezifika beispielsweise eine Unterscheidung in oberirdischen und unterirdischen Abbruch oder in verschiedene Gebäudeteil A, B, C sein.

5.7 Gesamtablauf

Aus mehreren Teilabläufen setzt sich der Gesamtablauf zusammen, der zum Abbruch eines Bauwerks oder Gebäudekomplexes erforderlich ist.

In der folgenden Abbildung 23 ist eine mögliche Unterteilung der Ablaufabschnitte des Abbruchs einschließlich den Prozessen der Beräumung als Ablaufstufe dargestellt.

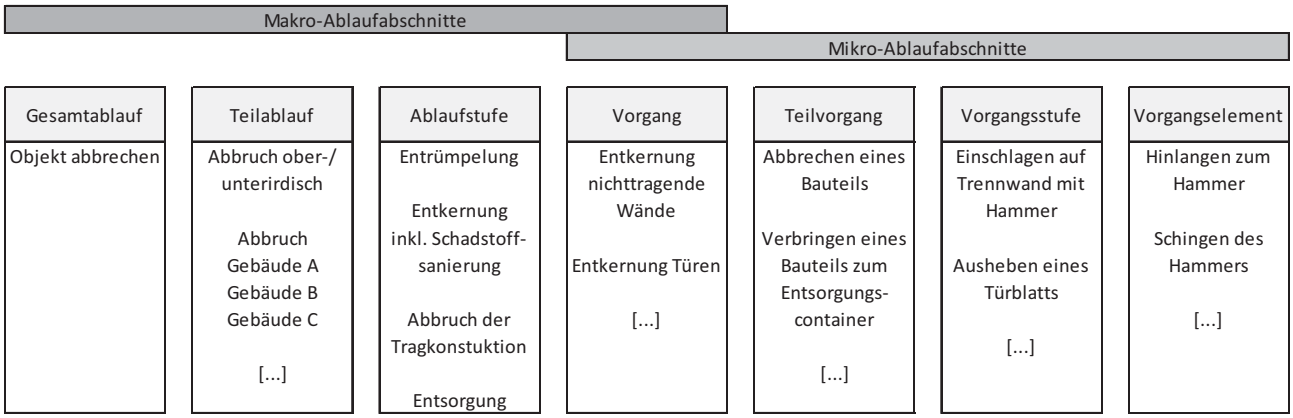


Abbildung 23: REFA-Ablaufabschnitte für Abbrucharbeiten (Beispiel)[217]

[217] Eigene Darstellung in Anlehnung an Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 58.

6 Entwicklung einer Gliederungsstruktur für die Prozesse der Beräumung

Zur eindeutigen Benennung und Bezeichnung der Beräumungsprozesse wurden existierende Gliederungsstrukturen mittels Literaturstudien recherchiert. Da diese Recherche ohne verwertbaren Erfolg blieb, wurden leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt und auf dieser Grundlage eine eigene Gliederungsstruktur entwickelt.

6.1 Gliederungsstruktur für Beräumungsarbeiten nach STLB-Bau

Um eine einheitliche Sprachregelung für alle am Bau Beteiligten zu etablieren, hat der Gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB) in den 1970er-Jahren das Standardleistungsbuch Bau (STLB-Bau) entwickelt.[218] Auf dieser Grundlage ist eine standardisierte Beschreibung respektive Ausschreibung verschiedenster Bauleistungen möglich, welche konform zu den Regelungen der VOB und zu aktuellen DIN-Normen sind.

Aktuell existieren Leistungsbeschreibungen für 77 Gewerke, so dass für das Gewerk „084 Abbruch-, Rückbau- und Schadstoffsanierungsarbeiten“ Leistungsinhalte in Form von Ausschreibungstexten vorliegen.[219] Prozesse, die im Zuge der Beräumung stattfinden, sind in „Abbruch Ausbau“ und „Abbruch Technik“ enthalten. In Abbildung 24 ist die Gliederung des STLB-Bau von den Leistungsbereichen bis hin zu der einzelnen Position „Fenster Kunststoff abbrechen …“ dargestellt.

[218] Vgl. GEAB (o. J): STLB BAU, https://www.gaeb.de/de/stlb-bau/#1555325533999-a747f6de-62e4, Abrufdatum: 19.03.2021.

[219] Vgl. STLB-Bau Online (o. J): Leistungsbereiche – Ausschreibungstexte, https://www.stlb-bau-online.de/Ausschreibungstexte/Leistungsbereiche/1, Abrufdatum: 19.03.2021.

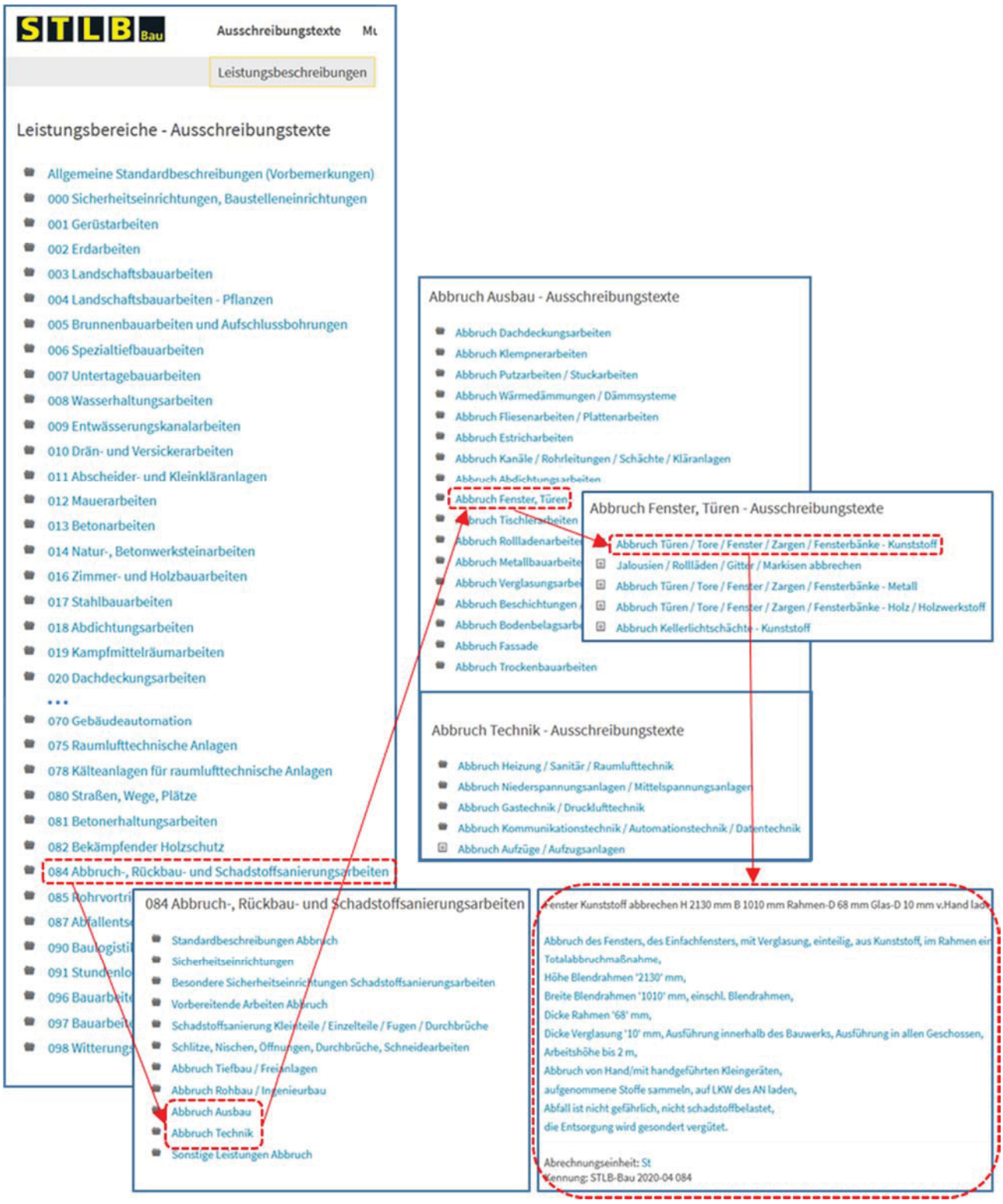


Abbildung 24: Gliederung des STLB-Bau[220]

[220] Eigene Darstellung in Anlehnung an STLB-Bau Online (o. J.): Leistungsbereiche – Ausschreibungstexte, https://www.stlb-bau-online.de/Ausschreibungstexte/Leistungsbereiche/1, Abrufdatum: 19.03.2021.

Zu Beginn der Untersuchung schien eine geeignete Gliederungsstruktur für die Prozesse der Beräumung mit der Aufteilung entsprechend des STLB-Bau gefunden zu sein. Bei der folgenden, vertieften Ausarbeitung stellte sich allerdings heraus, dass das STLB-Bau zu detailliert für die Anwendung im Bereich der Beräumung ist und somit der Aufwand für eine entsprechend detailgenaue Bestandsaufnahme in keinem Verhältnis zum Nutzen der zu entwickelnden Gliederungsstruktur stehen würde, weshalb sich gegen die detaillierte Gliederungsstruktur des STLB-Bau entschieden wurde.

6.2 Eigene Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse

Im Rahmen des Forschungsprojektes der Forschungsinitiative "Zukunft Bau" des Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat wurde unter dem Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-18.13 mit dem Titel „Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten“[221] im Zeitraum vom 01.03 2019 bis 28.02.2021 vom Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt eine Gliederungsstruktur für Beräumungsarbeiten erarbeitet.

Die Ergebnisse werden an dieser Stelle vorgestellt.

Im Rahmen einer Literaturrecherche konnte keine Gliederungsstruktur zu den Beräumungsprozessen gefunden werden, weshalb Experteninterviews zu dieser Fragestellung durchgeführt wurden. Zu den Entrümpelungsprozessen wurden drei leitfadengestützte Experteninterviews[222] abgehalten, welche keine systematische Struktur der Entrümpelungsprozesse zu Tage brachten. Es wurde lediglich mehrfach angegeben, dass mit dem Entfernen von kleineren respektive handlichen Gegenständen begonnen wird und anschließend große Objekte entfernt werden.[223]

Für die Analyse der Entkernungsprozesse wurden 50 Expertinnen und Experten unterschiedlicher Unternehmen angefragt und sieben leitfadengestützte Experteninterviews durchgeführt.[224] Eine einheitliche Struktur der Entkernungsarbeiten konnte nicht ausgemacht werden. Vermehrt wurde ein bauteilbezogenes Vorgehen von oben nach unten respektive von

[221] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung.

[222] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten.

[223] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten. S. 79 und S. 96 ff.

[224] Vgl. Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung.

den Decken- zu den Bodenbauteilen genannt.[225] Aus Einzelaussagen, beispielsweise zum Ausbau von Türen und Fenstern, konnten keine allgemeingültigen Erkenntnisse geschlussfolgert werden.

Die Aussagen der Experteninterviews führten zu der Erkenntnis, dass eine systematische, normativ begründete Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse entwickelt werden musste. Als Grundlage hierzu wurden die Kostengruppen der DIN 276:2018-12[226] herangezogen. Nach der Festlegung der Tätigkeiten Entrümpelung und Entkernung als Grundprozesse, wurde der Prozess durch die Angabe des zu beräumenden Gegenstandes oder Bauteils in Ebene 1 entsprechend den Zehnerstellen der DIN 276:2018-12[227] grundlegend beschrieben, wodurch sich 19 Entkernungsprozesse der Ebene 1 ergeben. Mit der Ebene 2 entsprechend der Einerstellen der DIN 276:2018-12[228] wurden die Prozesse weiter präzisiert, wodurch sich 82 Entkernungsprozesse der Ebene 2 ergeben.

Bei der Entwicklung der Struktur wurde darauf geachtet, dass sich diese in der Begrifflichkeit und dem Aufbau möglich nah am Sprachgebrauch der DIN 276:2018-12[229] orientiert. Dennoch wurden einzelne Bezeichnungen abgeändert und teilweise wurden Kostengruppen zusammengefasst, um diese in Beräumungsprozesse zu überführen. Mit der entwickelten Strukturierung ist eine auf der einen Seite präzise und normativ begründete und andererseits annähernd selbsterklärende Beschreibung der Beräumungsprozesse gewährleistet.

Wie bereits in Kapitel 4.1.3 beschrieben, finden die Prozesse der Schadstoffsanierung in Verbindung mit der Entkernung statt, weshalb diese Prozesse nicht eigenständig in der Gliederungsstruktur aufgeführt wurden.

Zur besseren Übersicht wurden die Prozesse entsprechend den Aussagen der Experteninterviews[230, 231] in die Prozessbereiche Decken-, Wand- und Bodenbauteile sowie Technische Anlagen unterteilt. Durch eine gruppierte Nummerierung entsprechend der Grundprozesse als erste Ordnungsziffer besitzt jeder Prozess eine eindeutige Identifikationsnummer, die Beräumungsprozessidentifikationsnummer, kurz BP-ID. Durch die entwickelte Strukturierung, welche in Tabelle 4 dargestellt ist, sind die Beräumungsprozesse einheitlich definiert und bezeichnet.

---

[225] Vgl. Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. S. 39.

[226] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 14 ff.

[227] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 14 ff.

[228] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 14 ff.

[229] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 14 ff.

[230] Vgl. Talebi/Blesinger (2018): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. S. 39.

[231] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. S. 27 f.

Die entwickelte Strukturierung bringt zudem Vorteile für die Anwendung der Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) mit sich. Durch eine Zuordnung von beräumungsbezogenen Attributen, wie beispielsweise Materialität, Bauteildichte, -abmessungen und –zusammensetzungen, vereinfachen sich Mengenermittlung, Kalkulation, Abrechnung und Controlling wesentlich und die Ziele der Kreislaufwirtschaft zur hochwertigen Verwendung respektive Verwertung können gezielt verfolgt werden.

Tabelle 4: Eigene Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse[232]

BP-ID	Prozess-bereiche	Grundprozesse (Basisleistungs-bereiche)	Ebene 1	Ebene 2
0 - 1		Entrümpelung	Gegenstände	kleine Gegenstände
0 - 2				große Gegenstände
1 - 1	Wand-bauteile	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	Außentüren und -fenster	Außentüren und -tore
3 - 2				Außenfenster und Schaufenster
3 - 3				Dachfenster, Dachöffnungen
4 - 1		Entkernung	Innentüren und -fenster	Innentüren und -tore
4 - 2				Innenfenster
5 - 1	Decken-bauteile	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	Boden- und sonstige Bauteile	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	Wärmeversorgungs-anlagen	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 Klimaanlagen
12 - 4				Leitungen Klimaanlagen
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				Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung
14 - 1		Entkernung	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	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

[232] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021) Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 6.

7 Definition von Arbeitsverfahren für die Beräumung

Als Verfahren wird entsprechend der REFA-Methodenlehre[233] die Technologie verstanden, die zur Veränderung eines Arbeitsgegenstandes im Sinne der Arbeitsaufgabe angewendet wird. Im Bereich der Beräumung existiert keine normative Grundlage zur Definition von Arbeitsverfahren der Beräumung. Um diese herauszuarbeiten und die Prozesse in einheitliche Struktur zu überführen, werden die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[234] und die „Verfahren zur Schadstoffentfernung“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)[235] vorgestellt und unter Zuhilfenahme der DIN-Normen zu Fertigungsverfahren[236] weiter präzisiert.

7.1 Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05[237]

Die DIN 18007:2000-05[238] definiert Begriffe, Verfahren und Anwendungsbereiche im Bereich der Abbrucharbeiten. Es wird zwar darauf hingewiesen, dass die Verfahren und die damit verbundenen Werkzeuge auch von Hand ausgeführt werden können, zielen viele Beschreibungen vordergründig auf den Abbruch mit Großgerät respektive Hydraulikbagger ab. Für die genannten 30 Abbruchverfahren wird die Eignung bezüglich der abzubrechenden Konstruktion, des Bauteils und des Baustoffs angegeben und es werden Anwendungshinweise respektive Auswirkungen auf die Umwelt aufgeführt.

Viele der Abbruchverfahren sind bei der händischen Beräumung nicht anwendbar, da sie mittels Hydraulikbagger und Anbaugerät ausgeführt werden. Beispiele hierfür sind das Abgreifen und das Reißen. Ebenfalls sind Abbruchverfahren des Sprengens bei der Beräumung nicht denkbar. Somit fehlt eine normative Grundlage zur präzisen Definition der Beräumungsverfahren.

Die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[239] sind in Tabelle 5 dargestellt.

---

[233] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 57 ff.

[234] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[235] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020.

[236] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren.

[237] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 7.

[238] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 7.

[239] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 7.

Tabelle 5: Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05[240]

Verfahren Nr.	Verfahren Name
1	Abgreifen
2	Einschlagen
3	Eindrücken
4	Einziehen
5	Reißen
6	Stemmen
7	Preßschneiden
8	Scherschneiden
9	Spalten durch Pressen
10	Spalten durch Quelldrücken
11	Demontieren
12	Lockerungssprengen
13	Spalten durch Sprengen
14	Umlegen durch Sprengen
15	Zusammenstürzen durch Sprengen

Verfahren Nr.	Verfahren Name
16	Niederbringen durch Sprengen
17	Kernbohren
18	Vollbohren
19	Wandsägen
20	Bodensägen
21	Seilsägen
22	Kettensägen
23	Brennschneiden mit Autogenbrennern
24	Plasmaschneiden
25	Brennschneiden I Sauerstoffkernlanzen
26	Brennschneiden I Pulverschneidbrennern
27	Hochdruckwasserschneiden
28	Fräsen
29	Schleifen
30	Hochdruckwasserstrahlen

[240] Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 7.

7.2 „Verfahren zur Schadstoffentfernung“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)[241]

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat 2019 die „Arbeitshilfe Rückbau“ [242] veröffentlicht, in der die „Verfahren zur Schadstoffentfernung“ beschrieben werden. Wie bereits in Kapitel 4.1.4 erläutert, erfolgen die Vorgänge der Schadstoffsanierung stets im Zuge von Entkernungsarbeiten, so dass die Beschreibung der Verfahren des LfU als Grundlage für die Beschreibung der Beräumungsverfahren herangezogen werden kann.

Als Verfahren werden die folgenden genannt:

- Mechanische Verfahren:
    - Abschaben oder Abkratzen
    - Abstemmen oder Abschlagen
    - Schneiden
    - Fräsen
    - Schleifen
    - Trockenstrahlen
    - Feuchtstrahlen
    - Schleuderstrahlen
- Mechanisch-hydraulische Verfahren
    - Hochdruckwasserstrahlen (HDW)
- Thermische Verfahren
    - Flammstrahlen (Flammschälen)
    - Vereisung

[241] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020.

[242] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

Die Verfahren „Abschaben oder Abkratzen“[243] werden angewendet, um eine Oberfläche mit klingenbestückten Werkzeugen auf manuellem oder maschinellem Weg abzutrennen. Vordergründig kommt es bei spröden, rissigen und leicht vom Untergrund ablösbaren Anhaftungen zum Einsatz. Als Beispiel werden alte Farbanstriche genannt.

Abbildung 25: Abschaben einer Wandfarbe[244]

Die Verfahren „Abstemmen oder Abschlagen“[245] werden angewendet, um einen flächigen Abtrag der Oberfläche meist durch den Einsatz von Handgeräten herbeizuführen. Als Beispiele werden das Abschlagen von Putz und Bodenbelägen sowie das Abschälen von Dichtungsbahnen genannt.

Das Verfahren „Schneiden“[246] kann bei plastischen Materialien verwendet werden, wobei als Hauptanwendungsgebiet der Ausbau von PCB-haltigen Fugenmassen mittels Elektrofugenschneider mit oszillierendem Messer angegeben ist.

[243] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

[244] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

[245] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

[246] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

Abbildung 26: Ausschneiden von elastischen Fugenmassen an Fenstern[247]

Das Verfahren „Fräsen“[248] beschreibt einen schichtweisen und vor allem bei horizontal selbstfahrenden Maschinen sehr genauen Abtrag von Bauteilen oder Bauteilschichten.

Abbildung 27: Entfernen von Wandputz mit einer Handfräse[249]

[247] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

[248] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020, S. 126.

[249] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

Abbildung 28: Entfernen von Wandputz (nicht asbesthaltig) mit einer Baggerfräse[250]

Das Verfahren „Schleifen“[251] kann für geringe Abtragstiefen eingesetzt werden. Eine detaillierte Beschreibung zur Unterscheidung der Verfahren Schleifen und Fräsen findet nicht statt.

Das Verfahren „Trockenes Sandstahlen“[252] verwendet feinkörniges Strahlmittel, welches mit Druckluft auf die zu bearbeitende Fläche geschleudert wird, so dass durch Erosion die Oberfläche abgetragen wird. Als Beispiel wird das Entfernen Kunststoffbeschichtungen, Klebstoffen, Anstrichen und Putzen genannt.

Abbildung 29: Sandstrahlen[253]

Das Verfahren „Feuchtstrahlen“[254] entspricht dem „Trockenen Sandstrahlen“, wobei durch Wasserzugabe ein nahezu staubfreies Arbeiten möglich wird. Demgegenüber stehen die

[250] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 127.

[251] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 127.

[252] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 127.

[253] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 127.

[254] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 128.

Mehraufwendungen durch die Handhabung des Strahlwassers und eine nachträgliche Reinigung der umgebenden Oberflächen von anhaftendem Strahlgut.

Das Verfahren „Schleuderstrahlen (Kugelstrahlen)“[255] verwendet als Strahlmittel Stahlkügelchen und wird meist zur Bearbeitung von großflächigen und harten Untergründen, wie beispielsweise Industriefußböden, eingesetzt

Das Verfahren „Hochdruckwasserstrahlen (HDW)“[256] wird zum Reinigen, oberflächlichen Abtrag und Trennen respektive Schneiden von Bauteilen eingesetzt. Als Beispiele werden „Betonabtrag, Reinigen von Ölverschmutzungen, Entfernen von Farben, Bitumenanstrichen, Kunstharzbeschichtungen, Entfernen von Putzen oder Beseitigung von Brandschäden“ genannt. Auf die ggf. erforderliche Strahlwasserbehandlung wird hingewiesen.

Abbildung 30: Abtrag mit einem Hochdruckwasserstrahl[257]

Das Verfahren „Flammstrahlen“ (auch Flammschälen)“[258] erhitzt die Bauteiloberfläche kurzzeitig auf ca. 1.500 °C, so dass durch die thermische Spannung oberflächennahe Schichten abgelöst werden. Es wird hauptsächlich zur rückstandsfreien Ablösung von Beschichtungen angewendet.

Das Verfahren „Vereisung“[259] erfolgt durch Aufbringen von flüssigem Stickstoff, wodurch die Oberfläche auf -10 bis -20 °C abgekühlt wird, versprödet und sich die Beschichtungen vom

[255] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 128.

[256] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 128.

[257] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 128.

[258] LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 129.

[259] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 129.

Traggrund ablöst. Ggf. sind mechanische Nacharbeiten erforderlich. Als Beispiele der Anwendungen werden die Entfernung von zähplastischen Teerbeschichtungen bzw. -verunreinigungen und PCB-belasteten Fugendichtmassen genannt.

Es ist zu erkennen, dass sich einige Begriffe des Bayerischen Landesamts für Umwelt[260] an den Begrifflichkeiten der DIN 18007:2000-05[261] orientieren, auch wenn teilweise die Begriffe nicht einheitlich verwendet werden. Auf die verschiedenen Strahlverfahren wird stärker eingegangen, zudem wird das Flammstrahlen zusätzlich aufgeführt.

7.3 Fertigungsverfahren nach DIN 8580:2003-09[262]

Die Grundbegriffe der Fertigungsverfahren sind in der DIN 8580:2003-09[263] beschrieben, zudem wird ein Ordnungssystem für diese dargestellt. Fertigungsverfahren sind demnach „alle Verfahren zur Herstellung von geometrisch bestimmten festen Körpern; sie schließen die Verfahren zur Gewinnung erster Formen aus dem formlosen Zustand, zur Veränderung dieser Form sowie zur Veränderung der Stoffeigenschaften ein.“[264] Zudem wird angemerkt, dass Fertigungsverfahren von Hand oder mittels Maschinen und anderen Fertigungseinrichtungen in der Industrie oder im Handwerk ausgeführt werden[265], so dass geschlussfolgert werden kann, dass die Prozesse der Beräumung, welche sowohl händisch als auch maschinenunterstützt ausgeführt werden können, ebenfalls zu den Fertigungsverfahren zählen.

Die verschiedenen Fertigungsverfahren werden größtenteils in einzelnen DIN-Normen definiert und erläutert. Die Unterteilung der Fertigungsverfahren erfolgt in die folgenden sechs Hauptgruppen:

- Urformen (Hauptgruppe 1)
- Umformen (Hauptgruppe 2)
- Trennen (Hauptgruppe 3)
- Fügen (Hauptgruppe 4)
- Beschichten (Hauptgruppe 5)

---

[260] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoff-ratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 129.

[261] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 7.

[262] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren.

[263] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren.

[264] DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 4.

[265] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 4.

- Stoffeigenschaft ändern (Hauptgruppe 6)

Die Hauptgruppen der Fertigungsverfahren sind in Abbildung 31 dargestellt.

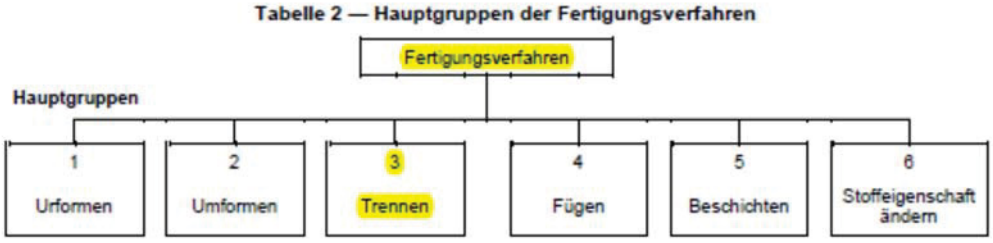


Abbildung 31: Hauptgruppen der Fertigungsverfahren[266]

Die Fertigungsverfahren Urformen, Umformen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaft ändern zielen auf die Herstellung respektive Fertigung von Körpern sowie Bauteilen ab und sind somit nicht auf die Beräumungsprozesse übertragbar. Da allerdings im zu untersuchenden Fertigungsverfahren „Trennen“ die Arbeitsaufgabe darin besteht, zuvor gefügte Werkstücke respektive Bauteile wieder voneinander zu trennen, werden an dieser Stelle ebenfalls die Grundlagen des Fertigungsverfahrens „Fügen“ beschrieben.

Fügen ist „das auf Dauer angelegte Verbinden oder sonstige Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken geometrisch bestimmter Form oder von ebensolchen Werkstücken mit formlosem Stoff. Dabei wird jeweils der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt“[267]. Die entstehenden Verbindungen können lösbar und nichtlösbar sein. „Eine lösbare Verbindung ist eine durch Fügen hergestellte Verbindung, die ohne Beschädigung der gefügten Teile wieder gelöst werden kann“, wobei „eine unlösbare Verbindung eine durch Fügen hergestellte Verbindung ist, die nur unter Inkaufnahme einer Beschädigung oder Zerstörung der gefügten Teile wieder gelöst werden kann“[268]. In diesem Punkt ist die Norm nicht konsequent, da sie in der Benennung „Nichtlösbare Verbindung“ verwendet und in der Definition „unlösbare Verbindung“. Für diese Ausarbeitung wird ausschließlich der Begriff unlösbare Verbindung verwendet. Die Charakterisierung der Gruppen samt der Art des Zusammenhalts und ihrer Lösbarkeit ist in Tabelle 6 dargestellt.

[266] DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 7.
[267] DIN 8593-0:2003-09: Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines. S. 3.
[268] DIN 8593-0:2003-09: Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines. S. 3.

Tabelle 6: Charakterisierung der Gruppen[269]

ON	Benennung der Gruppe	Art des Zusammenhaltes	Lösbarkeit
4.1	Zusammensetzen	Schwerkraft (Reiben), Formschluss oder Federkraft	ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.2	Füllen	Einschluss	ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.3	Anpressen, Einpressen	Kraftschluss im Allgemeinen	ohne Schädigung der Fügeteile lösbar
4.4	Fügen durch Urformen	Formschluss, hervorgerufen durch Urformen	im Allgemeinen ohne Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.5	Fügen durch Umformen	Formschluss, hervorgerufen durch Umformen	im Allgemeinen nur mit Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.6	Fügen durch Schweißen	Stoffverbindung	nur durch Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar
4.7	Fügen durch Löten	Stoffverbindung	im Allgemeinen nur mit, teils jedoch auch ohne Schädigung der Fügeteile lösbar [*]
4.8	Kleben	Adhäsion	im Allgemeinen nur mit Schädigung oder Zerstörung der Fügeteile lösbar. In Sonderfällen ist ein Lösen nach dem Kleben ohne Schädigung möglich
4.9	Textiles Fügen	Formschluss und/oder Kraftschluss bei textilen Faserstoffen	Lösen ohne Schädigung der Fügeteile möglich. Sind Fasern miteinander verklebt, siehe 4.8.
[*] Stoffverbindungen gelten als unlösbare Verbindungen. Es gibt jedoch Lötverbindungen (z. B. Lötkontakte an Leiterplatten), wo die Schädigung der Fügeteile beim Lösen durch Ablöten vernachlässigbar ist.			

Die Arbeitsverfahren der Beräumung sind den Fertigungsverfahren der Hauptgruppe 3 „Trennen“ zuzuordnen, wobei das Merkmal dieser Hauptgruppe ist, dass der Zusammenhalt vermindert wird. Dabei wird das Fertigungsverfahren „Trennen“ als „Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern“[270] definiert, wobei das Zusammenhalten teilweise oder im Ganzen gemindert werden kann. Weiterhin ist angegeben, dass dem Trennen ebenfalls das Zerlegen zusammengesetzter Körper zugeordnet wird.

Die Merkmale der Hauptgruppen sind in Abbildung 32 dargestellt.

[269] Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 8593-0:2003-09: Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines. S. 4.

[270] DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 4.

Schaffen der Form	Ändern der Form				Ändern der Stoffeigenschaften
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1 Urformen	Hauptgruppe 2 Umformen	Hauptgruppe 3 Trennen	Hauptgruppe 4 Fügen	Hauptgruppe 5 Beschichten	Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaft ändern

Abbildung 32: Merkmale der Hauptgruppen

Das Fertigungsverfahren „Trennen“ der Hauptgruppe 3 setzt sich aus den folgenden Gruppen zusammen[271]:

- Zerteilen (DIN 8588:2013-08)
- Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden (DIN 8589-0:2003-09)
- Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden (DIN 8589-0: 2003-09)
- Abtragen (DIN 8590:2003-09)
- Zerlegen (DIN 8591:2003-09)
- Reinigen (DIN 8592:2003-09)

Es soll darauf hingewiesen sein, dass die Fertigungsverfahren auch als Verfahrenskombination gleichzeitig ausgeführt werden können.[272] Dies entspricht auch regelmäßig dem Vorgehen bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten, wo in kürzester Zeit zwischen den Arbeitsverfahren gewechselt wird.

In der Folge wird auf die einzelnen Gruppen mit ihren jeweiligen Untergruppen eingegangen. Eine Übersicht der Hauptgruppe 3 „Trennen“ mit den oben genannten Gruppen und dazugehörigen Untergruppen ist in Abbildung 33 dargestellt.

[271] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 10.

[272] Vgl. DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 7.

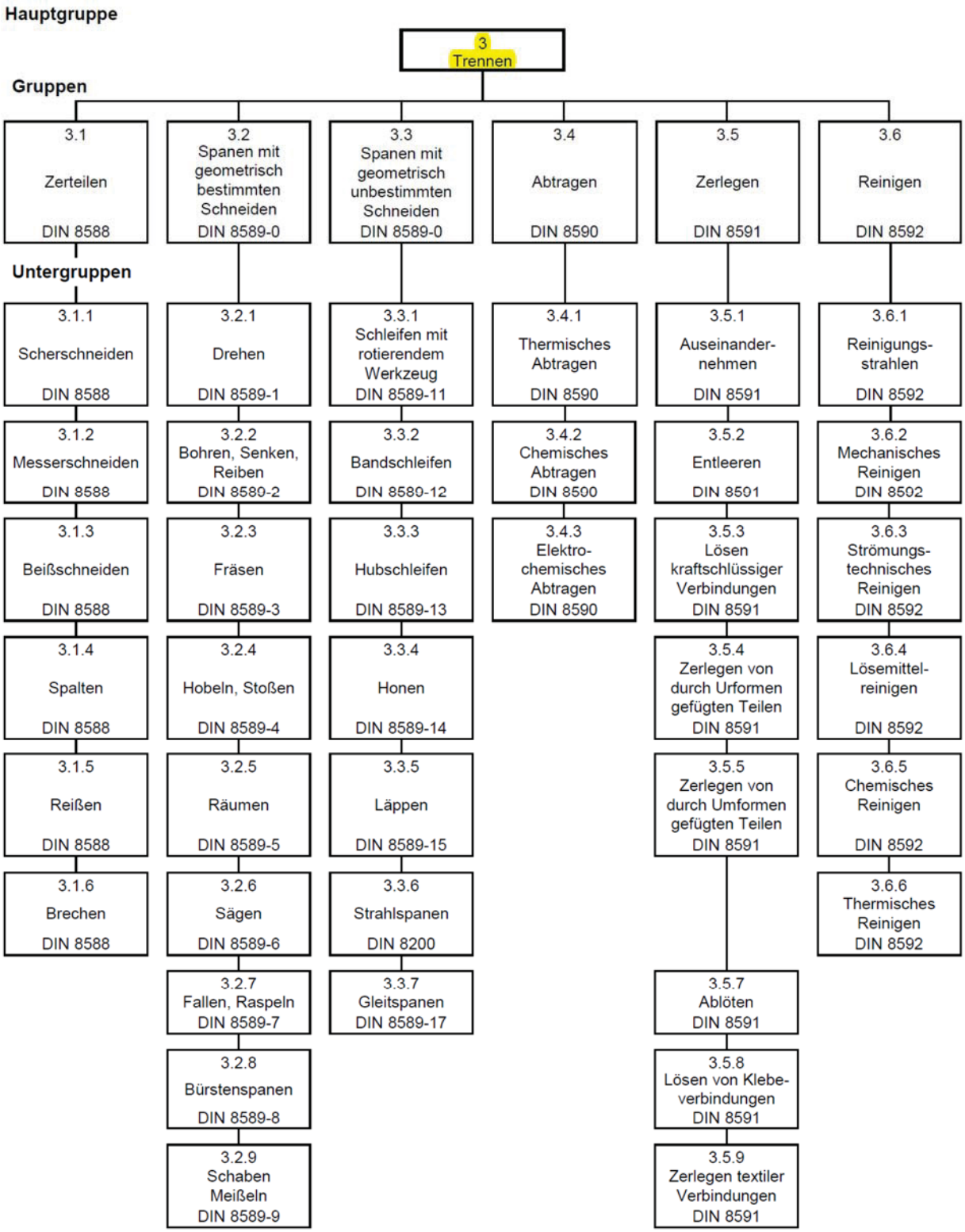


Abbildung 33: Fertigungsverfahren Hauptgruppe 3 „Trennen“ nach DIN 8580:2003-09[273]

[273] DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren. S. 10.

7.3.1 Zerteilen (DIN 8588:2013-08)

Die Gruppe Zerteilen wird wie folgt definiert:

„Mechanisches Trennen von Werkstücken ohne Entstehen von formlosem Stoff, also auch ohne Späne (spanlos)“[274]. Dabei setzt sich diese Gruppe aus den folgenden Untergruppen zusammen:

- 3.1.1 Scherschneiden (DIN 8588:2013-08)
- 3.1.2 Messerschneiden (DIN 8588:2013-08)
- 3.1.3 Beißschneiden (DIN 8588:2013-08)
- 3.1.4 Spalten (DIN 8588:2013-08)
- 3.1.5 Reißen (DIN 8588:2013-08)
- 3.1.6 Brechen (DIN 8588:2013-08)

Scherschneiden ist das „Zerteilen von Werkstücken zwischen zwei Schneiden, die sich aneinander vorbeibewegen“[275]. Im Bereich des Abbruchs der Tragkonstruktion findet das Scherschneiden beispielsweise Anwendung bei textilen Bauteilen, welche mit einer Schere abgeschnitten respektive abgebrochen werden. Das Wirkprinzip des Scherschneidens ist beispielhaft in Abbildung 34 dargestellt.

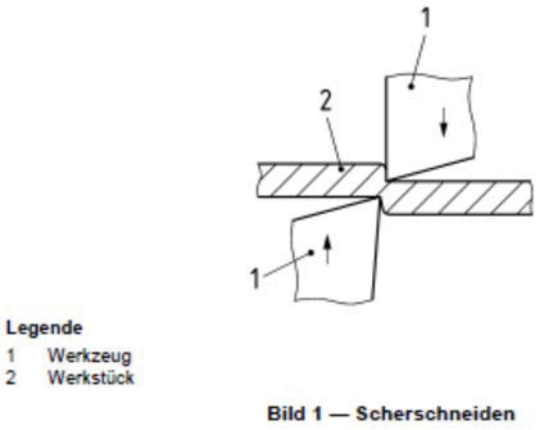


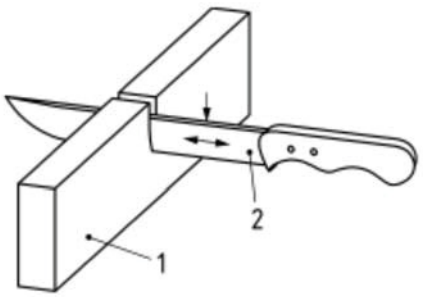
Abbildung 34: Scherschneiden[276]

[274] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen.

[275] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 5 ff.

[276] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 5.

Messerschneiden ist das „Zerteilen von Werkstücken mit einer meist keilförmigen Schneide“[277]. Im Bereich der Beräumung findet das Messerschneiden beispielsweise beim Zerteilen von großflächigen Bodenbelägen aus Teppich oder PVC Anwendung. Das Wirkprinzip des Messerschneidens ist beispielhaft als mehrhubig fortschreitendes Messerschneiden in Abbildung 35 dargestellt.

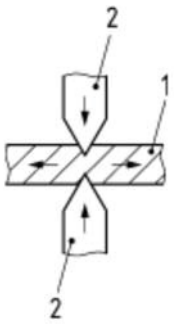


Legende
1 Werkstück
2 Werkzeug

Bild 9 — Mehrhubig fortschreitendes Messerschneiden

Abbildung 35: Mehrhubig fortschreitendes Messerschneiden[278]

Beißschneiden ist das „Zerteilen von Werkstücken zwischen zwei keilförmigen Schneiden, die sich aufeinander zubewegen“[279]. Im Bereich der Beräumung findet das Beißschneiden beispielsweise beim händischen Zerteilen Bewehrungsstahl mittels Bolzenschneider Anwendung. Das Wirkprinzip des Beißschneidens ist beispielhaft in Abbildung 36 dargestellt.



Legende
1 Werkstück
2 Werkzeug

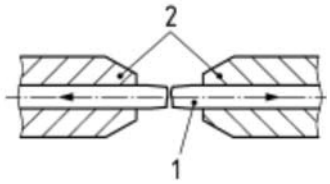
Bild 14 — Beißschneiden

Abbildung 36: Beißschneiden[280]

[277] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 8 ff.
[278] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 9.
[279] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 10 ff.
[280] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 10.

Spalten ist das „Zerteilen von Werkstücken mittels eines keilförmigen Werkzeuges, das durch Schläge oder Druck solange in das Werkstück hineingetrieben wird, bis dieses entlang der vorgesehenen oder vorgegebenen Trennungslinie von selbst weiterreißt“[281]. Weiterhin ist angegeben, dass „Werkstoffe, die durch Spalten zerteilt werden können, entweder spröde sind oder aufgrund ihres anisotropen Aufbaues bevorzugte Spaltrichtungen oder Spaltebenen aufweisen“[282]. Im Bereich der Beräumung findet das Spalten beispielsweise in Verfahrenskombinationen mit Abschlagen oder Abbrechen von Bauteilen Anwendung.

Reißen ist das „Zerteilen mit undefinierter Trennlinie durch eine Zugbeanspruchung, durch die das Werkstück an einer bestimmten Stelle über seine Bruchfestigkeit hinaus beansprucht wird“[283]. Weiterhin wird das Abreißen als „Vollständiges Trennen eines kleineren Stückes von einem größeren an einer vorbestimmten Stelle“[284] beschreiben. Im Bereich der Beräumung kommt das Abreißen weniger beim Lösen seines Bauteils aus der Verbindung als beispielsweise beim Abreißen eines Teilstücks von mit dem Boden verklebten Bodenbelag zur Anwendung. Es soll angemerkt sein, dass es sich bei dieser Definition um das Zerteilen eines Bauteils in kleinere Bestandsteile und nicht um das Lösen eines Bauteils aus seinem Verbund handelt. Um darüber hinaus mögliche Verwechslungen mit dem umgangssprachlich gebrauchten Begriff Abreißen von Bauwerken zu vermeiden, wird der Begriff Abreißen in dieser Ausarbeitung nicht weiter verwendet, was bereits in Kapitel 4.1.5.1 erläutert wurde. Das Wirkprinzip des Reißens ist beispielhaft in Abbildung 37 dargestellt.



Legende
1 Werkstück
2 Werkzeug

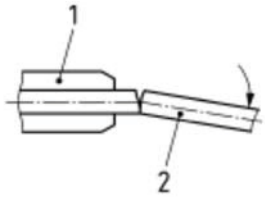
Bild 40 — Reißen

Abbildung 37: Reißen[285]

Brechen ist das „Zerteilen mit undefinierter Trennlinie durch eine Biege- oder Torsionsbeanspruchung, durch die das Werkstück an einer bestimmten Stelle über seine Bruchfestigkeit hinaus beansprucht wird“[286]. Weiterhin wird das Abbrechen als „Biegebrechen bei einseitiger

[281] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 18.
[282] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 18.
[283] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 18.
[284] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 18.
[285] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 18.
[286] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 19.

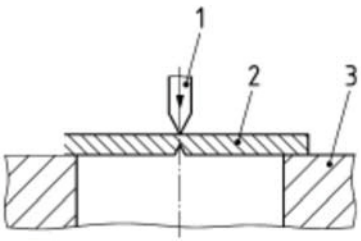
Einspannung oder Unterstützung des Werkstückes“ beschrieben, wobei Abschlagen als „Abbrechen durch Schlagbeanspruchung“[287] definiert wird. Das Durchbrechen ist als „Biegebrechen bei beidseitiger Unterstützung des Werkstückes“[288] beschrieben, wobei die Brechkraft zwischen den Stützstellen wirkt. Im Bereich der Beräumung kommen sowohl das Abschlagen respektive das Abbrechen als auch das Durchbrechen häufig zum Einsatz. Beispiele hierfür sind Bauteile, wie Fenster, die mittels Schlagwerkzeug (Hammer) aus ihrer Befestigung gelöst werden als auch Trennwände aus Gipskartonplatten, die als beidseitig unterstützt angesehen werden können und die mittels Schlägen durchgebrochen werden. Das Wirkprinzip des Abbrechens ist beispielhaft in Abbildung 38 und das Durchbrechen ist beispielhaft in Abbildung 39 dargestellt.



Legende
1 Werkzeug bzw. Spannvorrichtung
2 Werkstück

Bild 42 — Abbrechen

Abbildung 38: Abbrechen[289]



Legende
1 Werkzeug
2 Werkstück
3 Auflage

Bild 43 — Durchbrechen

Abbildung 39: Durchbrechen[290]

[287] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 19.
[288] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 20.
[289] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 19.
[290] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 20.

In der folgenden Abbildung 40 sind die Fertigungsverfahren der DIN 8588:2013-08 Zerteilen übersichtlich dargestellt. Die Gruppen 3.2 bis 3.6 werden in der Folge beschrieben und sind an dieser Stelle leicht überdeckt.

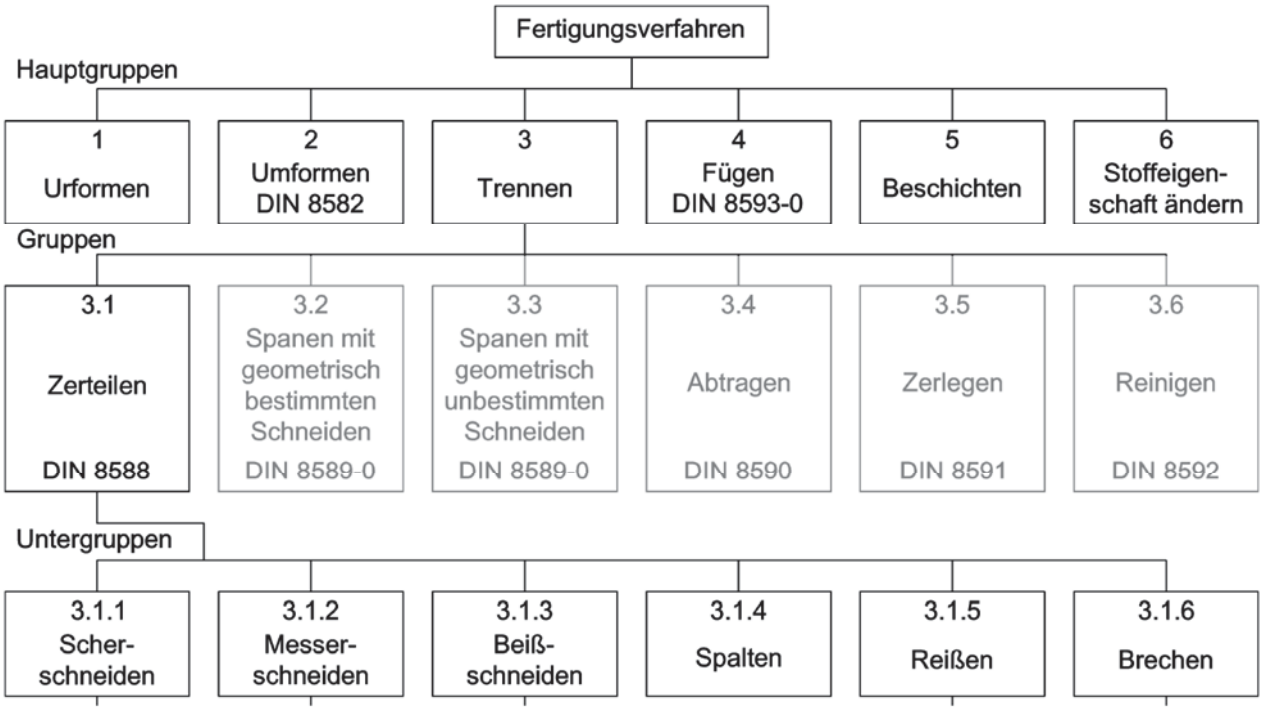


Abbildung 40: Übersicht über die Fertigungsverfahren Zerteilen[291]

7.3.2 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden (DIN 8589-0:2003-09)

Spanen wird definiert als „Trennen, bei dem durch die Schneiden eines Werkzeuges von einem Werkstück Werkstoffschichten in Form von Spänen auf mechanischem Wege abgetrennt werden“.[292]

Die Gruppe „Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden“ wird wie folgt beschrieben:

„Spanen, bei dem ein Werkzeug verwendet wird, dessen Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück bestimmt sind.“

Dabei setzt sich diese Gruppe aus den folgenden Untergruppen zusammen:

- 3.2.1 Drehen (DIN 8589-1:2003-09)

[291] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 22.

[292] DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 4.

- 3.2.2 Bohren, Senken, Reiben (DIN 8589-2:2003-09)
- 3.2.3 Fräsen (DIN 8589-3:2003-09)
- 3.2.4 Hobeln, Stoßen (DIN 8589-4:2003-09)
- 3.2.5 Räumen (DIN 8589-5:2003-09)
- 3.2.6 Sägen(DIN 8589-6:2003-09)
- 3.2.7 Feilen, Raspeln(DIN 8589-7:2003-09)
- 3.2.8 Bürstspanen(DIN 8589-8:2003-09)
- 3.2.9 Schaben, Meißeln(DIN 8589-9:2003-09)

Drehen ist „Spanen mit geschlossener, meist kreisförmiger Schnittbewegung und beliebiger, quer zur Schnittrichtung liegender Vorschubbewegung“[293]. Dabei kann sich sowohl das Werkstück als auch das Werkzeug drehen. Im Bereich der Beräumung findet das Drehen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Bohren ist „Spanen mit kreisförmiger Schnittbewegung, bei dem die Drehachse des Werkzeuges und die Achse der zu erzeugenden Innenfläche identisch sind und die Vorschubbewegung in Richtung dieser Achse verläuft. Die Drehachse der Schnittbewegung behält ihre Lage zum Werkstück unabhängig von der Vorschubbewegung bei (Drehachse werkstückgebunden)“[294]. Im Bereich der Beräumung kommen hauptsächlich die Verfahren „Bohren ins Volle“ und „Kernbohren“ zur Anwendung. „Bohren ins Volle“ beschreibt dabei das „Bohren in den vollen, noch nicht mit einem Loch versehenen Werkstoff, zur Erzeugung einer kreiszylindrischen Innenfläche, die koaxial zur Drehachse der Schnittbewegung liegt“[295]. Das Wirkprinzip des Bohrens ins Volle ist beispielhaft in Abbildung 41 als Bohren mit symmetrisch angeordneten Hauptschneiden dargestellt. Kernbohren beschreibt „Bohren, bei dem das Bohrwerkzeug den Werkstoff ringförmig zerspant, wobei gleichzeitig mit der Bohrung ein kreiszylindrischer, am Außendurchmesser bearbeiteter Kern entsteht bzw. übrig bleibt“[296]. Das Wirkprinzip des Kernbohrens ist beispielhaft in Abbildung 42 als Kernbohren mit symmetrisch angeordneten Hauptschneiden dargestellt. Die darüber hinaus genannten Fertigungsverfahren Senken und Reiben dienen der Bearbeitung von Werkstücken und können nicht auf die Verfahren der Beräumung übertragen werden.

---

[293] DIN 8589-1:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 1: Drehen. S. 3.

[294] DIN 8589-2:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben. S. 3.

[295] DIN 8589-2:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben. S. 4.

[296] DIN 8589-2:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben. S. 5.

Es soll angemerkt sein, dass das Verfahren Bohren nur in Einzelfällen Anwendung in der Beräumung findet, beispielsweise wenn das Bohren ins Volle zweckentfremdet wird, um ein Bauteil aus seiner Verankerung zu lösen oder es weniger Aufwand erfordert, ein Bauteil mittels Kernbohrung aus seiner Verankerung zu lösen, als das gesamte Bauteil abzubrechen.

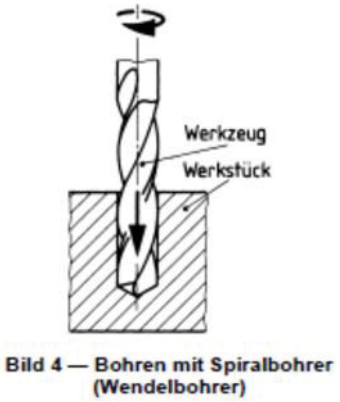


Abbildung 41: Bohren mit Spiralbohrer (Wendelbohrer)[297]

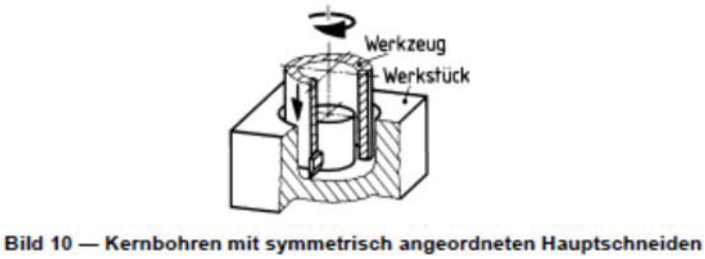


Abbildung 42: Kernbohren mit symmetrisch angeordneten Hauptschneiden[298]

Fräsen ist „Spanen mit kreisförmiger, einem meist mehrzahnigen Werkzeug zugeordneter Schnittbewegung und mit senkrecht oder auch schräg zur Drehachse des Werkzeuges verlaufender Vorschubbewegung zur Erzeugung beliebiger Werkstückoberflächen“[299]. Im Bereich der Beräumung findet das Fräsen hauptsächlich Anwendung beim Entfernen von oberflächlichen Schichten, wie beispielsweise Wand- oder Deckenputzen und Bodenbelägen, wie PVC. Das Wirkprinzip des Fräsens ist beispielhaft in Abbildung 43 als Umfangfräsen und in Abbildung 44 als Stirnfräsen dargestellt.

[297] DIN 8589-2:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben. S. 4.
[298] DIN 8589-2:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben. S. 5.
[299] DIN 8589-3:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 3: Fräsen. S. 3.

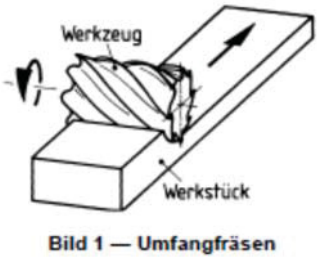


Abbildung 43: Umfangfräsen[300]

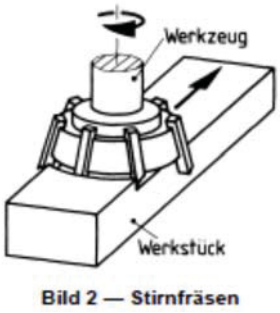


Abbildung 44: Stirnfräsen[301]

Hobeln, Stoßen ist „Spanen mit wiederholter, meist geradliniger Schnittbewegung und schrittweiser, zur Schnittrichtung senkrechter Vorschubbewegung“[302]. Im Bereich der Beräumung findet das Hobeln, Stoßen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Räumen ist „Spanen mit einem mehrzahnigen Werkzeug, dessen Schneidzähne hintereinander liegen und jeweils um eine Spanungsdicke (siehe DIN 6580:1985-10)[303] gestaffelt sind. […] Der Arbeitsvorgang ist nach einem Durchlauf des Räumwerkzeuges beendet und die Werkstückoberfläche gleichzeitig fertig bearbeitet“[304]. Im Bereich der Beräumung findet das Räumen selten respektive keine Anwendung, da es sich dabei um ein Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken und nicht zum Abbruch des Bauteils respektive dem Lösen aus einer bestehenden Verankerung handelt.

[300] DIN 8589-3:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 3: Fräsen. S. 3.
[301] DIN 8589-3:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 3: Fräsen. S. 3.
[302] DIN 8589-4:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 4: Hobeln, Stoßen. S. 3.
[303] DIN 6580:1985-10 Begriffe der Zerspantechnik.
[304] DIN 8589-5:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 5: Räumen. S. 3.

Sägen ist „Spanen mit kreisförmiger oder gerader Schnittbewegung, mit einem vielzahnigen Werkzeug von geringer Schnittbreite, wobei die Schnittbewegung vom Werkzeug ausgeführt wird“[305]. Im Bereich der Beräumung kommt überwiegend das Abtrennsägen (Plansägen) zur Anwendung, bei dem das Sägen zum Abtrennen von Werkstücken oder Werkstückteilen verwendet wird, bei dem beidseitig ebene Flächen entstehen. Ein Beispiel hierfür ist das Abtrennen eines Holzbauteils mittels Hand- oder Kettensäge. Auch das Lochsägen (Rundsägen) ist an dieser Stelle zu erwähnen, bei dem mit einer kreisförmigen Schnittbewegung eine kreiszylindrische Innenfläche aus dem Werkstück gesägt wird. Es wird angemerkt, dass das Lochsägen (Rundsägen) dem Kernbohren ähnlich ist[306], so dass für die weitere Ausarbeitung auf die Begriffe Lochsägen (Rundsägen) verzichtet wird und ausschließlich der Begriff Kernbohren verwendet wird. Das Wirkprinzip des Sägens ist beispielhaft in Abbildung 45 als Kettensägen dargestellt.

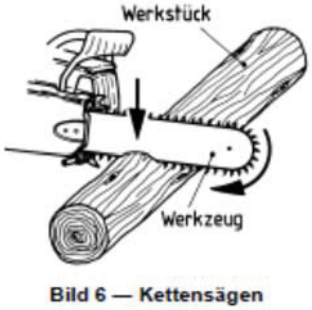


Abbildung 45: Kettensägen[307]

Feilen, Raspeln ist „Spanen mit wiederholter meist geradliniger Schnittbewegung mit einem Werkzeug mit einer Vielzahl dicht hinter und nebeneinander liegender Schneidzähne von geringer Höhe (Feile)“. „Raspeln ist Feilen mit einem Raspelwerkzeug“[308], welches eine größere Höhe der Schneidzähle aufweist als bei einer Feile und vorwiegend bei weichen Werkstoffen Anwendung findet. Im Bereich der Beräumung findet das Feilen, Raspeln hauptsächlich Anwendung beim Entfernen von oberflächlichen Schichten, wie beispielsweise Wand- oder Deckenputzen. Das Wirkprinzip des Feilens, Raspelns ist beispielhaft in Abbildung 46 Planfeilen (Planraspeln) dargestellt.

[305] DIN 8589-6:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 6: Sägen. S. 3 ff.
[306] DIN 8589-6:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 6: Sägen. S. 5.
[307] DIN 8589-6:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 6: Sägen. S. 5.
[308] DIN 8589-7:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 7: Feilen, Raspeln. S. 3.

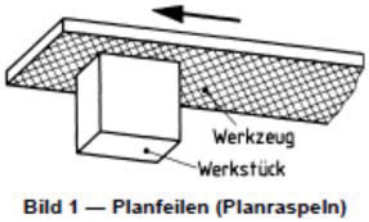


Abbildung 46: Planfeilen (Planraspeln)[309]

Bürstspanen ist „ein spanendes Fertigungsverfahren mit einem Bürstwerkzeug, vorwiegend zur Veränderung der Oberflächenstruktur, aber auch der Form von Werkstücken. Als Schneiden des Bürstwerkzeuges wirken die scharfkantigen Enden der aus hartem, elastischem Draht bestehenden Stifte“[310]. Im Bereich der Beräumung findet das Bürstspanen beispielsweise Anwendung beim Entfernen von oberflächlichen Beschichtungen auf Betonbauteilen. Das Wirkprinzip des Bürstspanens ist beispielhaft in Abbildung 47 dargestellt.

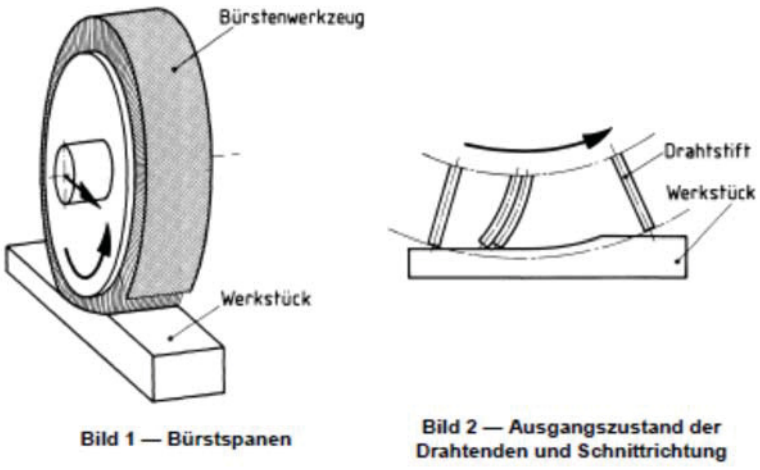


Abbildung 47: Bürstspanen[311]

Die Untergruppe Schaben/Meißeln setzt sich aus wesentlich voneinander abweichenden Fertigungsverfahren zusammen, weshalb sie nicht als ein Verfahren betrachtet und definiert werden kann.

Schaben ist „Spanen mit einem Spanwerkzeug (Schaber) zur Veränderung der Werkstückoberfläche, wobei der Schaber entlang dieser Oberfläche geführt und die Spanungsdicke

[309] DIN 8589-7:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 7: Feilen, Raspeln. S. 3.
[310] DIN 8589-8:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 8: Bürstspanen. S. 3.
[311] DIN 8589-8:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 8: Bürstspanen. S. 3.

durch die Anpresskraft gesteuert wird“[312]. Im Bereich der Beräumung findet das Schaben hauptsächlich Anwendung beim Entfernen von oberflächlichen Schichten, wie beispielsweise verklebte textile Bodenbeläge oder Tapeten.

Meißeln ist „Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide zur Erzeugung beliebiger Werkstückoberflächen, bei dem die Späne durch Schlagen auf das Werkzeug (Meißel) abgetrennt werden. Dabei wird der Meißel unter einem steilen Winkel zur Werkstückoberfläche angesetzt“[313]. Es wird angegeben, dass das Meißeln auch Stemmen genannt wird, weshalb in dieser Ausarbeitung ausschließlich der Begriff Stemmen verwendet wird. Im Bereich der Beräumung findet das Stemmen beispielsweise Anwendung beim Abbrechen von mineralischen Putzoberflächen oder beim Zerkleinern von Betonbauteilen.

Die Fertigungsverfahren „Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden“ sind in Abbildung 48 zusammen mit den Fertigungsverfahren „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden“ übersichtlich dargestellt.

[312] DIN 8589-9:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 9: Schaben, Meißeln. S. 3.

[313] DIN 8589-9:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 9: Schaben, Meißeln. S. 3.

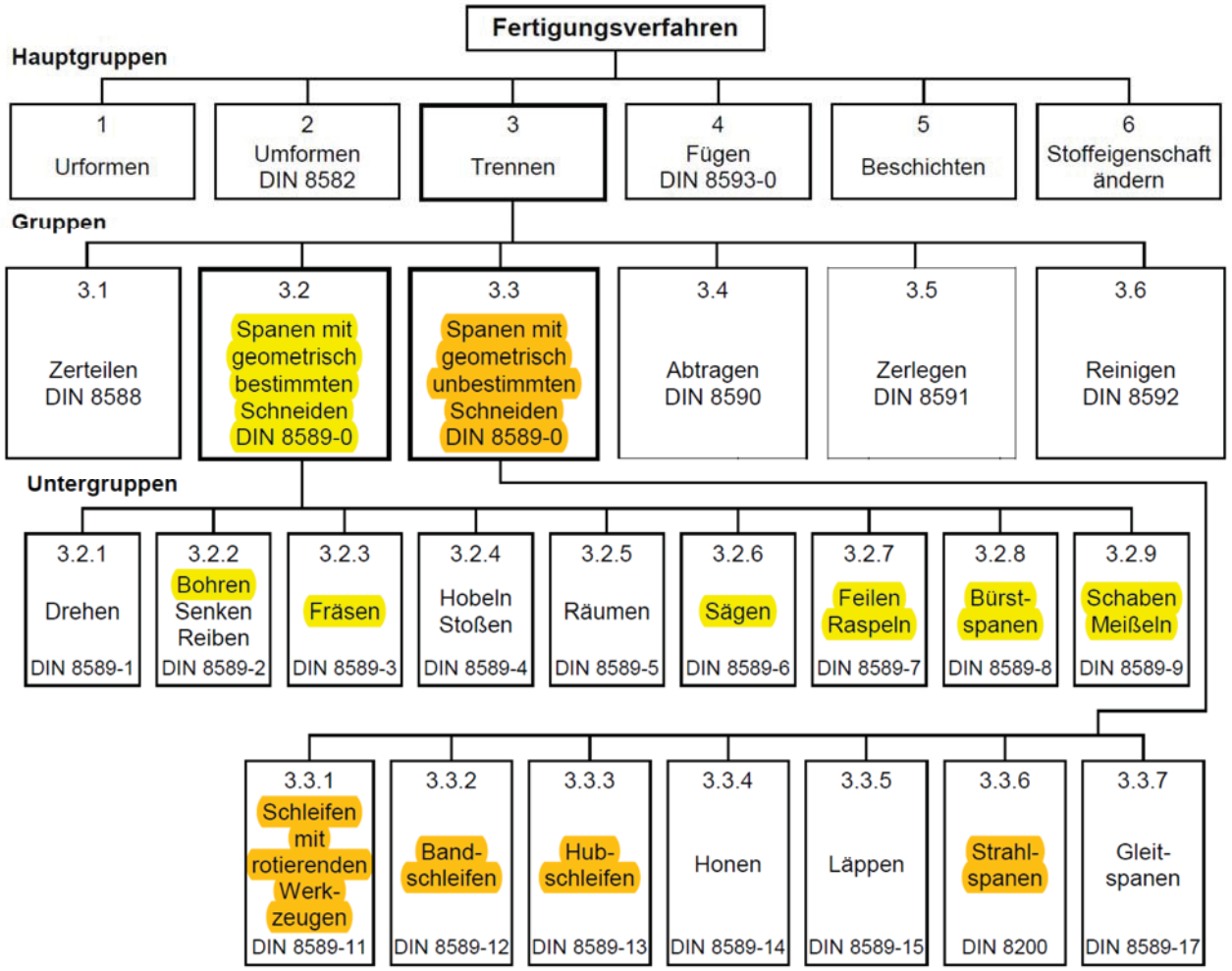


Abbildung 48: Fertigungsverfahren Spanen[314]

7.3.3 Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden (DIN 8589-0: 2003-09)

Nachdem in Kapitel 7.3.2 das Fertigungsverfahren „Spanen“ allgemein definiert wurde, erfolgt an dieser Stelle die Definition der Gruppe „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden“:

„Spanen, bei dem ein Werkzeug verwendet wird, dessen Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück unbestimmt sind.“[315]

Dabei setzt sich diese Gruppe aus den folgenden Untergruppen zusammen:

[314] DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 8.

[315] DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 4.

- 3.3.1 Schleifen mit rotierenden Werkzeugen (DIN 8589-11:2003-09)
- 3.3.2 Bandschleifen (DIN 8589-12:2003-09)
- 3.3.3 Hubschleifen (DIN 8589-13:2003-09)
- 3.3.4 Honen (DIN 8589-14:2003-09)
- 3.3.5 Läppen (DIN 8589-15:2003-09)
- 3.3.6 Strahlspanen (DIN 8200:1982-10)
- 3.3.7 Gleitspanen (DIN 8589-17:2003-09)

Schleifen mit rotierendem Werkzeug (Schleifen) ist „ein spanendes Fertigungsverfahren mit vielschneidigen Werkzeugen, deren geometrisch unbestimmte Schneiden von einer Vielzahl gebundener Schleifkörper aus natürlichen oder synthetischen Schleifmitteln gebildet werden und mit hoher Geschwindigkeit, meist unter nichtständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn den Werkstoff abtrennen“[316]. Im Bereich der Beräumung findet das Schleifen mit rotierendem Werkzeug hauptsächlich Anwendung in der Oberflächenbearbeitung beim Entfernen von bei anderen Fertigungsverfahren zurückgebliebenen Schichten, wie beispielsweise Reste von Klebern textiler Bodenbeläge. Das Wirkprinzip des Schleifens mit rotierendem Werkzeug ist beispielhaft in Abbildung 49 als Seitenschleifen dargestellt.

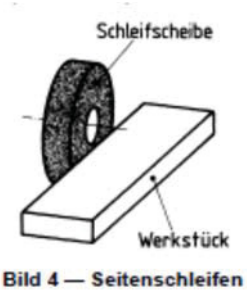


Abbildung 49: Seitenschleifen[317]

Bandschleifen ist „ein spanendes Fertigungsverfahren mit einem vielschneidigen Werkzeug aus Schleifkörnern auf Unterlage (Schleifband), welches über mindestens zwei rotierende Rollen umläuft und in der Kontaktfläche durch eine dieser Rollen, ein anderes zusätzliches Stützelement oder auch ohne ein Stützelement an das zu schleifende Werkstück angepresst wird und dessen geometrisch unbestimmte Schneiden mit hoher Geschwindigkeit, unter

[316] DIN 8589-11:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 11: Schleifen mit rotierendem Werkzeug. S. 3.
[317] DIN 8589-11:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 11: Schleifen mit rotierendem Werkzeug. S. 4.

nichtständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn, den Werkstoff abtrennen“[318]. Im Bereich der Beräumung findet das Bandschleifen hauptsächlich Anwendung in der Oberflächenbearbeitung beim Entfernen von bei anderen Fertigungsverfahren zurückgebliebenen Schichten, wie beispielsweise Reste von Klebern textiler Bodenbeläge. Das Wirkprinzip des Bandschleifens ist beispielhaft in Abbildung 50 als Seiten-Bandschleifen dargestellt.

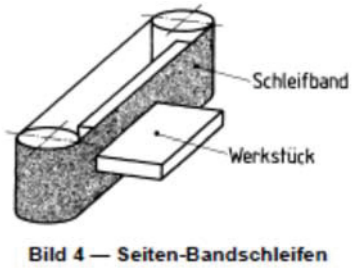


Abbildung 50: Seiten-Bandschleifen[319]

Hubschleifen ist „Spanen mit einem nichtrotierenden Werkzeug, dessen geometrisch unbestimmte Schneiden von einer Vielzahl gebundener Schleifkörper gebildet werden und die durch eine hin- und hergehende, im Wesentlichen geradlinige Schnittbewegung (Hub) den Werkstoff vom Werkstück abtrennen“[320]. Im Bereich der Beräumung findet das Hubschleifen Anwendung in der händischen Oberflächenbearbeitung beim Entfernen von bei anderen Fertigungsverfahren zurückgebliebenen Schichten, wie beispielsweise Reste von Klebern textiler Bodenbeläge. Da es kinematisch dem Feilen ähnlich ist, wird der Begriff für diese Ausarbeitung nicht weiter verwendet. Das Wirkprinzip des Hubschleifens ist beispielhaft in Abbildung 51 als Profil-Hubschleifen dargestellt.

Abbildung 51: Profil-Hubschleifen von Zahnflanken[321]

[318] DIN 8589-12:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 12: Bandschleifen. S. 3.
[319] DIN 8589-12:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 12: Bandschleifen. S. 4.
[320] DIN 8589-13:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 13: Hubschleifen. S. 3.
[321] DIN 8589-13:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 13: Hubschleifen. S. 3.

Honen ist „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden, wobei die vielschneidigen Werkzeuge eine aus zwei Komponenten bestehende Schnittbewegung ausführen, von denen mindestens eine Komponente hin- und hergehend ist, so dass die bearbeitete Oberfläche auch definiert überkreuzende Spuren aufweist“[322]. Im Bereich der Beräumung findet das Honen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Läppen ist „Spanen mit losem, in einer Paste oder Flüssigkeit verteiltem Korn, dem Läppgemisch, das auf einem meist formübertragenden Gegenstück (Läppwerkzeug) bei möglichst ungeordneten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt wird“[323]. Im Bereich der Beräumung findet das Läppen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Strahlspanen wird in der DIN 8589-0:2003-09[324] als Fertigungsverfahren genannt und soll durch die DIN 8200:1982-10[325] weiter definiert werden. Diese Norm wurde zwischenzeitlich zurückgezogen, so dass die letzte Fassung aus dem Jahre 1982 stammt. Aus Ermangelung an Alternativen wird diese Norm dennoch als Grundlage zur Beschreibung der Fertigungsverfahren und im Anschluss zur Erarbeitung von Arbeitsverfahren der Beräumung zu Grunde gelegt.

Reinigungsstrahlen ist „Strahlen zum Entfernen arteigener oder artfremder Schichten sowie Verunreinigungen von der Oberfläche des Strahlgutes, um einen gewünschten Endzustand herzustellen“[326]. Im Bereich der Beräumung findet das Reinigungsstrahlen u. a. Anwendung in der Schadstoffsanierung beim Entfernen schadstoffbelasteten Beschichtungen oder oberflächlichen Schichten wie beispielsweise Putze mit Asbest.

Oberflächenveredelungsstrahlen ist „Strahlen zur Veränderung der Oberflächengestalt, um z. B. gute Hafteigenschaften für Beschichtungen und Überzüge, veränderte Rauheit oder um einen gewollten optischen Effekt zu erzielen“[327]. Im Bereich der Beräumung findet das Oberflächenveredelungsstrahlen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

---

[322] DIN 8589-14:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 14: Honen. S. 3.

[323] DIN 8589-15:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 15: Läppen. S. 3.

[324] DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 8.

[325] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik.

[326] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 1.

[327] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 1.

Strahlspanen ist „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden durch Strahlen“[328]. Es können auch unter hohem Druck stehende Flüssigkeiten als Strahlmittel benutzt werden. Weiterhin wird unterschieden in Abtragstrahlen und Trennstrahlen. Abtragstrahlen ist „Strahlen zum spanenden Entfernen oberflächennaher Schichten des Grundwerkstoffes“ und als Beispiel kann das Höchstdruckwasserstrahlen (HDW-Strahlen) zum flächigen Entfernen (schadstoffbelasteten) einer Bodenbeschichtung angesehen werden. Trennstrahlen ist „Strahlen zum spanenden Trennen von Werkstücken“ [329] und als Beispiel kann Höchstdruckwasserschneiden (HDW-Schneiden) zum Trennen von Betonbauteilen angesehen werden.

Entgratstrahlen ist „Strahlen zum spanenden Entfernen von Graten, z. B. Schnittgraten oder Gußgraten“[330]. Im Bereich der Beräumung findet das Entgratungsstrahlen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Gleitspanen ist „Spanen, bei dem zwischen Werkstücken und einer Vielzahl von losen Schleifkörpern bzw. einem Schleifmittel unregelmäßige Relativbewegungen stattfinden, die die Spanabnahme bewirken“[331]. Das Fertigungsverfahren wird beispielsweise zum Entgraten und zur Verbesserung der Werkstückoberfläche angewendet. Im Bereich der Beräumung findet das Gleitspanen selten respektive keine Anwendung, da es sich bei der Arbeitsaufgabe nicht um das Bearbeiten eines Werkstücks respektive Bauteils handelt, sondern um das Lösen des Bauteils aus seiner Verbindung.

Die Fertigungsverfahren „Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden“ sind in Abbildung 52 zusammen mit den Fertigungsverfahren „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden“ übersichtlich dargestellt.

[328] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 2.

[329] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 2.

[330] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 2.

[331] DIN 8589-17:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 17: Gleitspanen. S. 3.

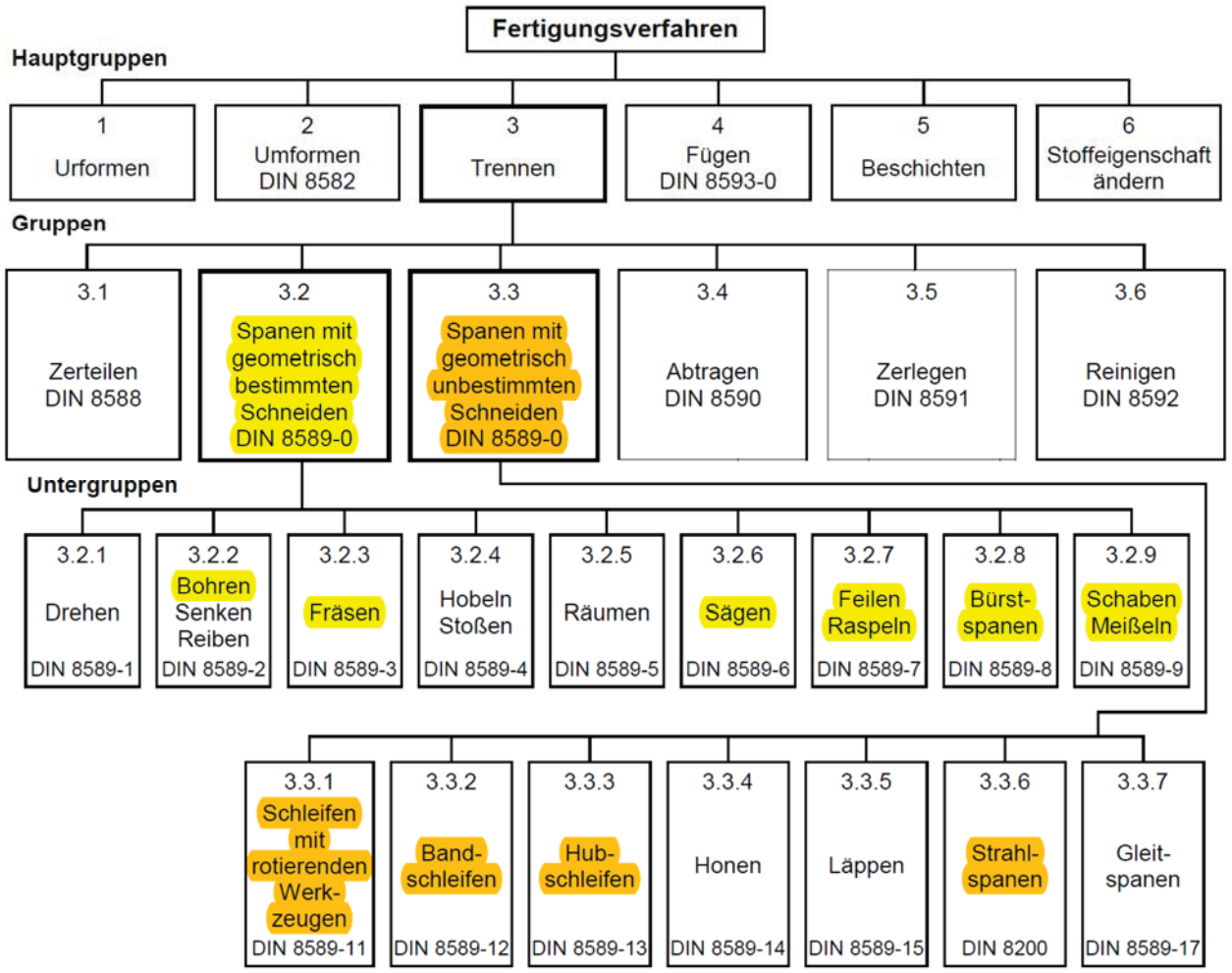


Abbildung 52: Fertigungsverfahren Spanen[332]

7.3.4 Abtragen (DIN 8590:2003-09)

Die Gruppe Abtragen wird wie folgt definiert:

„Fertigen durch Abtrennen von Stoffteilchen von einem festen Körper auf nichtmechanischem Wege. Das Abtragen bezieht sich sowohl auf das Entfernen von Werkstoff-Schichten als auch auf das Abtrennen von Werkstückteilen.“[333]

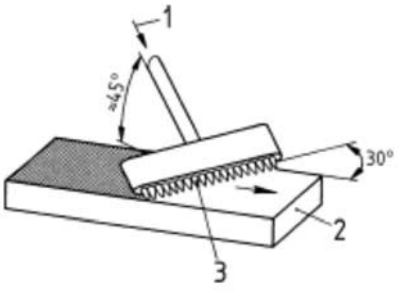
Dabei setzt sich diese Gruppe aus den folgenden Untergruppen zusammen:

[332] DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 8.

[333] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 3.

- 3.4.1 Thermisches Abtragen (DIN 8590:2003-09)
- 3.4.2 Chemisches Abtragen (DIN 8590:2003-09)
- 3.4.3 Elektrochemisches Abtragen (DIN 8590:2003-09)

Thermisches Abtragen ist „Abtrennen von Werkstoffteilchen in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Wärmevorgänge sowie Entfernen dieser Werkstoffteilchen durch mechanische und/oder elektromagnetische Kräfte“[334]. Von besonderer Bedeutung ist es, dass der Wärmeeintrag im Vordergrund steht und nicht die mechanischen und/oder elektromagnetischen Krafteinwirkungen. Im Bereich der Beräumung findet das Thermische Abtragen beispielsweise Anwendung zum Lösen der Verbindung bei mit dem Untergrund verklebten Bodenbelägen wie beispielsweise PVC. Das Wirkprinzip des Thermischen Trennens ist beispielhaft in Abbildung 53 als Flammstrahlen zum Abtragen von Schichten oder Belägen auf Oberflächen dargestellt.



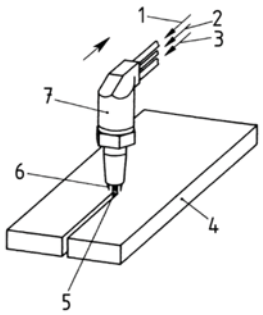
Legende
1 Brenngas-Sauerstoff-Gemisch 3 Gasflamme
2 Werkstück

Bild 9 — Flammstrahlen

Abbildung 53: Flammstrahlen[335]

Darüber hinaus werden dieser Gruppe auch Verfahren zum Abtrennen von Werkstoffteilen wie beispielsweise das autogene Brennschneiden[336] zugeordnet, was bei Abbruch- und Beräumungsmaßnahmen häufig zum Trennen von massigen, metallischen Bauteilen eingesetzt wird. Das Wirkprinzip des Autogenen Brennschneidens ist beispielhaft in Abbildung 54 als Flammstrahlen zum Abtragen von Schichten oder Belägen auf Oberflächen dargestellt.

[334] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 3.
[335] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 7.
[336] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 3 ff.



Legende

1	Schneidsauerstoff	4	Werkstück	7	Schneidbrenner
2	Heizsauerstoff	5	Schneidsauerstoffstrahl		
3	Brenngas	6	Heizflamme		

Bild 3 — Autogenes Brennschneiden

Abbildung 54: Autogenes Brennschneiden[337]

Chemisches Abtragen ist ein „Fertigungsverfahren, bei dem die Werkstoffteilchen dadurch abgetrennt werden, dass sich der Werkstoff des Werkstückes in einer chemischen Reaktion mit dem Wirkmedium zu einer Verbindung umsetzt, die flüchtig ist oder sich leicht entfernen lässt. Mindestens eine der Komponenten (Werkstück oder Wirkmedium) ist elektrisch nichtleitend. Die chemische Umsetzung erfolgt ausschließlich durch direkte Reaktion“[338]. Im Bereich der Beräumung findet das chemische Abtragen Anwendung in der Oberflächenbearbeitung beim Entfernen von Beschichtungen und bei anderen Fertigungsverfahren zurückgebliebenen Schichten, wie beispielsweise Reste von Klebern textiler Bodenbeläge durch Ätzabtragen.

Elektrochemisches Abtragen (EC-Abtragen) ist ein „Fertigungsverfahren, bei dem metallischer Werkstoff unter Einwirkung eines elektrischen Stromes und einer Elektrolytlösung anodisch aufgelöst wird. Der Stromfluss kann entweder durch Anschluss an eine äußere Stromquelle oder aufgrund von Lokalelementbildung am Werkstück (Ätzen) bewirkt werden.[339] Im Bereich der Beräumung findet das EC-Abtragen selten respektive keine Anwendung, da das Fertigungsverfahren unter Baustellenbedingungen kaum umzusetzen ist.

In der folgenden Abbildung 55 sind die die Fertigungsverfahren Abtragen übersichtlich dargestellt.

[337] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 4.

[338] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 18 f.

[339] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 19.

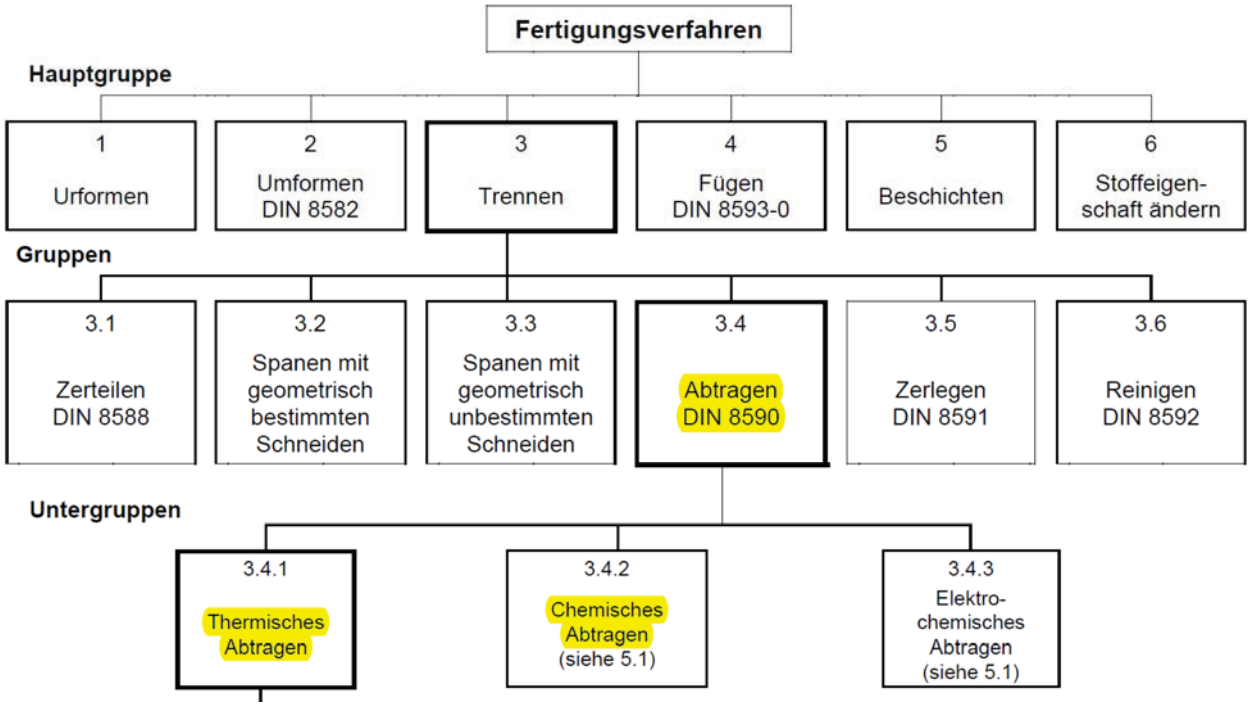


Abbildung 55: Fertigungsverfahren Abtragen[340]

7.3.5 Zerlegen (DIN 8591:2003-09)

Die Gruppe „Zerlegen“ wird wie folgt definiert:

„Trennen von zuvor gefügten Werkstücken geometrisch bestimmter Form oder das Trennen von Werkstücken geometrisch bestimmter Form und eingefülltem, formlosem Stoff, wobei keine Beschädigung der Werkstücke auftreten darf“[341]. Weiterhin wird angemerkt, dass das Zerlegen die Umkehrung des in DIN 8593-0:2003-09 beschriebenen Fügens[342] ist und dass nicht in jedem Fall gefügte Teile durch Zerlegen wieder getrennt werden können. Das Trennen der Fügeteile ist bei einigen Fügeverfahren nur durch Zerstörung oder Beschädigung der Fügeteile möglich.

Dabei setzt sich diese Gruppe aus den folgenden Untergruppen zusammen:

- 3.5.1 Auseinandernehmen
- 3.5.2 Entleeren

[340] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 22.

[341] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 3.

[342] DIN 8593-0:2003-09 Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines. S. 3 ff.

- 3.5.3 Lösen kraftschlüssiger Verbindungen
- 3.5.4 Zerlegen von durch Urformen gefügten Teilen
- 3.5.5 Zerlegen von durch Umformen gefügten Teilen
- 3.5.7 Ablöten
- 3.5.8 Lösen von Klebeverbindungen
- 3.5.9 Zerlegen textiler Verbindungen

Auseinandernehmen ist „Zerlegen von Teilen, die durch Zusammensetzen von Werkstücken (siehe DIN 8593-1:2003-09[343]) gefügt worden sind“[344]. Im Bereich der Beräumung findet das Auseinandernehmen beispielsweise Anwendung beim Abnehmen von unbefestigten Dachziegeln oder beim Abziehen des Steckkontakts (Stecker) eines Elektrogerätes und ist somit der Entrümpelung zuzuordnen.

Entleeren ist „Herausnehmen von gasförmigen, flüssigen, breiigen und pastenförmigen Stoffen, ferner von pulverigen und körnigen Stoffen oder kleinen Körpern aus hohlen Körpern“[345]. Im Bereich der Beräumung findet Entleeren beispielsweise Anwendung beim Entleeren von mit Heizöl gefüllten Tanks.

Lösen kraftschlüssiger Verbindungen ist „Zerlegen von Teilen, die durch Zusammensetzen von Werkstücken (siehe DIN 8593-1:2003-09) gefügt worden sind“[346]. Im Bereich der Beräumung findet das Lösen von kraftschlüssigen Verbindungen sehr häufig Anwendung, u. a. beim Abschrauben, Abklemmen, Lösen von Klammer-, Keil- und Nagelverbindungen. Das zerstörungsfreie Lösen kraftschlüssiger Verbindungen ist grundsätzlich möglich, so dass eine Verwendung der beräumten Bauteile grundsätzlich möglich ist. Zudem entspricht das Lösen kraftschlüssiger Verbindungen dem Demontieren in der DIN 18007:2000-05[347], was dort als „Zerstörungsfreier Rückbau von Bauteilen durch Lösen der Verbindungen und Abheben der Bauteile“ definiert ist.

Zerlegen von durch Urformen gefügten Teilen erhält in der Norm keine Definition, aber als Beispiel wird Abisolieren genannt, welches mit dem „teilweisen Entfernen einer als Isolierung wirkenden Ummantelung“[348] beschrieben ist. Im Bereich der Beräumung findet das Zerlegen

---

[343] DIN 8593-0:2003-09 Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines. S. 3 ff.

[344] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 3.

[345] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 3.

[346] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 4.

[347] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2 ff.

[348] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 4.

von durch Urformen gefügten Teilen beispielsweise Anwendung beim Entfernen einer Isolierung um Warmwasserleitungen.

Zerlegen von durch Umformen gefügten Teilen erhält in der Norm keine Definition, aber in der weiteren Unterteilung ist als Beispiel Zerlegen durch Aufdrehen oder Aufbiegen genannt[349]. Im Bereich der Beräumung finden diese Arbeitsverfahren beispielsweise Anwendung, wenn ein Bauteil für die Verwendung zerstörungsfrei ausgebaut werden soll, beispielsweise beim Entfernen von Befestigungen mittels Draht.

Ablöten ist „Lösen von Lötverbindungen durch Aufschmelzen des Lotes“[350]. Im Bereich der Beräumung findet das Ablöten beispielsweise Anwendung, wenn ein Bauteil für die Verwendung zerstörungsfrei ausgebaut werden soll. Als Beispiel kann hier das Ablöten einer Verbindung von Kupferleitungen genannt werden.

Lösen von Klebeverbindungen ist „Zerlegen von durch Kleben (siehe DIN 8593-8:2003-09[351]) gefügten Teilen durch Überwindung der Haftkraft, sofern dies ohne Schädigung der gefügten Teile möglich ist“[352]. Als Beispiel wird das Abziehen einer Klebefolie genannt. Im Bereich der Beräumung findet das Lösen von Klebeverbindungen selten respektive keine Anwendung, da reversible Klebeverbindungen im Bauwesen kaum im Einsatz sind.

Zerlegen textiler Verbindungen ist „Zerlegen von Werkstücken, die aus textilen Ausgangsstoffen oder mit textilen Hilfsstoffen gefügt worden sind“[353]. Im Bereich der Beräumung findet das Zerlegen textiler Verbindungen beispielsweise beim Abbruch von textilem Sonnenschutz in Form von Sonnenschutzrollos statt.

In der folgenden Abbildung 56 sind die die Fertigungsverfahren Zerlegen übersichtlich dargestellt.

[349] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen, S. 5.

[350] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 5.

[351] DIN 8593-8:2003-09 Fertigungsverfahren Fügen - Teil 8: Kleben. S. 3.

[352] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 5.

[353] DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 5.

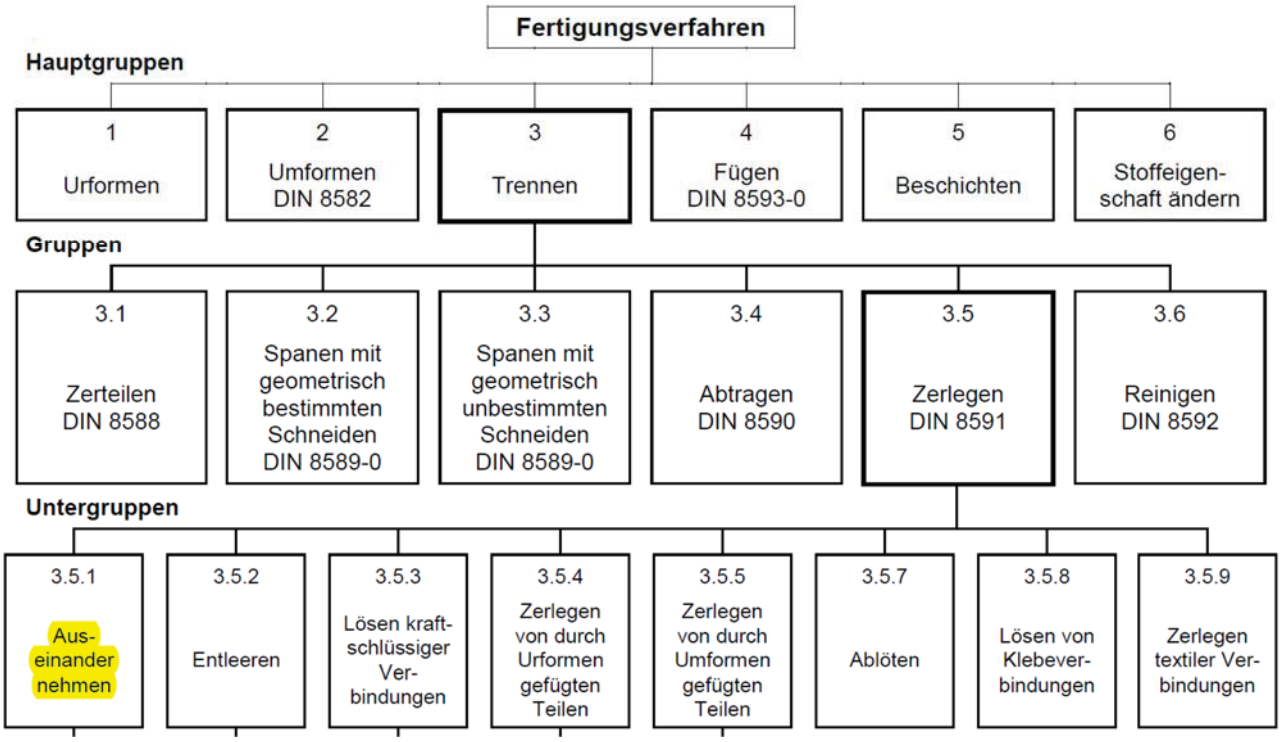


Abbildung 56: Fertigungsverfahren Zerlegen[354]

7.3.6 Reinigen (DIN 8592:2003-09)

Die Gruppe „Reinigen“ wird wie folgt definiert:

„Entfernen unerwünschter Stoffe (Verunreinigungen) von der Oberfläche von Werkstücken bis zu einem erforderlichen, vereinbarten oder möglichen Grad“[355]. An dieser Stelle wird auf die DIN 50902:1994-07 verwiesen, welche zwischenzeitlich zurückgezogen wurde.

Die Gruppe Reinigen setzt sich aus den folgenden Untergruppen zusammen:

- 3.6.1 Reinigungsstrahlen
- 3.6.2 Mechanisches Reinigen
- 3.6.3 Strömungstechnisches Reinigen
- 3.6.4 Lösemittelreinigen

[354] DIN 8591 2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen. S. 6.

[355] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 3.

- 3.6.5 Chemisches Reinigen
- 3.6.6 Thermisches Reinigen

Reinigungsstrahlen ist „Zerlegen von Teilen, die durch Zusammensetzen von Werkstücken (siehe DIN 8593-1:2003-09[1]) gefügt worden sind“[356]. Dabei ist das Zusammensetzen beschrieben als „Fügen, bei dem der Zusammenhalt der Fügeteile durch Schwerkraft (Reibung), Formschluss, Federkraft oder eine Kombination davon bewirkt wird“[357]. Im Bereich der Beräumung findet das Reinigungsstrahlen keine Anwendung, da es der Definition nach ausschließlich der Reinigung dient. Auf die Strahlverfahren in Kapitel 7.3.3 wird an dieser Stelle hingewiesen.

Mechanisches Reinigen ist „Reinigen, wobei ein Reinigungswerkzeug die Verunreinigung auf mechanischem Wege vom Werkstück entfernt“[358]. Der Begriff Abkratzen (Abschaben) ist in dieser Norm beschrieben als „Entfernen von Verunreinigungen, z. B. Beschichtungen, mit Hilfe eines Schabers, Spachtels oder eines vergleichbaren Werkzeuges“[359], womit sich die Aussage mit dem Schaben der DIN 8589-9:2003-09[360] deckt. Aufgrund möglicher Verwechslungen zwischen dem Abschaben als mechanisches Reinigen und dem spanenden Fertigungsverfahren Schaben wird in dieser Ausarbeitung der Begriff des Abschabens als spanendes Verfahren verwendet.

Strömungstechnisches Reinigen ist „Reinigen, wobei lose anhaftende Verunreinigungen durch strömende Gase oder Flüssigkeiten“[361]. Im Bereich der Beräumung findet das strömungstechnische Reinige selten respektive keine Anwendung, da der hohe Aufwand des Arbeitsverfahrens im Bauwesen nicht dem erzielbaren Nutzen gegenübersteht.

Lösemittelreinigen ist das „Entfernen von Verunreinigungen durch Lösen in einem organischen Lösemittel“[362]. Chemisches Reinigen ist „Reinigen, wobei die Verunreinigung mit dem Reinigungsmittel eine chemische Verbindung eingeht, die flüchtig ist oder leicht entfernt werden kann“[363]. Um Verwechselungen mit dem Fertigungsverfahren des chemischen Abtragens vorzubeugen, wird in dieser Untersuchung der Begriff des Lösemittelreinigens nicht verwendet.

---

[356] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 3.
[357] DIN 8593-1:2003-09 Fertigungsverfahren Fügen - Teil 1: Zusammensetzen. S. 3.
[358] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 3.
[359] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 4.
[360] DIN 8589-9:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 9: Schaben, Meißeln. S. 3.
[361] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 4.
[362] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 4.
[363] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 4.

Thermisches Reinigen ist „Reinigen, wobei Verunreinigungen überwiegend durch Wärmeeinwirkung entfernt werden“[364]. Das Abflammen ist dabei das „Entfernen von organischen Verunreinigungen mit Hilfe einer Flamme, wobei die Verunreinigungen verbrennen, abplatzen oder umgewandelt werden“[365]. Zudem ist angemerkt, dass das Abflammen mit dem Flammstrahlen vergleichbar ist, was nach DIN 2310-6 als ein Verfahren des Abtragens definiert ist[366]. Ebenso wird angemerkt, dass es beim Abflammen häufig zu einer Plastifizierung einer Beschichtung kommt, die anschließend abgekratzt oder abgeschabt werden muss. Da sich das thermische Reinigen vordergründig auf das Entfernen von organischen Verschmutzungen bezieht und eine Verwechslung zum Thermischen Abtragen vermieden werden soll, wird der Begriff thermisches Reinigen nicht weiter verwendet.

In der folgenden Abbildung 57 sind die die Fertigungsverfahren Reinigen übersichtlich dargestellt.

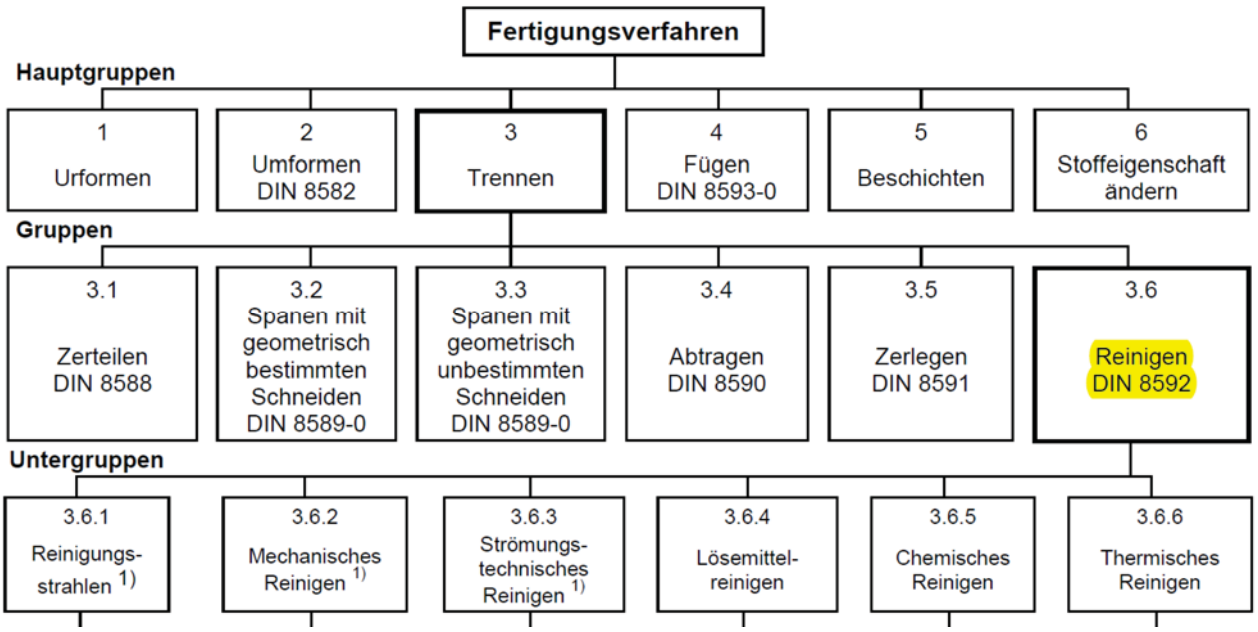


Abbildung 57: Fertigungsverfahren Reinigen[367]

[364] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 5.
[365] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 5.
[366] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 5.
[367] DIN 8592:2003-09 Fertigungsverfahren Reinigen. S. 7.

7.4 Entwicklung der Fertigungsverfahren der Beräumung

Zur Entwicklung einer einheitlichen Benennung der Beräumungsverfahren sind in der folgenden Abbildung 58 alle Fertigungsverfahren aus der DIN 8589-0:2003-09[368] dargestellt. Die bei der Beräumung nicht oder nur in Ausnahmefällen anwendbaren Fertigungsverfahren sind dabei durchgestrichen und verblasst dargestellt, zusammengefasste Verfahren sind mit einem Kasten umrahmt und rot geschriebene Begriffe sind neu entwickelte Verfahrensbezeichnungen. Eine Erläuterung zur durchgeführten Gruppierung findet in der Folge statt.

[368] Vgl. DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 8.

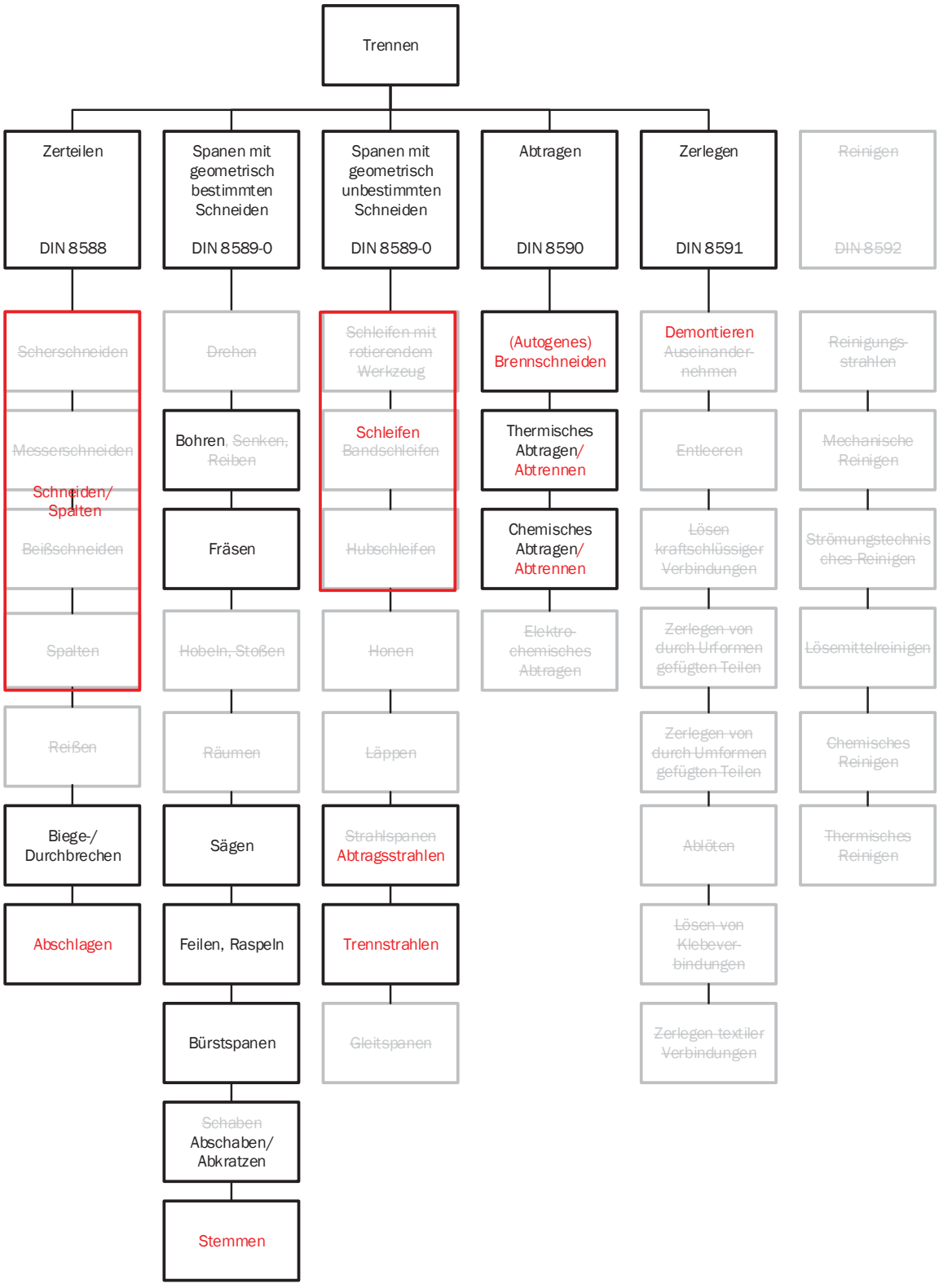


Abbildung 58: Fertigungsverfahren der Beräumung, weiterentwickelt aus DIN 8589-0:2003-09[369]

[369] Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 8589-0:2003-09 Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines. S. 8.

Aus den vorgenannten Erläuterungen zum Fertigungsverfahren Zerteilen geht hervor, dass im Bereich der Beräumung die Verfahren Scherschneiden, Messerschneiden, Beißschneiden und Spalten zusammengefasst werden können, da beispielsweise die Unterscheidung zwischen Scher- und Beißschneiden sowie Spalten häufig lediglich vom Werkzeug- respektive vom Betriebsmitteltyp abhängt. Das Verfahren Reißen entfällt, damit es nicht zu Verwechslungen mit Abreißen im Sinne von Abbrechen kommen kann und das Abreißen eine Stückes vom Ganzen im Zuge des Abbruchs nur in Einzelfällen angewendet wird. Das in der DIN 8588:2013-08[370] angegebene „Brechen“ wird mit den Begriffen Biege-/Durchbrechen zusammengefasst, und auf den Begriff des Abbrechens als Fertigungsverfahren wird verzichtet. Das Abschlagen wird als eigenes Verfahren aufgeführt, da es im Bereich der Beräumung häufig angewendet wird und sich durch die Schlagbeanspruchung vom vorgenannten Biege-/Durchbrechen unterscheidet.

Aus den vorgenannten Erläuterungen zum Fertigungsverfahren Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden geht hervor, dass die Begriffe der Fertigungsverfahren Drehen, Honen/Stoßen und Räumen entfallen können, da sie vordergründig bei der Werkstückbearbeitung und nicht bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten Anwendung finden können. Von den Verfahren Bohren, Senken, Reiben kann lediglich das Verfahren Bohren bei der Beräumung eingesetzt werden. Die Begriffe Fräsen, Sägen, Feilen/Raspeln und Bürstspanen können übernommen werden. Beim Verfahren Schaben wird zum besseren Verständnis der Begriff Abschaben/Abkratzen des LfU[371] verwendet. Das in Kombination zum Schaben aufgeführte Meißeln wird durch das Synonym Stemmen ersetzt und separat aufgeführt, da dieses Verfahren im Bereich der Beräumung häufig zur Anwendung kommt und sich dabei eine andere Prozessgestaltung mit anderen Betriebsmitteln ergibt.

Aus den vorgenannten Erläuterungen zum Fertigungsverfahren Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden geht hervor, dass die Begriffe der Fertigungsverfahren Honen, Läppen und Gleitspanen entfallen können, da sie vordergründig bei der Werkstückbearbeitung und nicht bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten Anwendung finden können. Die Verfahren Schleifen mit rotierendem Werkzeug, Bandschliefen und Hubschleifen werden für die Beräumung zusammengefasst, da eine Unterscheidung häufig lediglich vom Werkzeug- respektive vom Betriebsmitteltyp abhängt. Das in der DIN 8200:1982-10[372] angegebene Verfahren Strahlspanen wird in Abtragstrahlen und Trennstrahlen unterteilt.

Aus den vorgenannten Erläuterungen zum Fertigungsverfahren Abtragen geht hervor, dass die Begriffe der Fertigungsverfahren Thermisches Abtragen und Chemisches Abtragen für die

---

[370] DIN 8588:2013-08 Fertigungsverfahren Zerteilen. S. 19.

[371] Vgl. LfU (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020. S. 126.

[372] DIN 8200:1982-10 Strahlverfahrenstechnik. S. 1 f.

Beräumung übernommen werden können, darüber hinaus wird zusätzlich der Begriff Abtrennen angeführt. Der Begriff (Autogenes) Brennschneiden[373] wird separat genannt, da dieses Verfahren häufig zum Abtrennen von massigen, metallischen Bauteilen bei Abbruch- und Beräumungsmaßnahmen eingesetzt wird. Das Elektrochemische Abtragen entfällt aufgrund der begrenzten Einsetzbarkeit bei Beräumungsarbeiten.

Zur Vereinfachung wird der Begriff Demontieren aus der DIN 18007:2000-05[374] für sämtliche Verfahren des Zerlegens[375] bei Beräumungsarbeiten verwendet.

Eine eindeutige Unterscheidung der Verfahren Reinigen im Vergleich zu den Verfahren des Abtragens ist für die Beräumung nicht ersichtlich, weshalb für die Definition der Beräumungsverfahren das Verfahren Reinigen nicht berücksichtigt wird.

Eine Gegenüberstellung der entwickelten Beräumungsverfahren zu den Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[376] ist in Abbildung 59 dargestellt.

[373] DIN 8590:2003-09 Fertigungsverfahren Abtragen. S. 3 ff.

[374] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten. S. 2 ff.

[375] Vgl. DIN 8591:2003-09 Fertigungsverfahren Zerlegen.

[376] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

Gruppe nach DIN 8580:2003-10	Nr.	Beräumungsverfahren	Zuordnung Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05
Zerteilen	1	Schneiden/Spalten	Press-, Scherschneiden, Spalten durch Pressen
	2	Biege-/ Durchbrechen	Abgreifen, Eindrücken, Einziehen, Reißen
	3	Abschlagen	Einschlagen
Spanen mit gemetrisch bestimmten Schneiden	4	Bohren	Kern-, Vollbohren
	5	Fräsen	Fräsen
	6	Sägen	Wand-, Boden-, Seil-, Kettensägen
	7	Feilen/Raspeln	- - -
	8	Bürstspanen	- - -
	9	Abschaben/Abkratzen	- - -
	10	Stemmen	Stemmen
Spanen mit gemetrisch unbestimmten Schneiden	11	Schleifen	Schleifen
	12	Abtragsstrahlen	Hochdruckwasserstrahlen
	13	Trennstrahlen	Hochdruckwasserschneiden
Abtragen	14	(Autogenes) Brennschneiden	Brennschneiden mit Autogenbrennern, Sauerstoffkernlanzen, Pulverschneid-brennern, Plasmaschneiden
	15	Thermisches Abtragen/ Abtrennen	- - -
	16	Chemisches Abtragen/ Abtrennen	Spalten durch Quelldrücken, Lockerungs-sprengen, Spalten durch Sprengen, Umlegen durch Sprengen, Zusammenstürzen durch Sprengen, Niederbringen durch Sprengen
Zerlegen	17	Demontieren	Demontieren

Abbildung 59: Entwickelte Beräumungsverfahren im Vergleich zu Abbruchverfahren aus DIN 18007:2000-05[377]

[377] Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN 18007:2000-05.

8 Prozessanalyse und Weiterentwicklung des Prozessmodells Beräumung

Zum Einstieg in die durchgeführten Arbeitsstudien sind die untersuchten Gebäude übersichtlich in Gebäudesteckbriefen zusammengefasst. Zur Analyse der Beräumungsprozesse werden im Anschluss die durchgeführten Arbeitsstudien der Teilarbeitssysteme der Beräumung vorgestellt. Auf Basis der Erkenntnisse aus den Arbeitsstudien und den Aussagen von Experteninterviews[378] wird das bestehende Prozessmodell Beräumung von Motzko et al.[379] weiterentwickelt.

8.1 Übersicht der untersuchten Beräumungsobjekte und Darstellung als Gebäudesteckbriefe

Die Beräumungsprozesse wurden im Rahmen von Baustellenstudien an 10 Beräumungsobjekten, welche in Tabelle 7 dargestellt sind, durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre aufgenommen und analysiert.

Tabelle 7: Untersuchte Beräumungsobjekte[380]

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

In der Folge werden die untersuchten Beräumungsobjekte in Form eines Gebäudesteckbriefs in Kurzform vorgestellt.

---

[378] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. S. 16.

[379] Motzko et al. (2021) Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 68.

[380] Eigene Darstellung in Anlehnung an Motzko et al. (2021) Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 15.

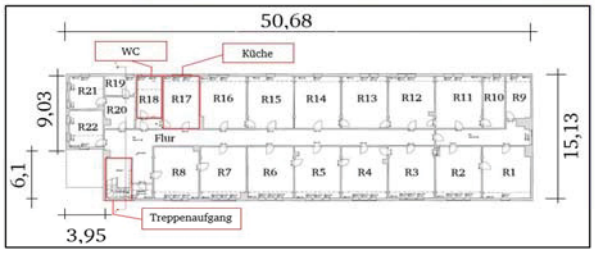
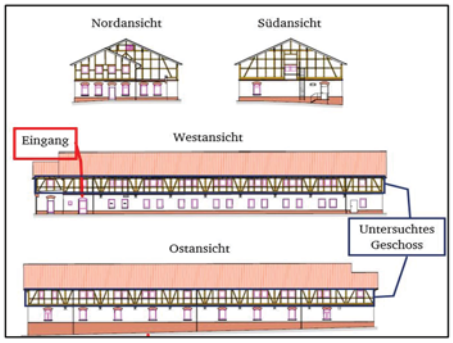
Beräumungs-objekt 1	Kaserne
Gebäude-beschreibung	Bürogebäude in Fachwerkkonstruktion. Erd- und Obergeschoss in Massivbauweise, Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion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

Abbildung 60: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 1[381]

[381] Vgl. Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 16.

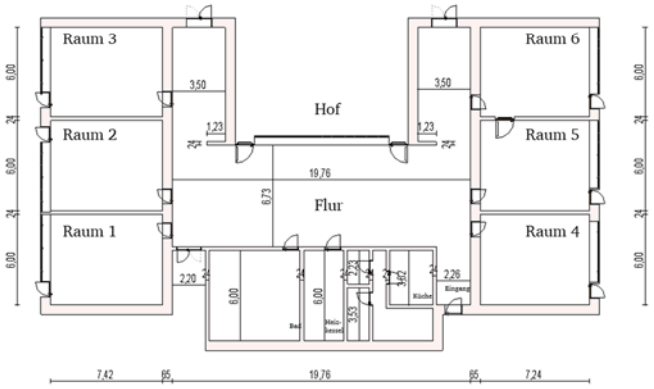
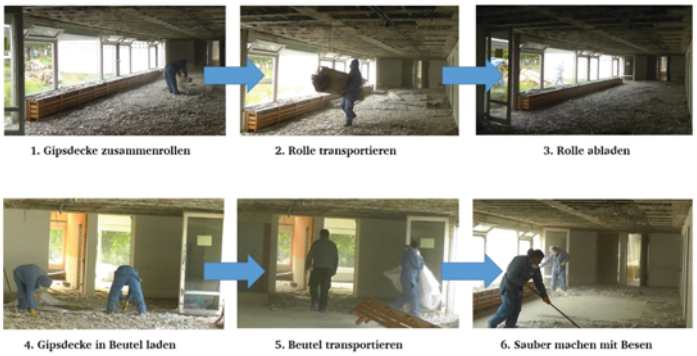
Beräumungs-objekt 2	Kindertagesstätte 1
Gebäude-beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	5-1 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion – Entsorgung 5-2 Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit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

Abbildung 61: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 2[382]

[382] Vgl. Luft/Blesinger (2020): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 17.

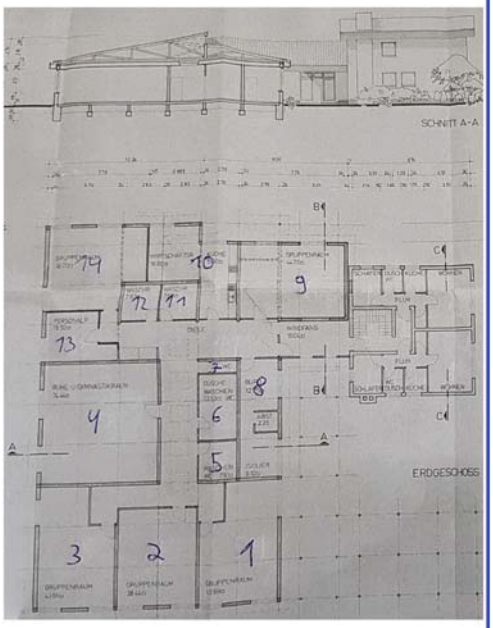
Beräumungs-objekt 3	Kindertagesstätte 2
Gebäude-beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: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

Abbildung 62: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 3[383]

[383] Vgl. Azizullah/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen zur Generierung von Zeitaufwandswerten. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 18.

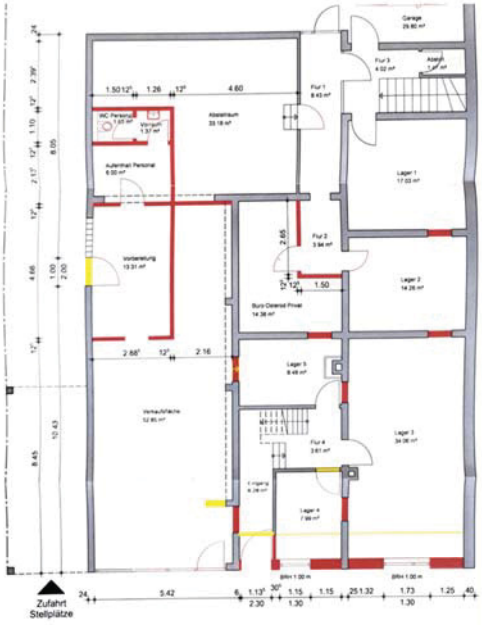
Beräumungs-objekt 4	Wohn- und Geschäftshaus 1
Gebäude-beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten 2-5 Elementierte Innenwände 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: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

Abbildung 63: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 4[384]

[384] Vgl. Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 19.

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	Außenaufnahme Grundriss Entkernungs-prozess

Abbildung 64: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 5[385]

[385] Vgl. Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 20.

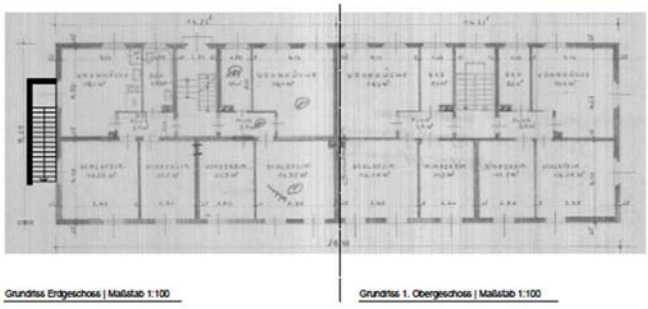
Beräumungs-objekt 6	Neun Mehrfamilienhäuser mit 108 Wohneinheiten
Gebäude-beschreibung	Massivbauweise mit Satteldach
Durchgeführte REFA-Studien	0-1 Entrümpelung Gegenstände - kleine Gegenstände 0-2 Entrümpelung Gegenstände - große Gegenstände 2-2 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Putz (Schadstoff 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 Grundriss  Grundriss Erdgeschoss | Maßstab 1:100 Grundriss 1. Obergeschoss | Maßstab 1:100 Entkernungs-prozess

Abbildung 65: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 6[386]

[386] Vgl. Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 21.

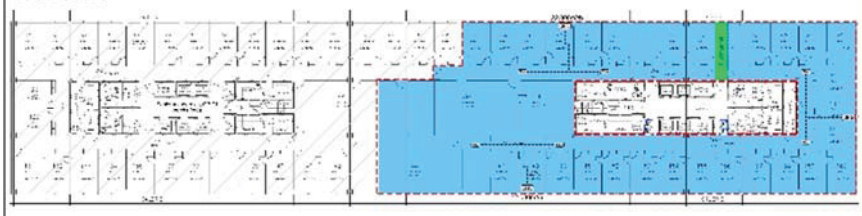
Beräumungs-objekt 7	Verwaltungsgebäude
Gebäude-beschreibung	Stahlbetonskelettbauweise
Durchgeführte REFA-Studien	2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	Außenaufnahme Grundriss 

Abbildung 66: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 7[387]

[387] Vgl. Wilhelm/Blesinger (2021): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 22.

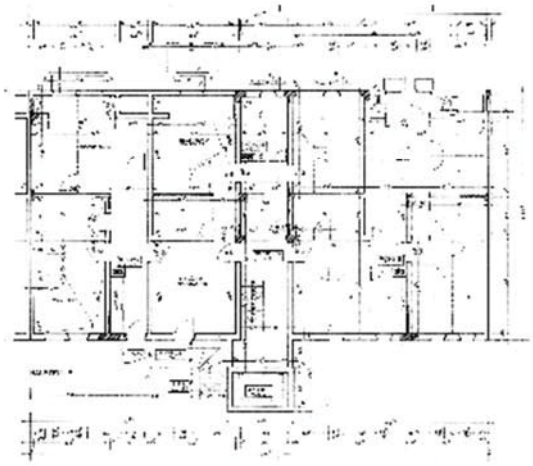
Beräumungs-objekt 8	Mehrfamilienhaus
Gebäude-beschreibung	Massivbauweise
Durchgeführte REFA-Studien	11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Leitungen Wärmeverteilnetze
Fotos, Grundrisse, Schnitte, Ansichten	Außenaufnahme
	Grundriss 
	Entkernungs-prozess

Abbildung 67: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 8[388]

[388] Vgl. Wilhelm/Blesinger (2021): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 23.

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

Abbildung 68: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 9[389]

[389] Vgl. Wilhelm/Blesinger (2021): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 24.

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	Außenaufnahme Entkernungsprozess

Abbildung 69: Gebäudesteckbrief Beräumungsobjekt 10[390]

[390] Vgl. Ott/Blesinger (2018): Prozessanalyse zur Demontage von denkmalgeschützten Fensterflächen. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 25.

8.2 Arbeitsstudien der Teilarbeitssysteme der Beräumung nach der REFA-Methodenlehre

Bei den in Kapitel 8.1 dargestellten Beräumungsobjekten wurden 18 Prozesse der Beräumung (siehe Tabelle 8) und vier Prozesse der Schadstoffsanierung (siehe Tabelle 9) aufgenommen. An dieser Stelle erfolgt jeweils eine beispielhafte Darstellung der Teilarbeitssysteme der Beräumung eines Abbruchobjektes. Teilweise wurden Beräumungsprozesse bei mehreren Beräumungsobjekten beobachtet. Einen Überblick über sämtliche untersuchten Prozesse verschaffen die Gebäudesteckbriefe in 8.1 und die zugrundeliegenden Baustellenstudien.

Tabelle 8: Erfasste Beräumungsprozesse der Ebene 2[391]

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

[391] Eigene Darstellung in Anlehnung an Motzko et al. (2021) Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 26.

Tabelle 9: Erfasste Prozesse der Schadstoffsanierung der Ebene 2[392]

Nr.	Prozesse der Schadstoffsanierung Ebene 2
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

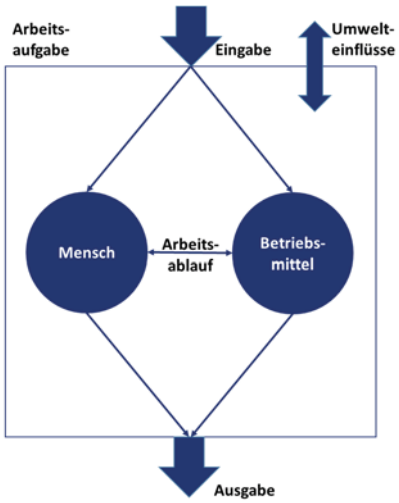
[392] Eigene Darstellung in Anlehnung an Motzko et al. (2021) Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 26.

Arbeitsaufgabe:
0-1 Entrümpelung Gegenstände – kleine Gegenstände
0-2 Entrümpelung Gegenstände – große Gegenstände

Mensch:
3 AK

Betriebsmittel:
Brecheisen
Radlader

Eingabe:
Möbel
Hausrat



Ausgabe:
Leerer Raum.
Abfälle aus unterschiedlichen Materialien.

Umwelteinflüsse:
Staub
Lärm
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Arbeitsablauf:
Teilweise Zerteilen des Mobiliars durch Biegebrechen und Abschlagen mit dem Brecheisen.
Greifen des Gegenstandes.
Laden auf die Schaufel des Radladers.
Verbringung mittels Radlader.

Abbildung 70: Teilarbeitssysteme 0-1 und 0-2 Entrümpelung Gegenstände[393]

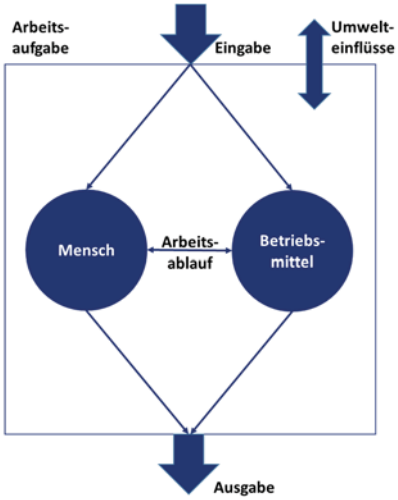
[393] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 74. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 74.

Arbeitsaufgabe:
2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände

Mensch:
1 AK

Betriebsmittel:
Brecheisen
Vorschlaghammer
Schaufel
PSA

Eingabe:
Trockenbauwand mit Unterkonstruktion (Holz) und beidseitiger Putzschicht (d=1,5 bis 3 cm).
Dämmung aus Holzwolle-Leichtbauplatten.



Ausgabe:
Unterkonstruktion aus Holz.
Abfälle aus Putz und Holzwolle-Leichtbauplatten.

Umwelteinflüsse:
Lärm
Schadstoffe (PSA erforderlich)

Arbeitsablauf:
Entkernen der Wandbekleidung durch wiederholtes Schlagen mit Vorschlaghammer oder Brecheisen auf die Putzschicht und anschließendem händischen Biegebrechen. Teilweise werden bereits gelockerte Elemente mit der Schaufel oder dem Brecheisen mit einer Hebelbewegung (Biegebrechen) abgebrochen.
Abbrechen der Dämmung aus Holzwolle-Leichtbauplatten mit Brecheisen oder Schaufel.

Abbildung 71: Teilarbeitssystem 2-1 Entkernung Nichttragende Innenwände[394]

[394] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchprojekt. S. 69. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung., S. 75.

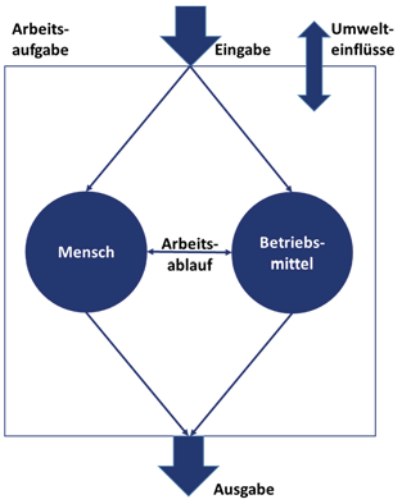
Arbeitsaufgabe:
2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz

Eingabe:
Asbest-Innenputz

Umwelteinflüsse:
Asbeststaub
Lärm
Vibration
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Mensch:
3 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Brecheisen
Radlader



Arbeitsablauf:
Abstemmen des Innenputzes mit elektrischem Stemmhammer.
Saugen und Reinigen des kontaminierten Bereichs.
Verpacken der Asbestprodukte in gekennzeichneten Entsorgungssäcken.
Entsorgungssäcke zur Sammelstelle tragen.
Beladen des Radladers.
Verbringung mittels Radlader.

Ausgabe:
Gereinigtes Mauerwerk
Abfälle aus Asbestprodukten

Abbildung 72: Teilarbeitssystem 2-2 Entkernung/Schadstoffsanierung (Asbest) Raumseitige Wandbekleidungen: Putz[395]

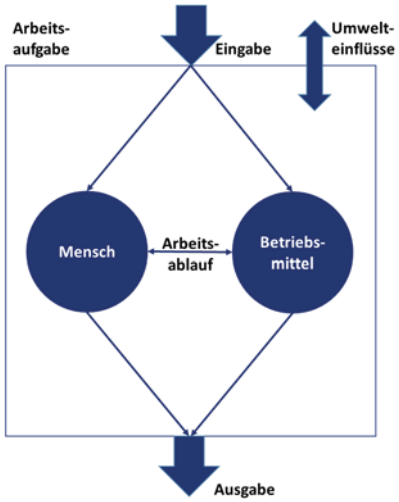
[395] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 139. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 76.

Arbeitsaufgabe:
2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten

Mensch:
2 AK

Betriebsmittel:
Teppichmesser
Spachtel
Schuttkübel
Drucksprüher
Pinsel
Leiter

Eingabe:
Tapezierte Wände



Ausgabe:
Tapetenreste zur Entsorgung
Befreite Wandfläche

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Zwangshaltungen
Stundenlohn

Arbeitsablauf:
Schneiden (Anritzen) der Tapeten mittels Teppichmesser.
Befeuchten schwer lösbarer Bereiche.
Abschaben/Abkratzen der (befeuchteten) Tapeten mittels Spachtel.

Abbildung 73: Teilarbeitssystem 2-3 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten[396]

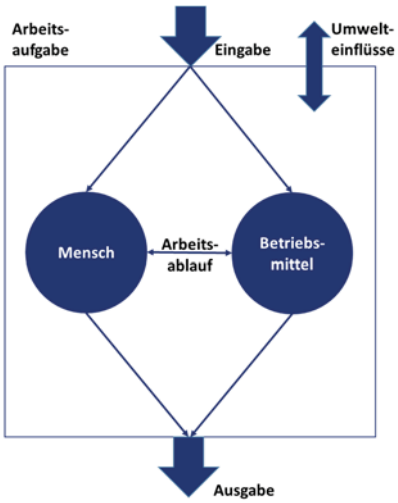
[396] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. S. 76. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 77.

Arbeitsaufgabe:
2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen

Mensch:
2 AK

Betriebsmittel:
Elektrischer Stemmhammer
Schutzhandschuhe
Besen
Kübel

Eingabe:
Geflieste Wand



Ausgabe:
Fliesenreste zur Entsorgung.
Von Fliesen befreite Wandfläche.

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Stundenlohn
Einnahme von Zwangshaltungen

Arbeitsablauf:
Wandfliesen mittels Stemmhammer abbrechen.
Händisches Aufsammeln der Fliesenreste.

Abbildung 74: Teilarbeitssystem 2-4 Entkernung Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen[397]

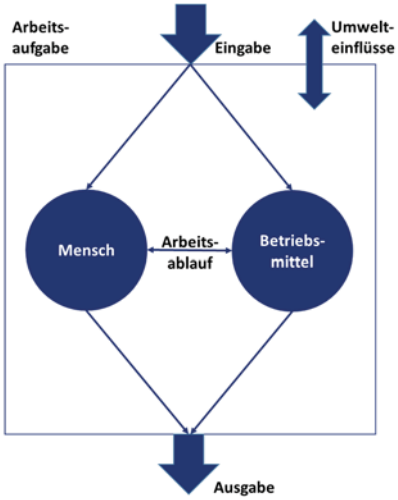
[397] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. S. 79. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 78.

Arbeitsaufgabe:
2-5 Entkernung Elementierte Innenwände

Mensch:
2 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Säbelsäge
Brecheisen
Radlader

Eingabe:
Kellertrennwand aus Holz.
Längs- und Querlatten genagelt.



Ausgabe:
Abfälle aus Holz

Umwelteinflüsse:
Staub
Lärm
Vibration
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Arbeitsablauf:
Sägen der Quer- und Längslatten mit Säbelsäge.
Aushebeln (Demontieren) der Latten mittels Brecheisen.
Händische Verbringung des Abbruchmaterials zur Sammelstelle am Gebäudeeingang.
Beladen des Radladers.
Verbringung mittels Radlader

Abbildung 75: Teilarbeitssystem 2-5 Entkernung Elementierte Innenwände[398]

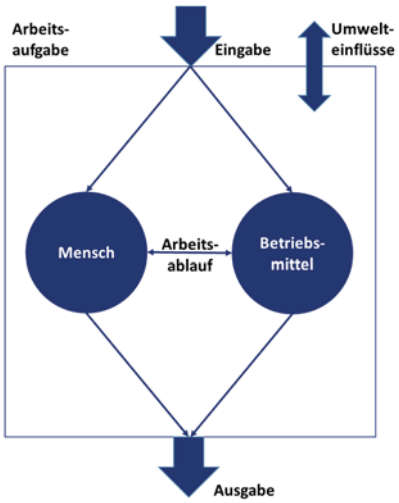
[398] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 98. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 79.

Arbeitsaufgabe:
3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster

Mensch:
6 AK

Betriebsmittel:
Saugglocke
Messer
Hammer
Meißel
Schneidegerät
Akkuschrauber
Schraubenzieher

Eingabe:
Kunstverglasung in Rahmen mit Kittfalz.
Schutzverglasung in verschraubtem Rahmen.



Ausgabe:
Ausgebaute Kunstverglasung vorbereitet zum Abtransport.
Schutzverglasung und Leisten zur Entsorgung.
Abfälle aus Glas und Kunststoff (Leisten).

Umwelteinflüsse:
Temperatur: 24°C
Witterung: sonnig
Luftfeuchtigkeit
Lärm

Arbeitsablauf:
Außen verschraubte Leisten der Schutzverglasung demontieren und entsorgen.
Lose Schutzverglasung ausheben und entsorgen.
Innen verschraubte Leisten der Schutzverglasung demontieren und entsorgen.
Verschraubte Leisten der Glaskunstfenster demontieren und entsorgen.
Kitt in Rahmen abschaben/abkratzen.
Lose Glaskunstfenster ausheben und zwischenlagern.
Glaskunstfenster auf Transportgestelle umsetzen und sichern.

Abbildung 76: Teilarbeitssystem 3-2 Entkernung Außenfenster und Schaufenster[399]

[399] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Ott/Blesinger (2018): Prozessanalyse zur Demontage von denkmalgeschützten Fensterflächen. S. 17. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 80.

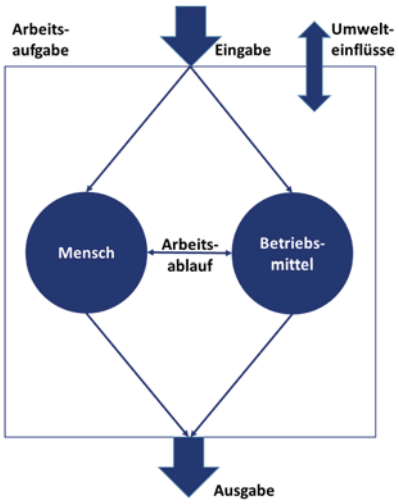
Arbeitsaufgabe:
4-1 Entkernung Innentüren und -tore

Eingabe:
Zimmertüren aus Holz

Umwelteinflüsse:
Staub
Lärm
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Mensch:
2 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Brecheisen
Radlader



Arbeitsablauf:
Demontieren (Aushebeln) des Türblattes ggf. mit Hilfe eines Brecheisens.
Zwischenlagern auf Loggia.
Beladen auf Radlader.
Verbringung mittels Radlader.

Ausgabe:
Türrahmen aus Holz.
Abfälle aus Holz.

Abbildung 77: Teilarbeitssystem 4-1 Entkernung Innentüren und -tore[400]

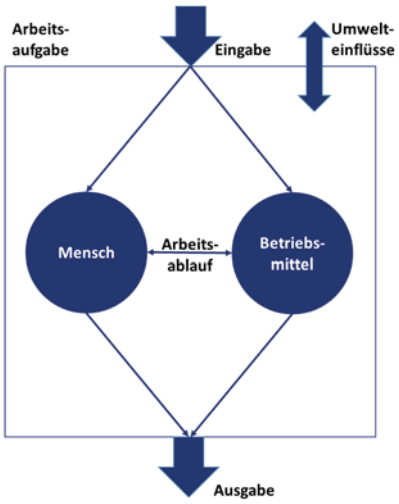
[400] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 98. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 81.

Arbeitsaufgabe:
5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion

Mensch:
3 AK

Betriebsmittel:
Besen
Brecheisen

Eingabe:
Auf dem Boden liegende abgebrochene Deckenplatten.



Ausgabe:
Deckenplattenabfälle im Entsorgungscontainer bzw. auf Ablagestapel gesammelt.

Umwelteinflüsse:
Staub
Sonne
Lärm

Arbeitsablauf:
Deckenplatten mittels Brecheisen bis zu einer handhabbaren Größe zerkleinern (Biegebrechen, Abschlagen).
Zerkleinerte Deckenplattenteile laden.
Verbringung von Deckenplatten bis zum Entsorgungscontainer bzw. bis zum Ablagestapel.
Abladen von Deckenplatten.
Zurückgehen zu einer neuen Ladeposition.
Nach dem Beräumen kleinteiliger Schutt mittels Besen zusammenkehren.

Abbildung 78: Teilarbeitssystem 5-1 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion[401]

[401] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Luft/Blesinger (2020): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. S 65. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 82.

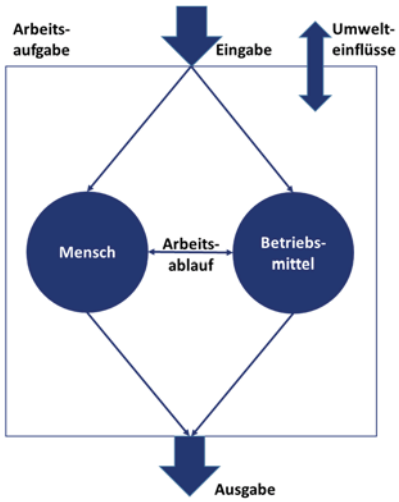
Arbeitsaufgabe:
5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion

Eingabe:
Gipskartonplatten auf Metallunterkonstruktion. inkl. Leuchtgehäuse (Ausgabe Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung).

Umwelteinflüsse:
Lärm
Schadstoffe (PSA erforderlich)

Mensch:
1 AK

Betriebsmittel:
Sturmhaken (lange Stange mit Widerhaken)
Kabelschneider
FFP2-Maske



Arbeitsablauf:
AK bricht die Deckenplatten von der Unterkonstruktion durch Biegebrechen (Ziehen und Drücken) mit einem Sturmhaken ab.
Leuchtgehäuse werden mit der Entkernung der Decke abgebrochen. Anschließendes Schneiden des Stromkabels mit Seitenschneider.

Ausgabe:
Metallunterkonstruktion ohne Deckenplatten.
Abfälle aus Gipskartonplatten.
Abfälle des metallischen Leuchtgehäuses.

Abbildung 79: Teilarbeitssystem 5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion[402]

[402] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. S. 59. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 83.

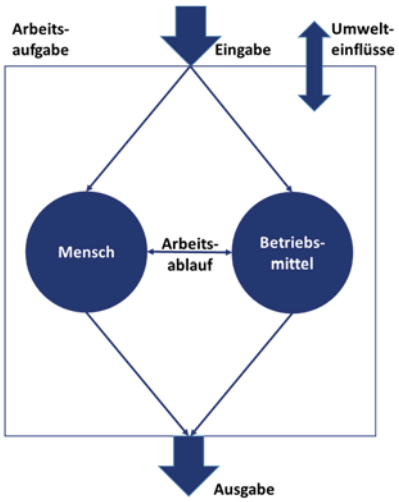
Arbeitsaufgabe:
6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich

Eingabe:
Estrich aus Beton
Styropor als Dämmung

Umwelteinflüsse:
Staub
Lärm
Vibration
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Mensch:
2 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Elektrischer Abbruchhammer
Brecheisen
Klebeband
Verpackungssack
Radlader



Arbeitsablauf:
Stemmen des Estrichs mittels elektrischem Abbruchhammer.
Aushebeln der Abbruchstücke mittels Brecheisen.
Wegziehen der Abbruchstücke zum Freilegen der Styroporplatten.
Styroporplatten aufnehmen, verpacken und Verbringung über Fenster.
Beladen des Radladers.
Verbringung mittels Radlader.

Ausgabe:
Freigelegte Stahlbetondecke
Abfälle aus Beton und Styropor

Abbildung 80: Teilarbeitssystem 6-2 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich[403]

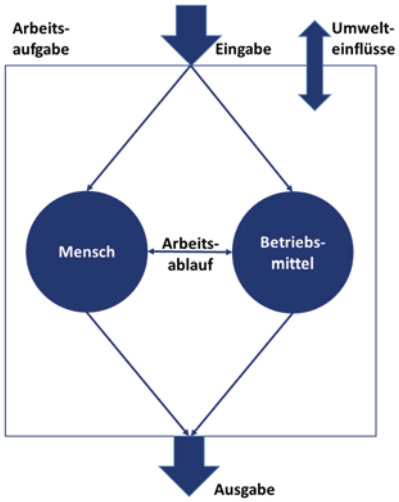
[403] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 80. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 84.

Arbeitsaufgabe:
6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC

Mensch:
2 AK

Betriebsmittel:
Brecheisen
Radlader
Staubschutzanzug
FFP2-Maske

Eingabe:
PVC verklebt auf Spanplatten exkl. Sockelleisten



Ausgabe:
Abfälle aus PVC und Spanplatten (miteinander verklebt).

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Schadstoffe (PSA erforderlich)

Arbeitsablauf:
Biegebrechen des Bodenaufbaus (Anheben mit Brecheisen bis ein Teil abbricht).
Wegstellen bereits entkernter Bodenelemente bei nicht gleichzeitig ausgeführter Verbringung.
2 AK erforderlich, da Kraft/Hebelwirkung mit Brecheisen durch eine AK für eine Spanplatte zu gering ist.

Abbildung 81: Teilarbeitssystem 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC[404]

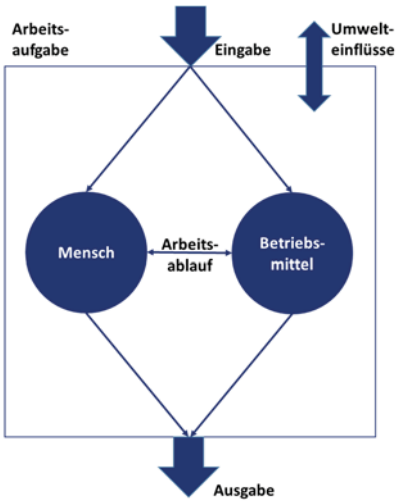
[404] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. S. 53. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung, S. 85.

Arbeitsaufgabe:
6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein

Mensch:
1 AK

Betriebsmittel:
Elektrischer Abbruchhammer
Schutzhandschuhe
Schaufel
Kübel

Eingabe:
Gefliester Boden



Ausgabe:
Abgebrochene Fliesen im Entsorgungscontainer.
Von Fliesen befreiter Estrichboden.

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Stundenlohnarbeiten
Einnahme von Zwangshaltungen

Arbeitsablauf:
Bodenfliesen mittels elektrischem Abbruchhammer abbrechen.
Händisches Aufsammeln der Fliesenreste.

Abbildung 82: Teilarbeitssystem 6-4 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein[405]

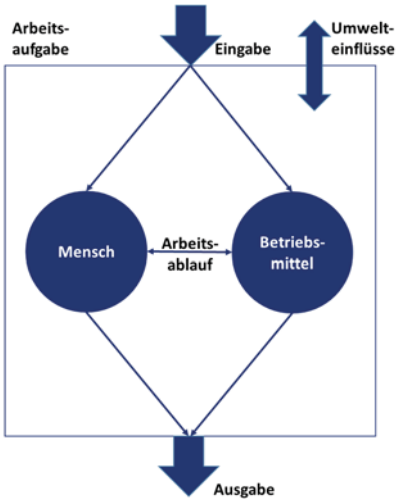
[405] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. S. 70. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 86.

Arbeitsaufgabe:
6-6 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt

Mensch:
1 AK

Betriebsmittel:
Brecheisen
Schaufel
Spitzhacke
FFP2-Maske

Eingabe:
Verklebter Parkettboden



Ausgabe:
Abfälle aus Holzdielen

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Schadstoffe (PSA erforderlich)

Arbeitsablauf:
Abbrechen der Holzdielen durch Anheben mittels Brecheisens, Spitzhacke, Schaufel bis sich ein Teil löst (Hebelwirkung)
Wegstellen bereits entkernter Bodenelemente

Abbildung 83: Teilarbeitssystem 6-6 Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt[406]

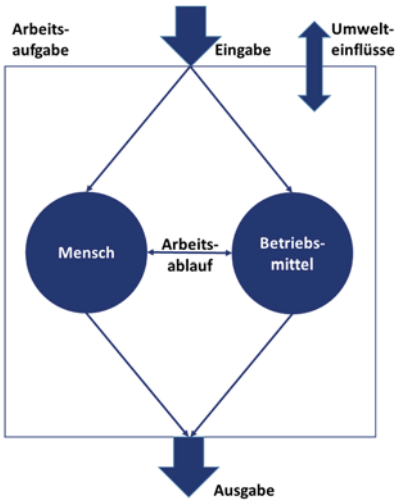
[406] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Azizullah/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen zur Generierung von Zeitaufwandswerten. S. 49. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 87.

Arbeitsaufgabe:
6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt

Mensch:
2 AK

Betriebsmittel:
Elektrischer Teppichstripper
Teppichmesser

Eingabe:
Möbel
Hausrat
Stark verklebter Teppichboden auf Estrich



Ausgabe:
Abgebrochener Teppichboden im Entsorgungscontainer.
Von Teppichboden befreiter Estrich.

Umwelteinflüsse:
Lärm
Staub
Stundenlohnarbeiten

Arbeitsablauf:
Schneiden des Teppichbodens mit Teppichmesser.
Abschaben des Teppichbodens mittels elektrischem Teppichstripper.
Händisches Aufsammeln der Teppichbodenreste.

Abbildung 84: Teilarbeitssystem 6-8 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt[407]

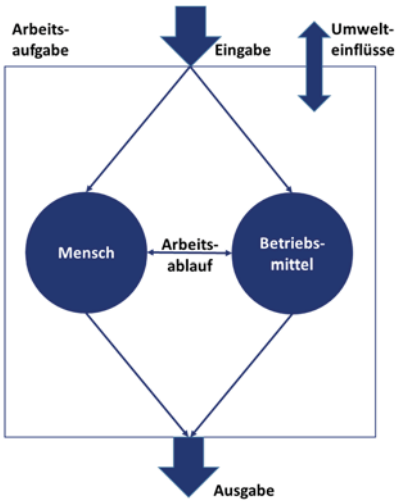
[407] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. S. 61. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 88.

Arbeitsaufgabe:
9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche

Mensch:
2 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Brecheisen
Radlader

Eingabe:
Hängeregale, Unterschränke und Arbeitsplatte aus Holz.
Elektrogeräte.
Spüle aus Metall.



Ausgabe:
Abfälle aus Holz, Metall, Elektrogeräte.

Umwelteinflüsse:
Staub
Lärm
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit

Arbeitsablauf:
Aushängen und/oder Abschlagen der Hängeregale.
Abschlagen/Biegebrechen von Arbeitsplatte, Spüle und Unterschränken.
Abbruchmaterial auf Loggia zwischenlagern.
Beladen des Radladers.
Verbringung mittels Radlader.

Abbildung 85: Teilarbeitssystem 9-2 Entkernung Allgemeine Einbauten: Einbauküche[408]

[408] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 124. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 89.

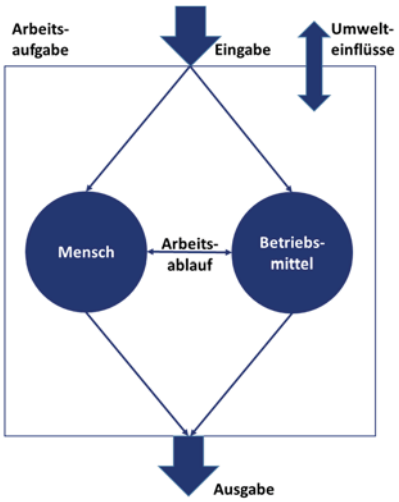
Arbeitsaufgabe:
11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze

Eingabe:
Wärmeschutzisolierung
KMF-haltige Dämmung

Umwelteinflüsse:
Beleuchtung
Temperatur
Luftfeuchtigkeit
KMF-Faserstaub (PSA erforderlich)

Mensch:
2 AK Entkernung
1 AK Verbringung

Betriebsmittel:
Teppichmesser
Reißfeste Säcke mit KMF-Kennzeichnung
PSA: Schutzanzug, Atemschutzmaske
Radlader



Arbeitsablauf:
KMF-Rohrisolierung mit Teppichmesser aufschneiden und demontieren.
Aufsammeln und Verpacken des Materials in gekennzeichnete Entsorgungssäcke.
Entsorgungssäcke zur Sammelstelle tragen.
Beladen des Radladers.
Verbringung mittels Radlader.

Ausgabe:
Von Schadstoffen befreite Heizrohre.
Abfälle aus KMF

Abbildung 86: Teilarbeitssystem 11-4 Entkernung/Schadstoffsanierung (KMF) Leitungen Wärmeverteilnetze[409]

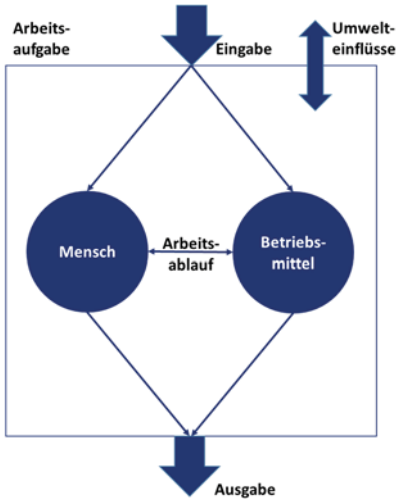
[409] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Wilhelm/Blesinger (2021): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten. S. 73. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 90.

Arbeitsaufgabe:
13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung

Mensch:
1 AK

Betriebsmittel:
Podest aus Paletten

Eingabe:
Beleuchtung bestehend aus Leuchtgehäuse, Schirm und Leuchtstoffröhren



Ausgabe:
Metallisches Leuchtgehäuse verbleibt an der Decke.
Abfälle aus Leuchtstoffröhren und Beleuchtungsschirmen.

Umwelteinflüsse:
Lärm
Raumhöhe

Arbeitsablauf:
Die AK verwendet zwei aufeinandergesetzte Paletten als Podest, um die Beleuchtung an der Decke des Raumes zu erreichen.
Schirm der Beleuchtung händisch demontieren.
Sorgfältiges Demontieren der Leuchtstoffröhren durch Herausdrehen aus der Halterung.
Abstellen von Beleuchtungsschirm und Leuchtstoffröhren an einer Stelle des Raums.
Verschieben des Podests.
Entkernung des nächsten Beleuchtungselements auf die gleiche Weise.

Abbildung 87: Teilarbeitssystem 13-3 Entkernung Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung[410]

[410] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Disser/Blesinger (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. S. 64. Vgl. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 91.

8.2.1 Sensorgestützte Aufnahme der Umwelteinflüsse bei der Beräumung

Zu Beginn der Untersuchung erfolgte die Aufnahme der Arbeitsbedingungen vordergründig auf subjektiver Einschätzung durch die beobachtende Person. Lediglich die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit wurden auf einzelnen Baustellen mittels analogen Geräten aufgenommen. Zur Bewertung der Arbeitsbedingungen auf der Baustelle sind quantifizierbare Daten zu den Umweltbedingungen unerlässlich. Dabei können die Umwelteinflüsse in physikalische, organisatorische und soziale unterschieden werden. Vordergründig die physikalischen Umwelteinflüsse, wie beispielsweise Lufttemperatur, Luftfeuchte, Lärmpegel oder Beleuchtungsstärke des Arbeitsplatzes, können mithilfe von Sensoren erfasst werden. Dabei wirken sowohl Emissionen als auch Immissionen auf das Arbeitssystem und die Arbeitenden ein, was wiederum die Arbeitsleistung beeinflussen kann.[411]

Im Rahmen der Untersuchung von Loshaj/Blesinger[412] konnten Umwelteinflüsse mittels IoT-basierter Sensortechnologie fortlaufend aufgezeichnet werden. Für weitere Hintergrundinformationen zur IoT-Technologie und zum eingesetzten Sensorsystem wird an dieser Stelle auf die o. g. Studie verwiesen.

Mit unterschiedlichen Sensoren wurden Daten zu den Umweltbedingungen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsstärke, Lärm und Staubpartikelmenge erfasst. Da die Datenaufnahme ausschließlich das Ziel hatte, die Umwelteinflüsse zu dokumentieren, erfolgte keine Auswertung bezüglich der Einhaltung der geltenden Regeln für den Arbeits- und Gesundheitsschutz. Die Ausgabe der Umweltdaten erfolgte in Dashboards, welche die Messwerte tabellarisch in Spalten auflistet und in Abhängigkeit von der Uhrzeit in Zeilen darstellt. Zur schnellen Übersicht wurden die Emissionswerte zusätzlich in Form eines radialen Messgeräts mit Nadel dargestellt. Darüber hinaus konnten die Messdaten als Excel-Tabelle ausgegeben werden. Die Darstellung der Umweltbedingungen in einem Dashboard ist beispielhaft in Abbildung 88 gezeigt.

[411] Vgl. Berg (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. S. 54.

[412] Vgl. Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen.

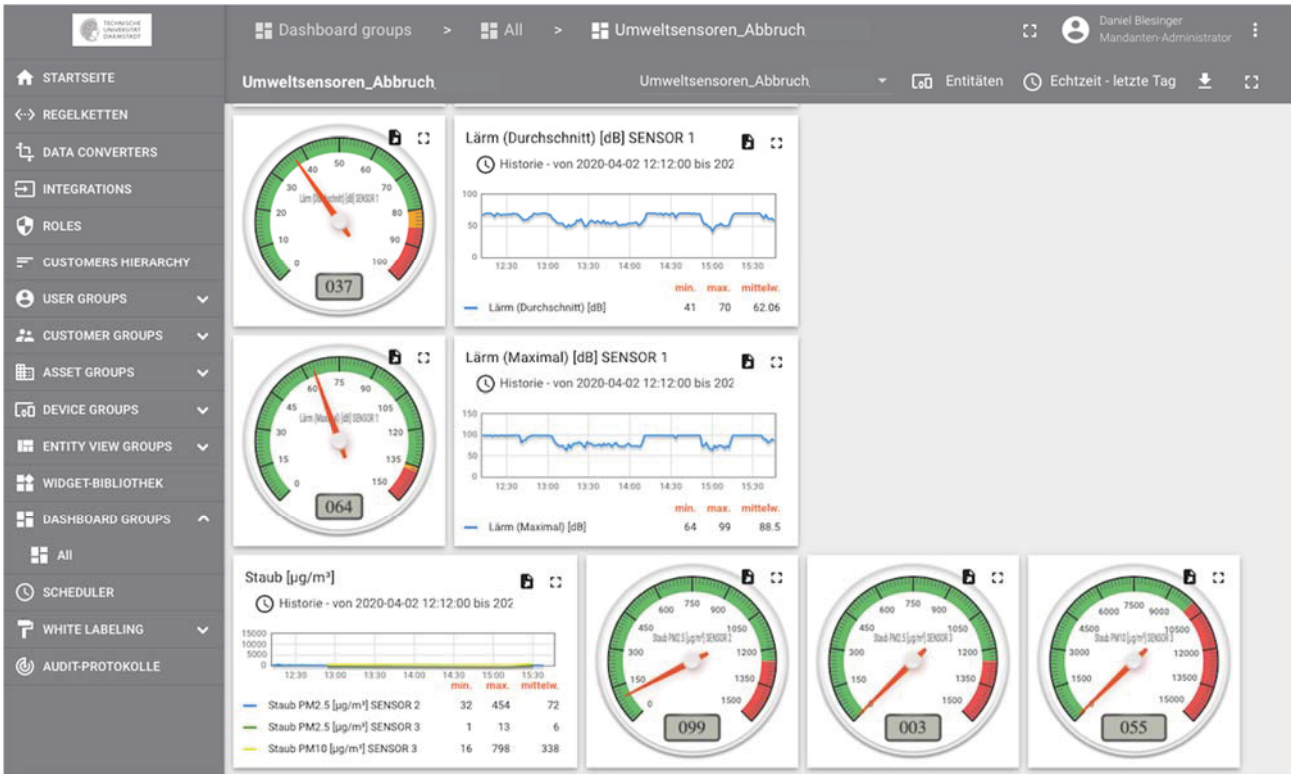


Abbildung 88: Beispiel eines Dashboards zu Sensordaten der Umweltbedingungen[413]

Die Umwelteinflüsse stellen einen der sieben Systembegriffe nach REFA dar und wurden bei diesem Beräumungsobjekt bei jedem Beräumungsprozess dokumentiert. In Tabelle 10 sind beispielhaft für einen Beräumungsprozess die mit den Sensoren aufgenommenen Umweltdaten als Minimal- und Maximalwerte dargestellt.

[413] Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 49

Tabelle 10: Umweltdaten 6-3 Entkernung Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC[414]

Umwelteinfluss	Minimalwert	Maximalwert
Lufttemperatur [°C]	8,0	16,7
Luftfeuchtigkeit [%]	32,0	100,0
Beleuchtung [lx]	1,0	991,0
Lärm [dB]	-	99,0
Staub PM2.5 [mg/m^3]	-	0,6
Staub PM10 [mg/m^3]	-	0,4

Allgemein kann zu sämtlichen Untersuchungen gesagt werden, dass die Messwerte für Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit bis auf einzelne kurzzeitige Abweichungen im üblichen Bereich für Baustellen in den Sommermonaten lagen. Die erforderliche minimale Beleuchtungsstärke wurde nur bei einzelnen Arbeiten im Kellergeschoss unterschritten. Trotz des teilweise hohen Lärmpegels bei unterschiedlichen Beräumungsarbeiten, konnten keine negativen Auswirkungen auf das Arbeitssystem respektive auf die Arbeitsleistung des arbeitenden Personals aufgrund der Immissionen festgestellt werden. Die zulässigen Grenzwerte der Staubbelastung wurden zu keiner Zeit überschritten. Da eine Gefährdungsbeurteilung zu den untersuchten Arbeitssystemen nicht vorlag, konnten die aufgenommenen Umweltdaten nicht weiter kommentiert werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine fortlaufende Aufnahme der Umweltdaten mit Sensoren auf einfache Weise möglich ist. Die dabei gewonnenen Daten können mit den Beobachtungen der REFA-Studien abgeglichen und zur Identifikation von Prozessverbesserungen genutzt werden.

[414] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Loshaj/Blesinger (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. S. 95. Zugleich Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 30.

8.3 Weiterentwicklung des Prozessmodells Beräumung

Nach der Identifikation der Beräumungsprozesse, welche in Kapitel 6.2 dargestellt und strukturiert gegliedert wurden, sind diese im Zuge der Prozessmodellierung formal zu beschreiben und übersichtlich darzustellen.[415] Das von Motzko et al.[416] für Geschossbauten entwickelte „Prozessmodell Beräumung“ umfasst in der Ebene 1 einen Entrümpelungs- und 19 Entkernungsprozesse und ermöglicht somit eine Prozessstandardisierung. Für eine detaillierte Beschreibung der erstmaligen Entwicklung des Prozessmodells Beräumung wird an dieser Stelle auf Motzko et al.[417] verwiesen, so dass in der Folge das „Weiterentwickelte Prozessmodell Beräumung“ näher beschrieben wird.

Bei den Prozessbereichen erfolgte eine Änderung der Unterteilung in Entkernung Wandbauteile, Entkernung Deckenbauteile, Entkernung Boden-, Dach- und sonstige Bauteile sowie Entkernung Technische Anlagen. Somit wurde die sprachliche Ungenauigkeit zwischen Decken- und Bodenbauteilen, welche in den Experteninterviews[418] angesprochen wurde, beseitigt. Im Prozessmodell wurde „Abbruch“ als dritter Grundprozess zu Entrümpelung und Entkernung eingefügt, um den Gesamtprozess vollumfänglich zu beschreiben. Die Überschrift wurde durch die Angabe „Prozessmodell Beräumung von Geschossbauten“ zutreffend auf den Untersuchungsgegenstand abgestimmt. Weitere Korrekturen zur optischen Vereinheitlichung wurden durchgeführt. Die Basisvorgänge wurden durchgehend in Verben abgewandelt, um den Charakter der Prozessausführung hervorzuheben. Zudem wurden die Basisvorgänge „Schadstoffe sanieren“, „Zerkleinern“, „Abfälle trennen“ und „Transportieren“ in einem Kreislauf dargestellt, um die variable Reihenfolge[419] zu verdeutlichen, und oberhalb der Prozesse angeordnet, um darzulegen, welche Tätigkeiten innerhalb eines Beräumungsprozesses ablaufen. Um die Ziele der Abfallhierarchie[420] abzubilden, wurde neben dem Beräumungsverfahren „Abbrechen“ das Beräumungsverfahren „Demontieren“ als separate Prozesskette hinzugefügt. Somit konnten die erforderlichen Modifikationen des Beräumungsprozesses, welcher mit einem sorgfältigen Auseinanderbauen (anstelle des zerstörenden Zerkleinerns beim Abbrechen) und einer anschließenden Verwertung (anstelle einer Entsorgung) einhergeht, hervorhoben werden. Das „Weiterentwickelte Prozessmodell Beräumung“ ist in Abbildung 89 dargestellt.

---

[415] Vgl. Bormann et al (2015): Building Information Modeling. S. 61.

[416] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 6.

[417] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 6.

[418] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. S. 27 f.

[419] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten, Interview 1 (2020). Anhang XIII.

[420] Vgl. KrWG (2020): https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/, Abrufdatum: 04.03.2021. S. 11.

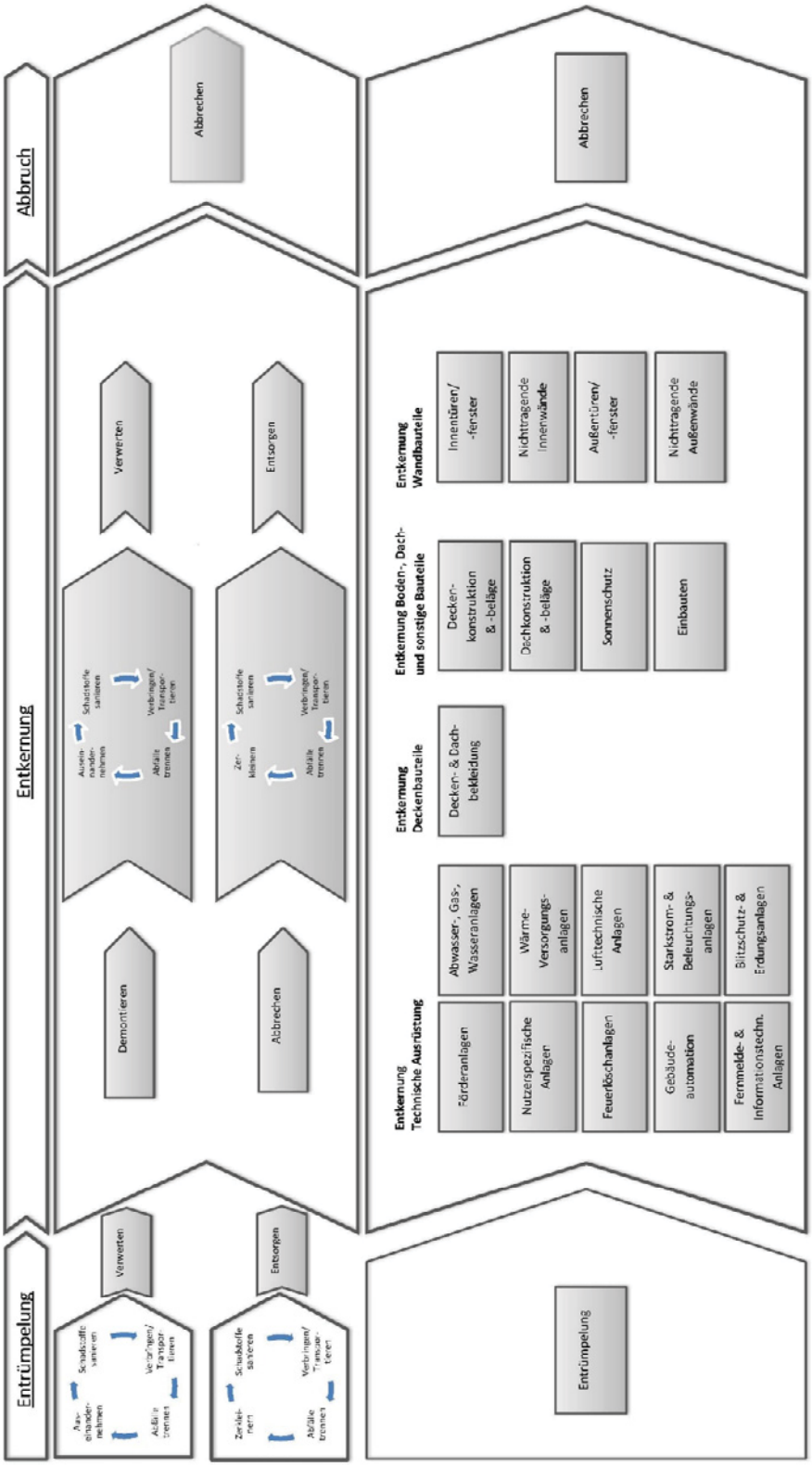


Abbildung 89: Weiterentwickeltes Prozessmodell Beräumung[421]

[421] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 68 ff.

8.4 Kennzahlen von Beräumungsarbeiten

Entsprechend der in Kapitel 6.2 festgelegten Gliederungsstruktur wurden die Beräumungsprozesse analysiert und Kennzahlen zu den Ausführungsmengen, dem Aufwand und den Kosten ermittelt. Die Erkenntnisse sind in die Bewertungsmatrix Beräumung eingeflossen.

8.4.1 Grundlagen zu Kennzahlen

Kennzahlen, auch Kennwerte oder Kennziffern genannt, sind absolute oder relative Werte, welche Vorgänge in Unternehmen oder Projekten quantifizieren und charakterisieren.[422] Sie dienen der Steuerung und Kontrolle von Maßnahmen und tragen zur Entscheidungsfindung bei.[423] In der Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen (KLR Bau)[424] werden Kennzahlen entsprechend der Abbildung 90 unterteilt in Grundzahlen (Bestandszahlen, Bewegungszahlen) und Verhältniszahlen (Gliederungszahlen, Indexzahlen, Beziehungszahlen).

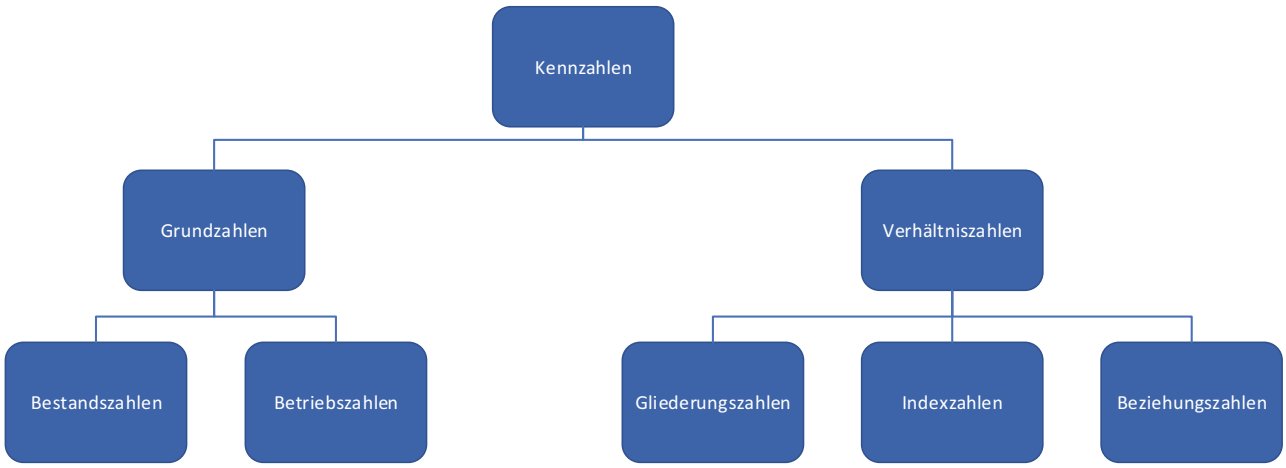


Abbildung 90: Gliederung von Kennzahlen[425]

Als Bestandszahlen werden stichtagsbezogene Grundzahlen, wie beispielsweise der Materialvorrat zu einem Stichtag, verstanden. Bewegungszahlen sind zeitraumbezogen und geben

[422] Vgl. Girmscheid, Motzko (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. S. 136.

[423] Vgl. Gabler Wirtschaftslexikon (2018): Kennzahlen, https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kennzahlen-41897, Abrufdatum: 23.03.2021.

[424] Vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2001), KLR Bau. S. 108.

[425] Eigene Darstellung in Anlehnung an Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2001), KLR Bau. S. 108.

beispielsweise den Verbrauch eines Materials innerhalb des betrachteten Zeitraums wieder. Strukturverhältnisse, wie etwa das Verhältnis der Materialkosten zu den Gesamtkosten, werden anhand von Gliederungszahlen aufgezeigt. Indexzahlen zeigen Veränderungen, wie zum Beispiel die Veränderungen der Lohnkosten pro Jahr in Bezug auf ein Basisjahr. Durch den Bezug zueinander entstehen Beziehungszahlen, wie beispielsweise das Verhältnis von eigenen Gerätekosten zu Fremdgerätekosten.[426]

Bedeutende Eigenschaften von Kennzahlen sind der Informationscharakter, die Quantifizierbarkeit und die spezifische Form der liefernden Informationen. Durch den Informationscharakter ermöglichen Kennzahlen die Meinungsbildung zu Sachverhalten und Zusammenhängen. Anhand der Quantifizierbarkeit lassen sich Zusammenhänge und Vorgänge messen und vergleichen. Die spezifische Struktur von Kennzahlen verschafft einen schnellen Überblick über eine Situation und vereinfacht das Vergleichen der Werte untereinander. [427]

Kennzahlen werden unter anderem im Controlling verwendet und dienen dabei häufig als Basis für Entscheidungen und Analysen. Trotz der verbreiteten Verwendung von Kennzahlen ist ihre Aussagekraft begrenzt. Vor allem der informative Charakter einer Kennzahl hängt stark vom zugrundeliegenden Informationssystem ab. Ist das System nicht eindeutig oder mangelhaft, so können auch Kennzahlen keine verwertbaren Informationen liefern. Sind nur vereinzelt Kennzahlen zu einem bestimmten Sachverhalt vorhanden, besteht die Gefahr, dass dieser nicht zutreffend interpretiert wird.[428]

In der Bauwirtschaft und somit auch im Bereich von Abbruch- und Beräumungsarbeiten werden Kennzahlen hauptsächlich in den Gebieten der Bauauftragsrechnung, Baubetriebsrechnung und Soll-Ist-Vergleichsrechnung eingesetzt und dienen der Planung, Steuerung und Kontrolle eines Projektes oder betriebsinterner Prozesse.[429] Bei den Kennzahlen dieser Untersuchung handelt es sich um Verhältniszahlen, im Speziellen um Beziehungszahlen.

8.4.2 Mengenkennzahlen der Beräumung

Mengenkennzahlen geben die vorhandene Menge eines Gegenstands oder Bauteils pro definierter Bezugseinheit an. Häufig beziehen sich Mengenkennzahlen auf die Bruttogeschossfläche (BGF) in [m^2] oder den Bruttorauminhalt (BRI) in [m^3], aber auch andere Einheiten wie zum Beispiel [kg/m^2] sind denkbar. Bei der Verwendung von Mengenkennzahlen ist auf den Gebäudetyp zu achten, da die verbauten Mengen je nach Gebäudetyp starken Schwankungen unterliegen. Beispielsweise sind in einer Halle in der Regel weniger nichttragende

[426] Vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2001): KLR Bau. S. 108.
[427] Vgl. Reichmann (2014): Controlling mit Kennzahlen. S. 24.
[428] Vgl. Reichmann (2014): Controlling mit Kennzahlen. S. 26.
[429] Vgl. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2001): KLR Bau. S. 109.

Innenwände enthalten als in einem Bürogebäude. Deshalb wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Mengenkennzahlen in der Bewertungsmatrix Beräumung lediglich einen ersten Anhaltswert zur Einschätzung der Menge von Geschossbauten geben sollen. Für die Analyse der Beräumungsprozesse und die Erstellung der Bewertungsmatrix Beräumung war es von Bedeutung, den Anwendenden eine Hilfestellung an die Hand zu geben, um die Ausführungsmengen abschätzen und in der Folge den entsprechenden Beräumungsaufwand und die Entsorgung sowohl quantitativ als auch monetär einordnen zu können. In der Praxis sind die vorgefundenen Mengen im Zuge einer Bestandsaufnahme zu überprüfen. Für weitere Informationen zu Mengenkennzahlen wird auf die Untersuchung von Disser/Blesinger[430] verwiesen.

8.4.3 Aufwandswerte der Beräumung

Durch die Multiplikation des Aufwandswertes mit der Ausführungsmenge wird die Dauer eines Arbeitsschrittes berechnet, womit Aufwandswerte als Grundlage der Termin- und Kostenplanung dienen.[431] Dabei können Aufwandswerte anhand von unternehmensinternen Daten, Experteninterviews oder Arbeitszeitstudien, wie beispielsweise nach der REFA-Methodenlehre, ermittelt werden. Randbedingungen des Aufwandswertes, wie beispielsweise Baustellenbedingungen, Qualifikation der Arbeitskräfte oder Schwierigkeitsgrad der Bearbeitung, sind zu dokumentieren, um die Vergleichbarkeit der Kennzahlen zu ermöglichen.[432]

Im Zuge diverser Studien wurden Aufwandswerte der Beräumung identifiziert und dienen als Datenbasis für die „Bewertungsmatrix Beräumung“. Sämtliche Kennzahlen und die dazugehörigen Quellen können den Eintragungstabellen entnommen werden. Eine Übersicht der Aufwandswerte mit Angabe der Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwerte ist in Tabelle 11 dargestellt. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass sowohl die Minimal- als auch die Maximalwerte lediglich die Grenzen der identifizierten Aufwandswerte angeben. Im Falle der Weiternutzung dieser Daten ist durch die Anwendenden individuell abzuwägen, welche Aufwandswerte für die örtlichen Begebenheiten zutreffend sind.

[430] Vgl. Disser/Blesinger (2019): Bestimmung von Objektkennwerten für Beräumungsarbeiten.

[431] Vgl. Motzko; Klingenberger (2004): Kalkulation kontrollierter Abbrucharbeiten. S. 26.

[432] Vgl. Hofstadler (2007): Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 20.

Tabelle 11: Aufwandswerte der Beräumung[433]

BP-ID	Prozess-bereiche	Grundprozesse (Basisleistungs-bereiche)	Ebene 1	Ebene 2	Aufwands-wert MIN	Aufwands-wert MED	Aufwands-wert MITTEL	Aufwands-wert MAX	Anzahl der Studien
0 - 1		Entrümpelung	Gegenstände	kleine Gegenstände	0,02	0,36	0,32	0,53	4
0 - 2				große Gegenstände					
1 - 1	Wand-bauteile	Entkernung	Nichttragende Außenwände und Wandbekleidungen, außen	Nichttragende Außenwände					
1 - 2				Außenwandbekleidungen, außen	0,093	0,185	0,176	0,240	4
1 - 3				Elementierte Außenwände					
1 - 4				Elementierte Außenfenster, -türen					
1 - 5				Elementierte Außenwandbekleidungen	0,194	0,194	0,194	0,194	1
1 - 6				Nichttragende Außenwände, sonstiges					
2 - 1		Entkernung	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	Nichttragende Innenwände	0,011	0,079	0,103	0,265	18
2 - 2				Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	0,093	0,211	0,211	0,337	6
2 - 3				Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	0,050	0,067	0,064	0,070	4
2 - 5				Elementierte Innenwände	0,061	0,191	0,187	0,330	8
2 - 6				Nichttragende Innenwände, sonstiges					
3 - 1		Entkernung	Außentüren und -fenster	Außentüren und -tore	0,107	0,130	0,662	1,750	3
3 - 2				Außenfenster und Schaufenster	0,009	0,305	0,416	1,955	17
3 - 3				Dachfenster, Dachöffnungen					
4 - 1		Entkernung	Innentüren und -fenster	Innentüren und -tore	0,004	0,137	0,248	1,133	15
4 - 2				Innenfenster	0,209	0,209	0,209	0,209	1
5 - 1	Decken-bauteile	Entkernung	Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen:	0,004	0,012	0,020	0,043	3
5 - 2				Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen:	0,022	0,100	0,112	0,265	19
5 - 3				Decken- und Dachbekleidungen, sonstiges					
6 - 1	Boden- und sonstige Bauteile	Entkernung	Deckenkonstruktionen und Deckenbeläge (auf Konstruktion)	Konstruktionen von Decken					
6 - 2				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Estrich	0,029	0,145	0,150	0,375	10
6 - 3				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Linoleum/PVC	0,006	0,017	0,039	0,140	13
6 - 4				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Fliesen/Naturstein	0,045	0,165	0,158	0,230	6
6 - 5				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat lose	0,006	0,025	0,044	0,123	4
6 - 6				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Parkett/Laminat verklebt	0,053	0,188	0,163	0,225	4
6 - 7				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich lose	0,006	0,010	0,014	0,035	7
6 - 8				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Teppich verklebt	0,010	0,036	0,056	0,140	5
6 - 9				Beläge auf Deckenkonstruktionen: Beschichtungen					
6 - 10				Beläge auf Deckenkonstruktionen: sonstiges	0,009	0,021	0,032	0,067	1
7 - 1		Entkernung	Dachkonstruktionen und Dachbeläge (auf Konstruktion)	Dachbeläge	0,015	0,134	0,126	0,260	10
7 - 2				Entwässerungen der Dachfläche	0,050	0,113	0,113	0,175	2
7 - 3				Dächer, sonstiges					
8 - 1		Entkernung	Sonnenschutz	Rollläden, Markisen und Jalousien	0,175	0,175	0,175	0,175	1
9 - 1		Entkernung	Einbauten	Allgemeine Einbauten: Einbaumöbel	0,108	0,201	0,178	0,226	3
9 - 2				Allgemeine Einbauten: Einbauküche	0,033	0,033	0,033	0,033	1
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	1,250	1,250	1,250	1,250	1
10 - 3				Anlagen Wasseranlagen					
10 - 4				Leitungen Wasseranlagen	0,020	0,030	0,274	1,250	5
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	0,025	0,031	0,032	0,040	3
11 - 5				Heizkörper	0,075	0,275	0,380	0,790	3
11 - 6				Flächenheizsysteme					
11 - 7				Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges: Schornsteine,					
12 - 1		Entkernung	Lufttechnische Anlagen	Anlagen Lüftungsanlagen					
12 - 2				Leitungen Lüftungsanlagen					
12 - 3				Anlagen Klimaanlagen					
12 - 4				Leitungen Klimaanlagen					
12 - 5				Anlagen Lufttechnische Anlagen, sonstiges					
12 - 6				Leitungen Lufttechnische Anlagen, sonstiges					
13 - 1		Entkernung	Starkstrom- und Beleuchtungsanlagen	Unterverteiler, Installationsgeräte	0,048	0,054	0,054	0,061	2
13 - 2				Kabel, Leitungen	0,004	0,005	0,005	0,006	2
13 - 3				Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung	0,003	0,008	0,008	0,014	2
14 - 1		Entkernung	Blitzschutz- und	Auffangeinrichtungen, Ableitungen, Potentialausgleich					
15 - 1		Entkernung	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	Anlagen und dazugehörige Verteiler, Kabel, Leitungen					
15 - 2				Übertragungs- und Verlegesysteme, soweit nicht in					
15 - 3				Anlagen Fernmelde- und informationstechnische Anlagen,					
15 - 4				Leitungen Fernmelde- und informationstechnische					
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					

[433] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 6.

8.4.4 Kostenkennzahlen der Beräumung

Im Bereich der Beräumung existieren Kostenkennzahlen der Beräumung beispielsweise in Silbe[434], Plümecke[435] und Sprengnetter[436]. Die Anwendung dieser Kennzahlen erweist sich als schwierig, da einerseits nur wenige Details zu den Kennzahlen angegeben sind und der Informationsgehalt nicht überprüft werden kann und andererseits die berücksichtigte Entsorgungsmenge einschließlich der dazugehörigen Entsorgungskosten je Einheit nicht bekannt ist. Insbesondere bei den Entsorgungskosten können sich große Schwankungen je nach Lage des Beräumungsobjektes und des Ausführungszeitpunkts ergeben. Aus diesem Grund ist die Angabe von allgemeingültigen Kostenkennzahlen für die Beräumung nicht zielführend.

Die Bewertungsmatrix Beräumung kann als praktikables Werkzeug eingesetzt werden, um nach der Eingabe von wenigen Parametern mit der errechneten Ausführungsmenge eine erste Aussage zu den Lohn- und Entsorgungskosten treffen zu können.

8.5 Häufiger Wechsel der Beräumungsverfahren

Der Abbruch der Tragkonstruktion ist bestimmt von der gewählten Gerätekombination aus Hydraulikbagger und Anbaugerät, so dass das Abbruchverfahren nach DIN 18007:2000-05[437] über den Abbruchprozess größtenteils konstant bleibt. Ein Wechsel des Abbruchverfahrens findet vorwiegend zum Ende des Abbruchs eines Bauteils statt, beispielsweise wenn beim Abbruch einer Stahlbetonstütze mit einer Abbruchzange zuerst Betonbrocken abgebrochen werden und zum Schluss der geschwächte Betonquerschnitt mit der Abbruchzange durch Eindrücken umgelegt wird.

Im Gegensatz zum Abbruch der Tragkonstruktion mit Großgeräten wurde im Zuge von diversen Baustellenaufnehmen der Beräumung festgestellt, dass zwischen den Beräumungsverfahren häufig und in kurzen Zeitabständen gewechselt wird. An dieser Stelle erfolgt eine Darstellung des beschriebenen Sachverhalts an Beräumungsobjekt 3 auf Basis von Baustellendokumentationen in Form von Videoaufnahmen[438]. Aus den Videos wurden Screenshots

[434] Vgl. Silbe (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. S. 163 f.

[435] Vgl. Plümecke (2008): Preisermittlung für Bauarbeiten. S. 506 ff.

[436] Vgl. Sprengnetter (2010): Immobilienbewertung. S. 3.02.2/3.1/32 ff.

[437] DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

[438] Vgl. Azizullah/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen zur Generierung von Zeitaufwandswerten. Digitaler Anhang.

jeweils beim Wechsel der Arbeitsverfahren erstellt, so dass der jeweilige Zeitpunkt abgelesen und somit die Dauer der einzelnen Verfahren berechnet werden konnte.

8.5.1 Beräumungsprozess 5-2 , Raum 1

Der Arbeitsablauf zur Entkernung der „Bekleidung unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion“ ist in der folgenden Bilderserie gezeigt.

Durch die aufführende Arbeitskraft wurde lediglich das Abbrechen respektive das Lösen aus dem Verbund ausgeführt. Die Prozesse der Verbringung (Laden, Transportieren, Abladen) fanden zu einem späteren Zeitpunkt statt.

Die Zeitangabe in den Screenshots erfolgt in Minuten und Sekunden ohne Bezug zur Uhrzeit.

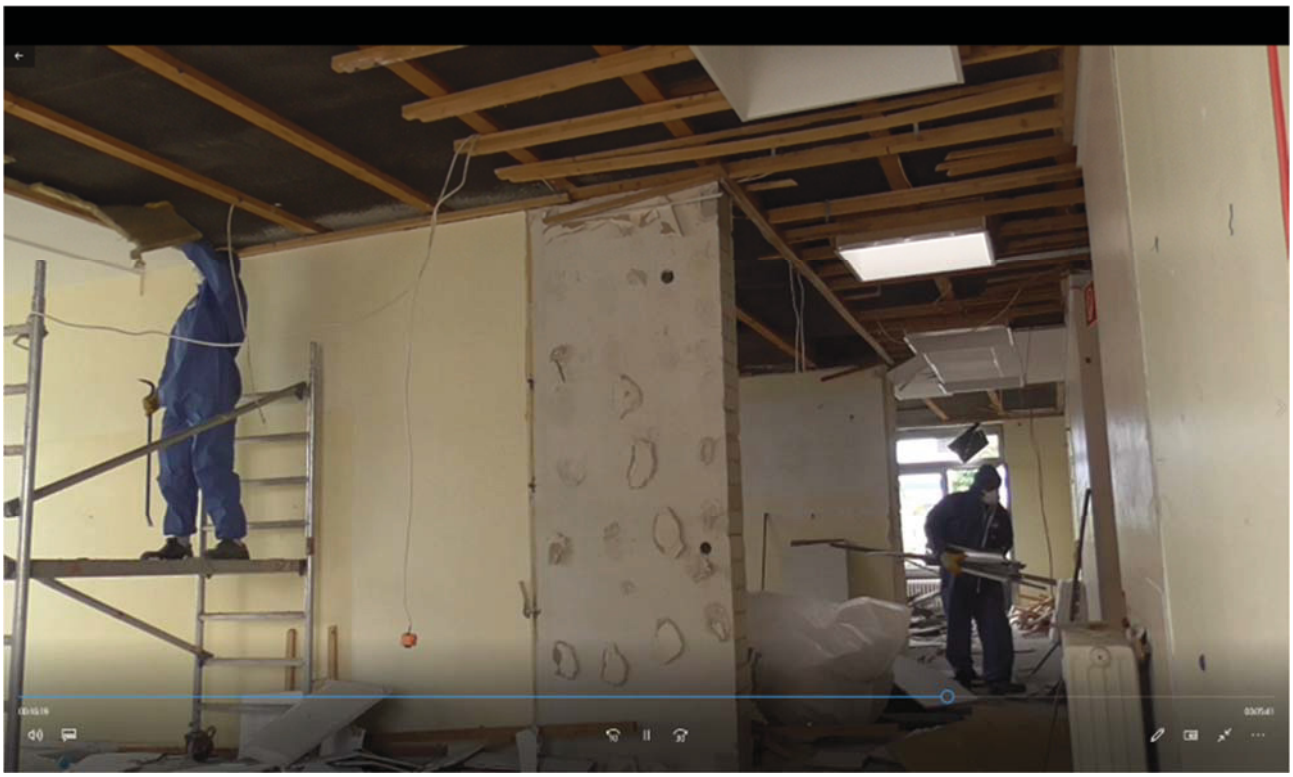


Abbildung 91: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (16:17- 16:22)

Abbildung 92: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:22 – 16:36)

Abbildung 93: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (16:36 – 16:43)

Abbildung 94: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:43 – 16:47)

Abbildung 95: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (16:47 – 16:53)

Abbildung 96: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (16:53 – 17:06)

Abbildung 97: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (17:06 – 17:15)

Tabelle 12: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 5-2, Raum 1

Entkernungs-prozess:	5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: nur zerstörender Abbruch möglich)
Ausgeführte Menge:	ca. 1,5 m² Bekleidung unter Decken ohne Abbrechen der Unterkonstruktion und ohne Verbringung.
Ausführungsbeginn:	16:17
Ausführungsende:	17:15
Ausführungsdauer:	58 Sekunden
Anzahl der Verfahrenswechsel:	7
Durchschnittliche Anwendungsdauer eines Verfahrens:	ca. 9 Sekunden

8.5.2 Beräumungsprozess 5-2, Raum 2

Der Arbeitsablauf zur Entkernung der „Bekleidung unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion“ ist in der folgenden Bilderserie gezeigt.

Die aufführende Arbeitskraft ist dieselbe wie zuvor in Raum 1 und führt lediglich das Abbrechen respektive das Lösen aus dem Verbund aus. Die Prozesse der Verbringung (Laden, Transportieren, Abladen) finden zu einem späteren Zeitpunkt statt.

Die Zeitangabe in den Screenshots erfolgt in Minuten und Sekunden ohne Bezug zur Uhrzeit.

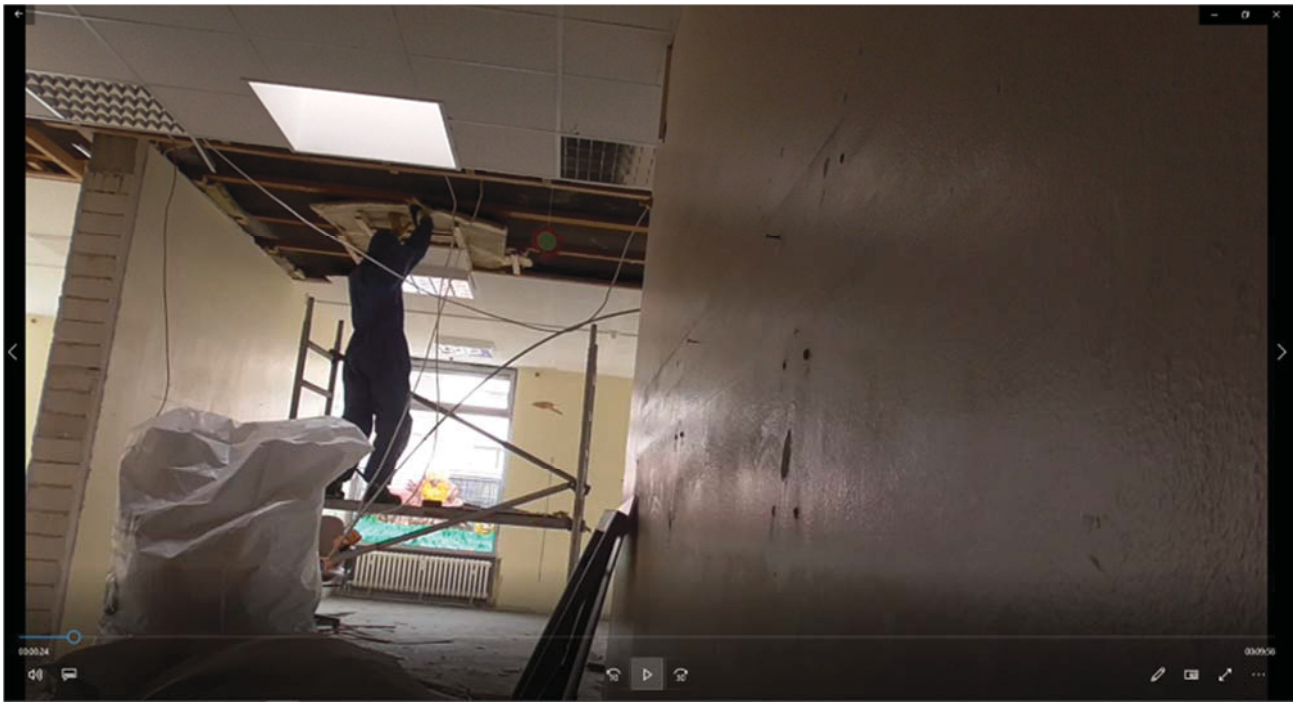


Abbildung 98: Demontieren der Dämmwolle mit der Hand (0:24 – 0:32)

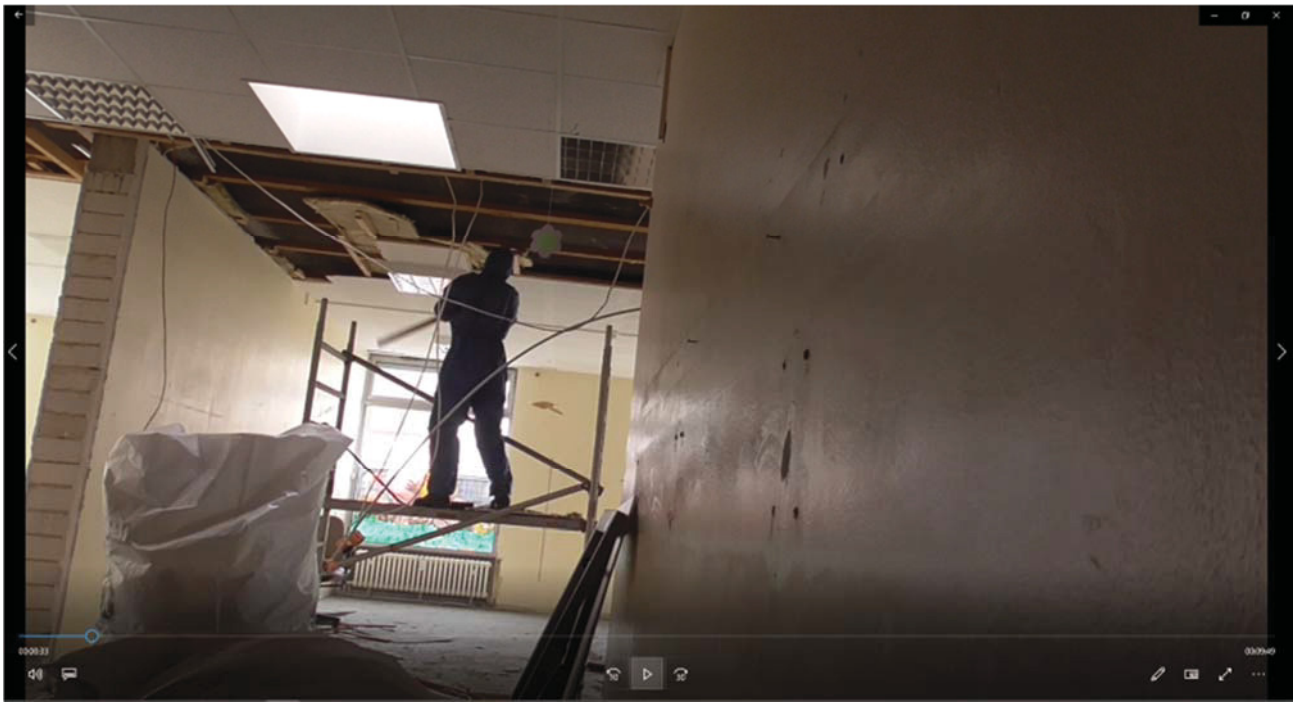


Abbildung 99: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (0:33 – 0:35)

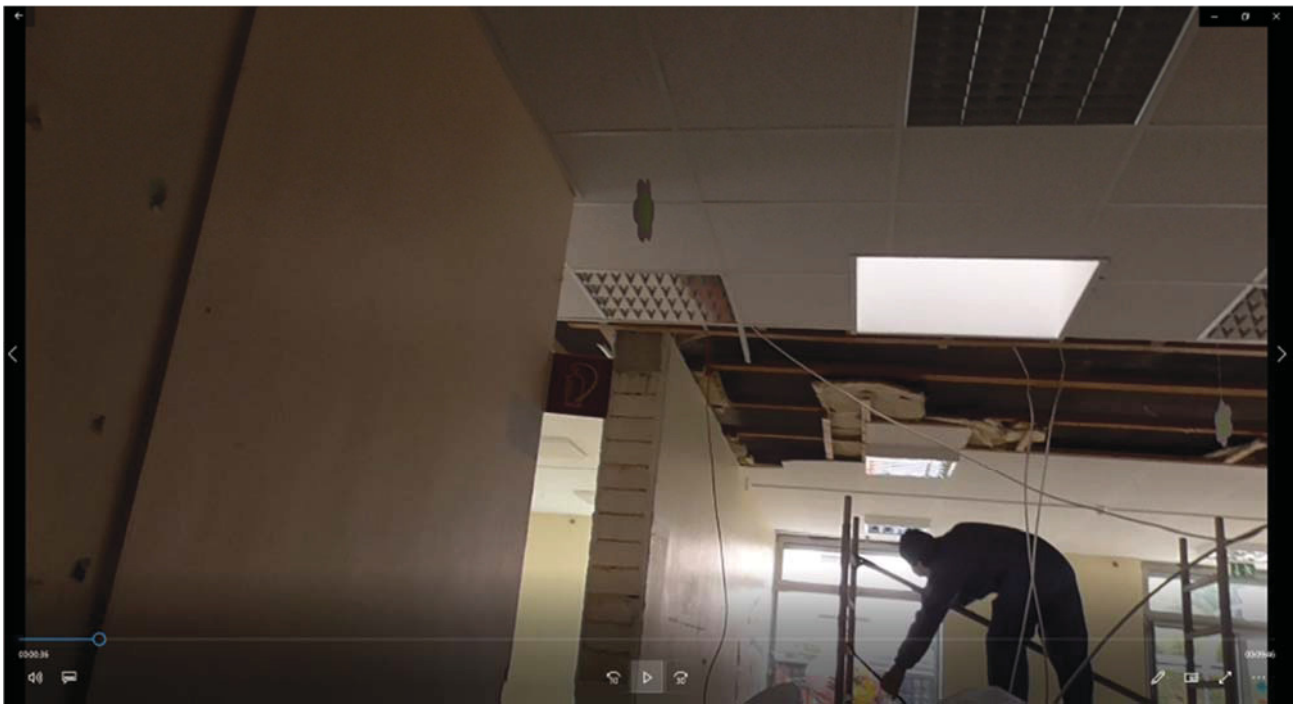


Abbildung 100: Holen des Nageleisens (0:36 – 0:38)

Abbildung 101: Demontieren der Dämmung mit der Hand (Nageleisen in der anderen Hand wird nicht eingesetzt) (0:39)

Abbildung 102: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Nageleisen (0:40 – 0:45)

Abbildung 103: Laden/Aufnehmen von heruntergefallenen Dämmstoffteilen (0:46 – 0:49)

Abbildung 104: Abschlagen der Deckenplatte mit Nageleisen (0:50 – 0:51)

Abbildung 105: Demontieren der Dämmung mit der Hand (0:52 – 0:54)

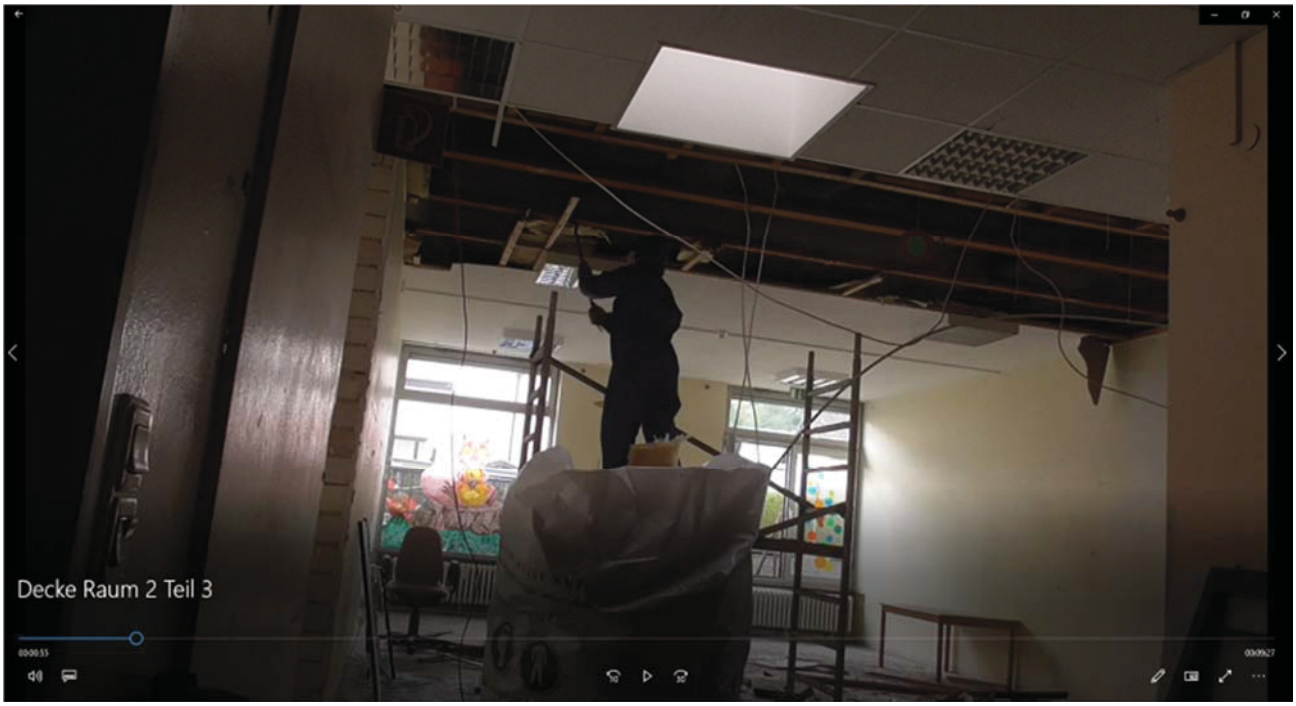


Abbildung 106: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (0:55 – 0:58)

Abbildung 107: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (0:59 – 1:01)

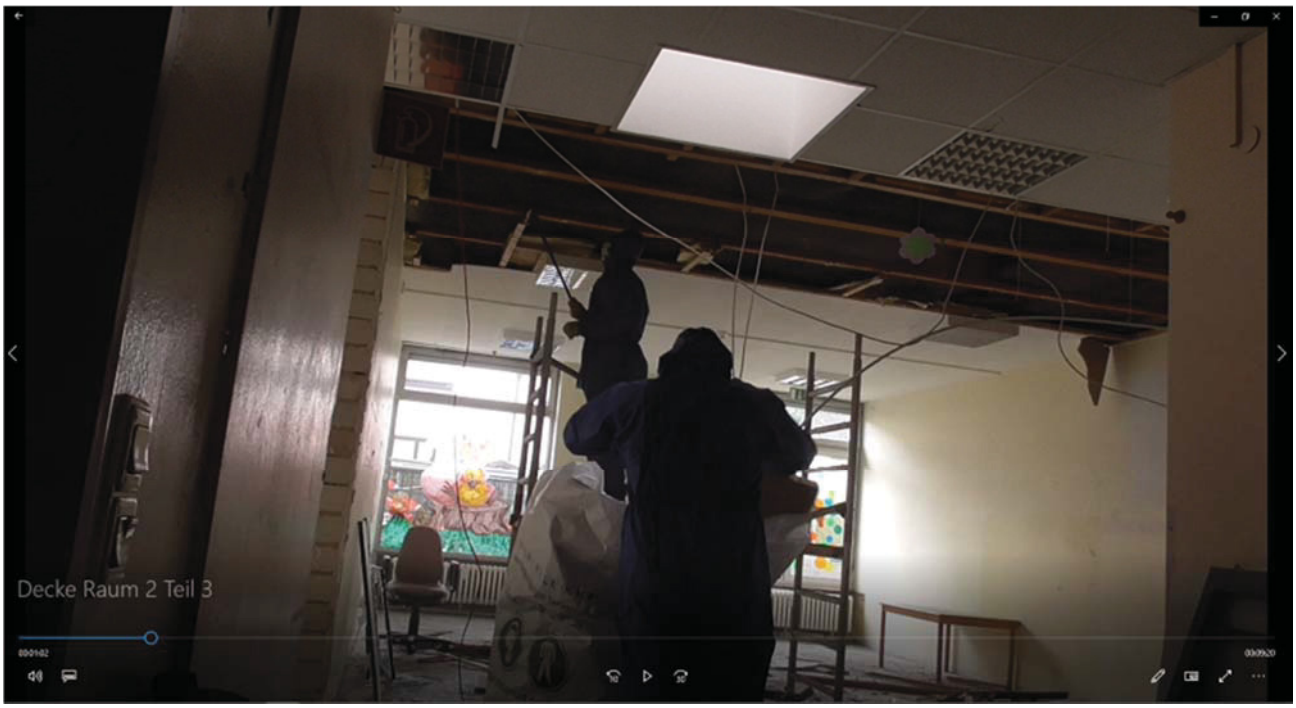


Abbildung 108: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit Brecheisen (1:02)

Der Arbeitsablauf schreitet in der Folge vergleichbar fort und wird deshalb an dieser Stelle nicht weiter dargestellt.

Tabelle 13: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 5-2, Raum 2

Entkernungs-prozess:	5-2 Entkernung Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: nur zerstörender Abbruch möglich)
Ausgeführte Menge:	ca. 1,0 m² Bekleidung unter Decken mit teilweisem Entfernen der Unterkonstruktion und Verbringung.
Ausführungsbeginn:	0:24
Ausführungsende:	1:02
Ausführungsdauer:	38 Sekunden
Anzahl der Verfahrenswechsel:	11
Durchschnittliche Anwendungsdauer eines Verfahrens:	ca. 4 Sekunden

8.5.3 Beräumungsprozess 2-1, Raum 3

Der Arbeitsablauf zur Entkernung der „Nichttragenden Innenwände“ ist in der folgenden Bilderserie gezeigt.

Durch die aufführende Arbeitskraft wird sowohl das Abbrechen respektive das Lösen aus dem Verbund als auch die Prozesse der Verbringung (Laden, Transportieren, Abladen einschließlich Sortieren) ausgeführt.

Die Zeitangabe in den Screenshots erfolgt in Minuten und Sekunden ohne Bezug zur Uhrzeit.

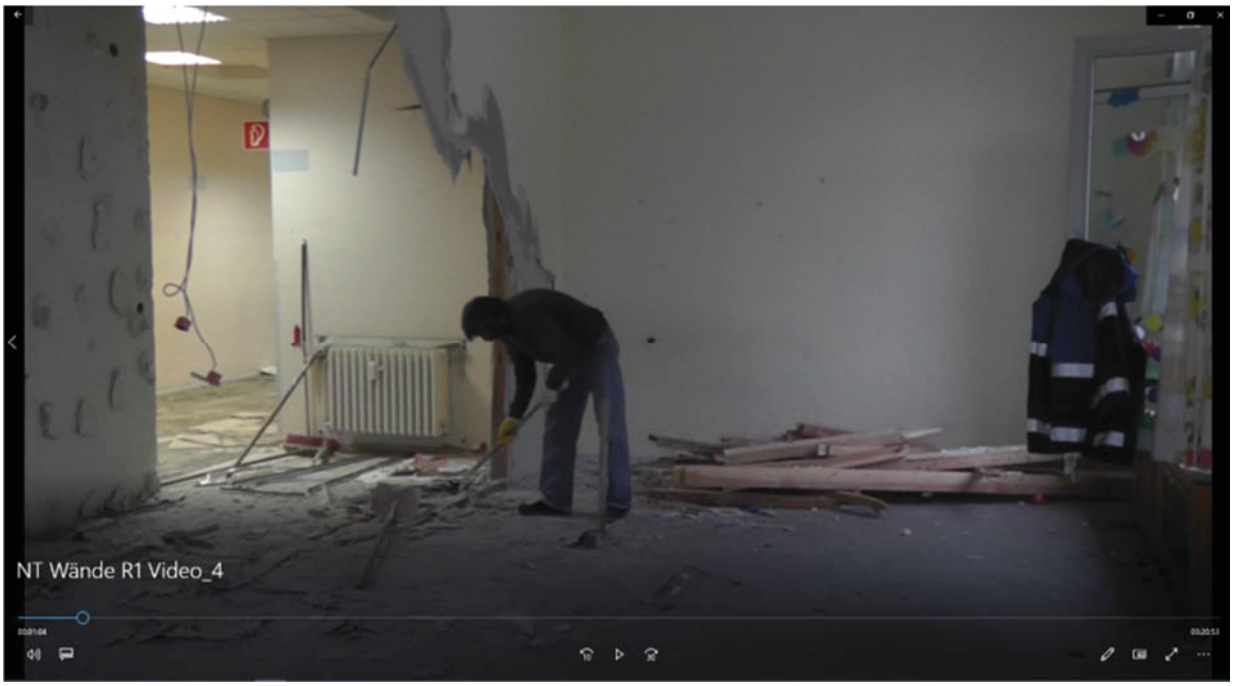


Abbildung 109: Biegebrechen der Holz-Unterkonstruktion mit Brecheisen (1:04 – 1:29)

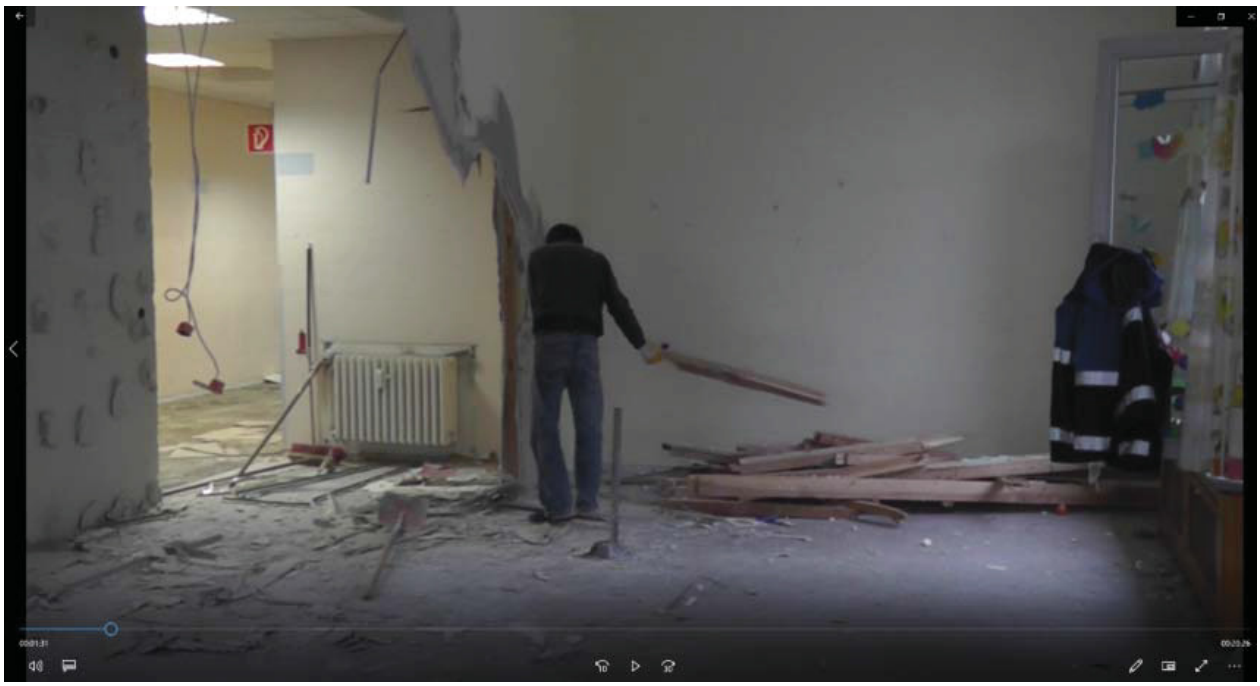


Abbildung 110: Verbringung inkl. Sortieren der Abfallstoffe durch Werfen auf verschiedene Materialhaufen (Holz) (01:30- 1:35)

Abbildung 111: Verbringung inkl. Sortieren der Abfallstoffe durch Werfen auf verschiedene Materialhaufen (Gipskarton) (01:36- 1:40)

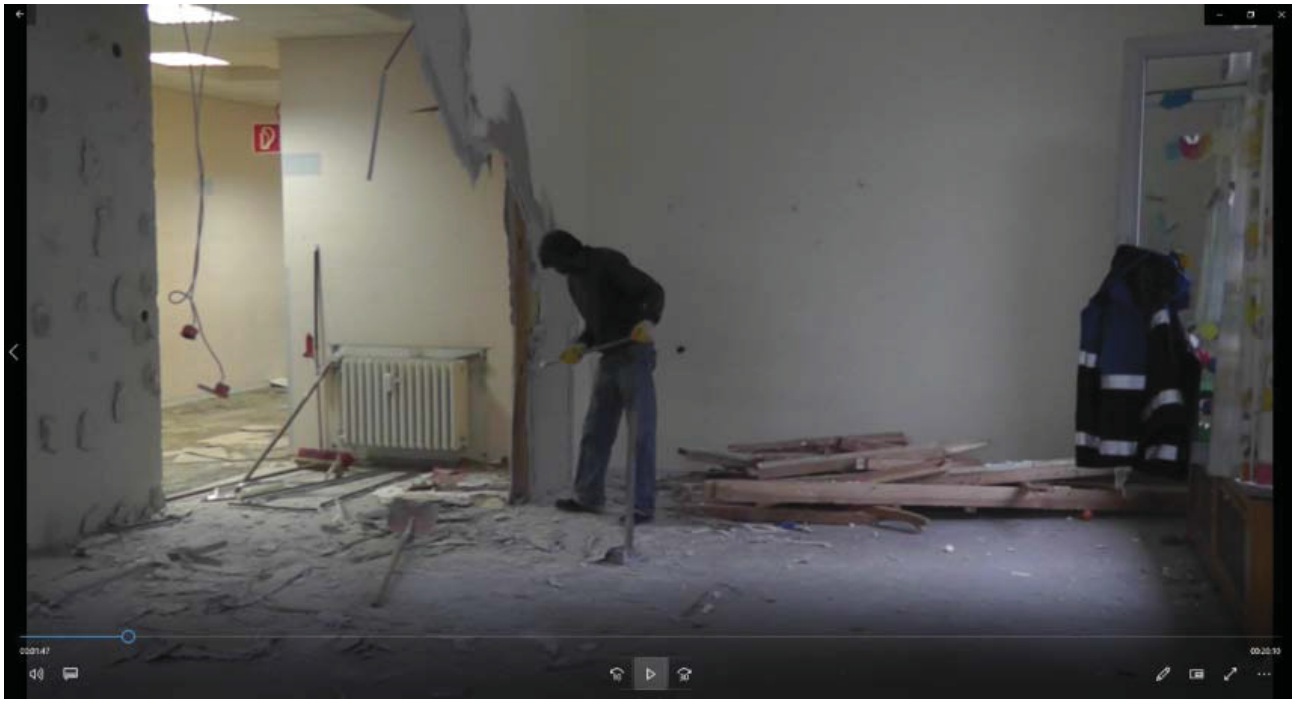


Abbildung 112: Biegebrechen und Abschlagen der Gipskartonplatte im Wechsel (21 x) mit Brecheisen (1:41 – 2:13)

Abbildung 113: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Schaufel (2:14 - 2:20)

Abbildung 114: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Hand einschließlich Verbringung durch Werfen (2:21 – 2:37)

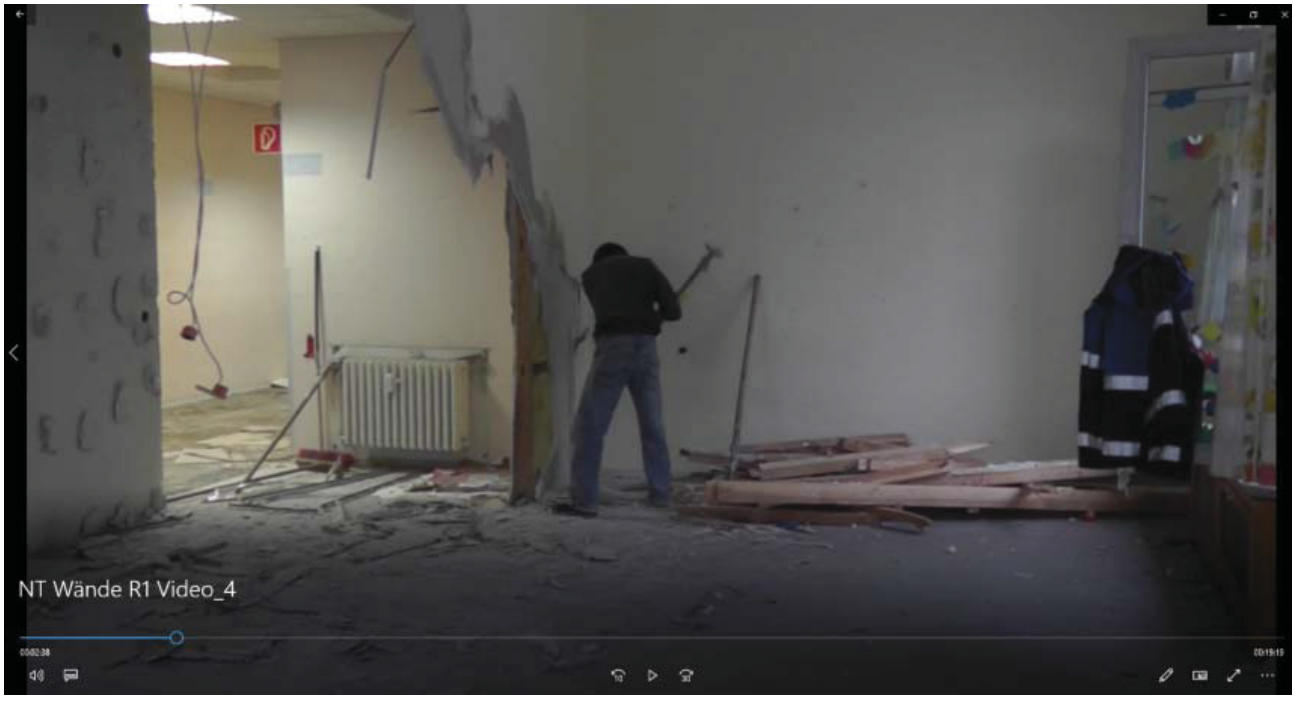


Abbildung 115: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (2:38 – 2:52)

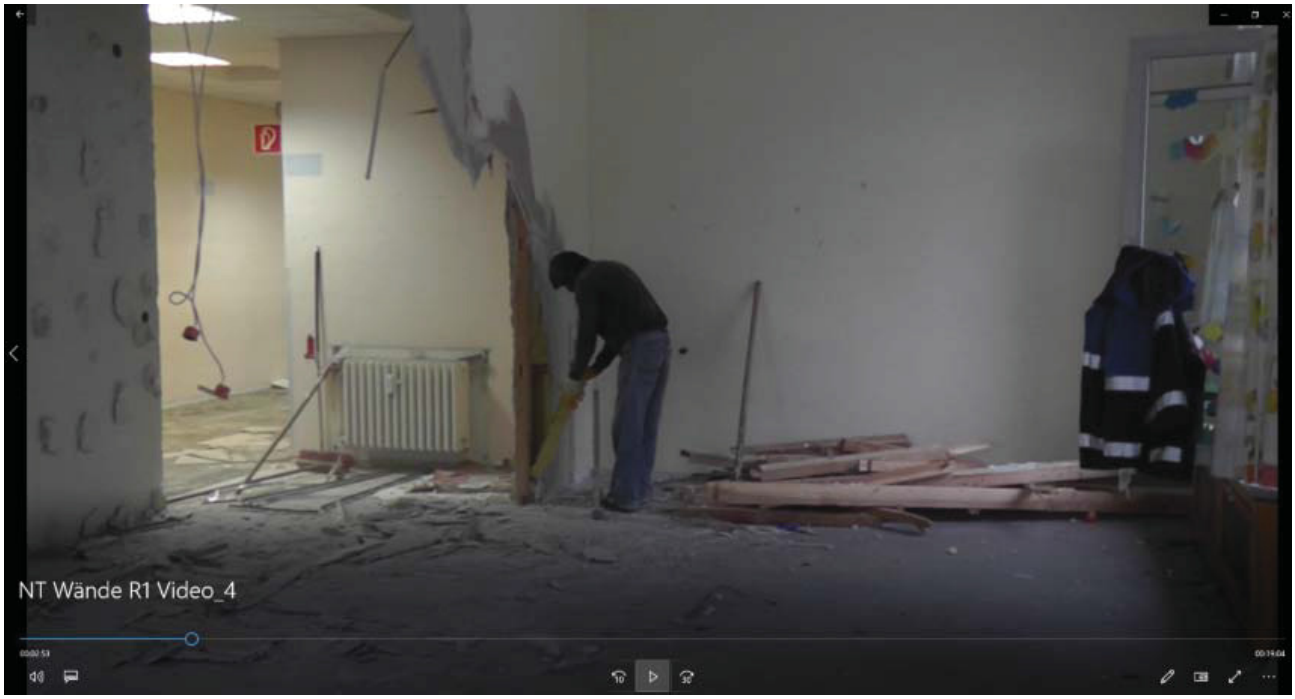


Abbildung 116: Demontieren der Dämmwolle im Wechsel mit der sortenreinen Verbringung (2:53 – 3:24)

Abbildung 117: Sortenreine Verbringung im Wechsel mit dem Demontieren (2:53 – 3:23)

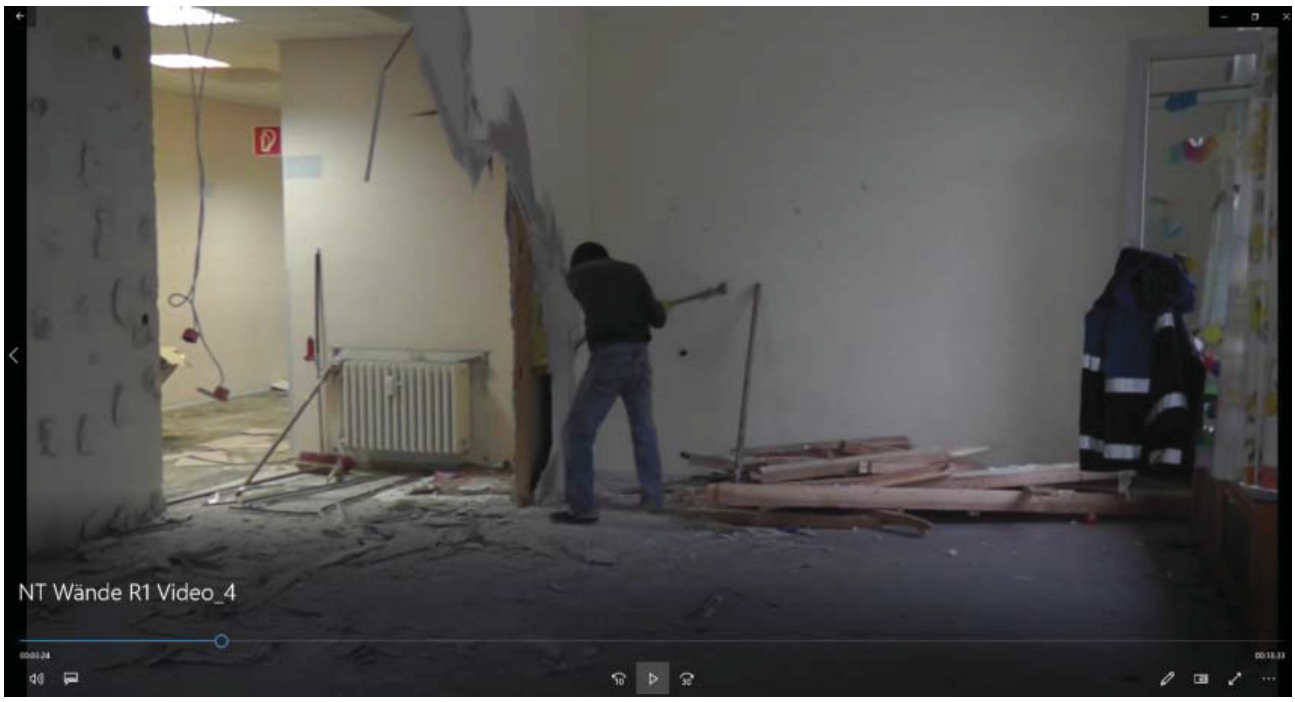


Abbildung 118: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (3:24 – 3:34)

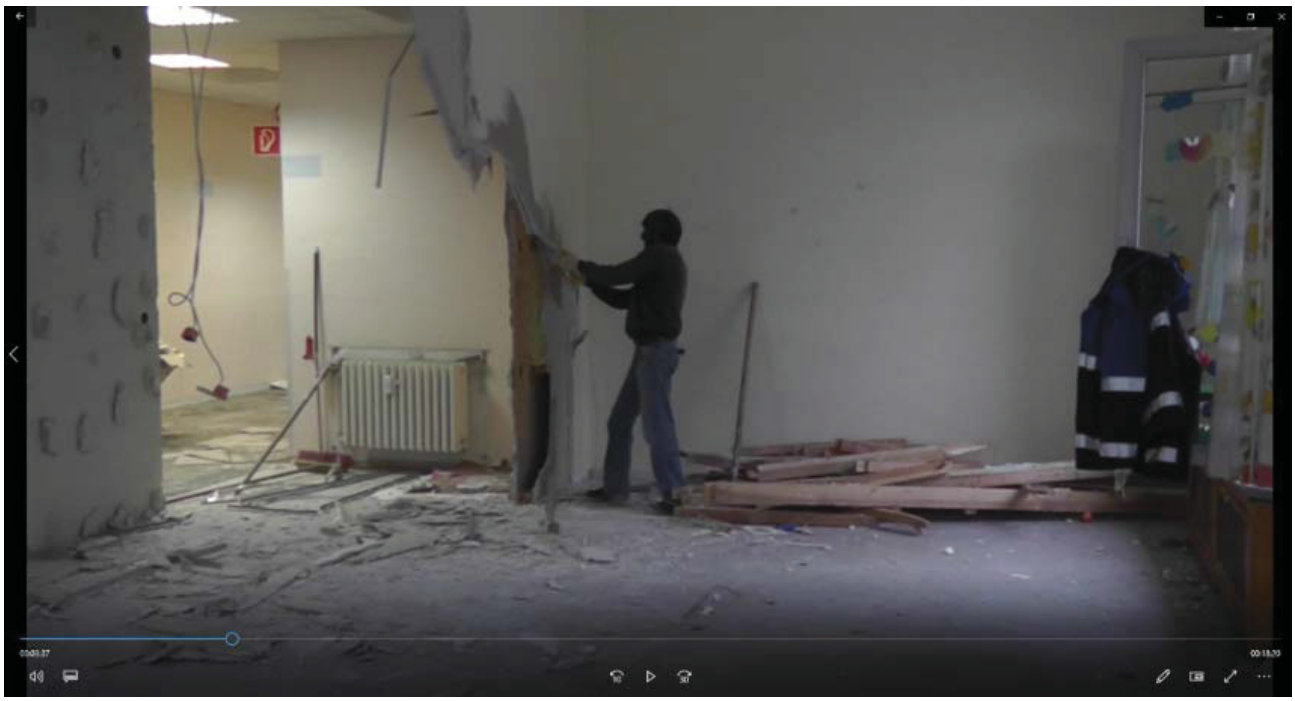


Abbildung 119: Biegebrechen der Gipskartonplatte (3:35 – 3:45)

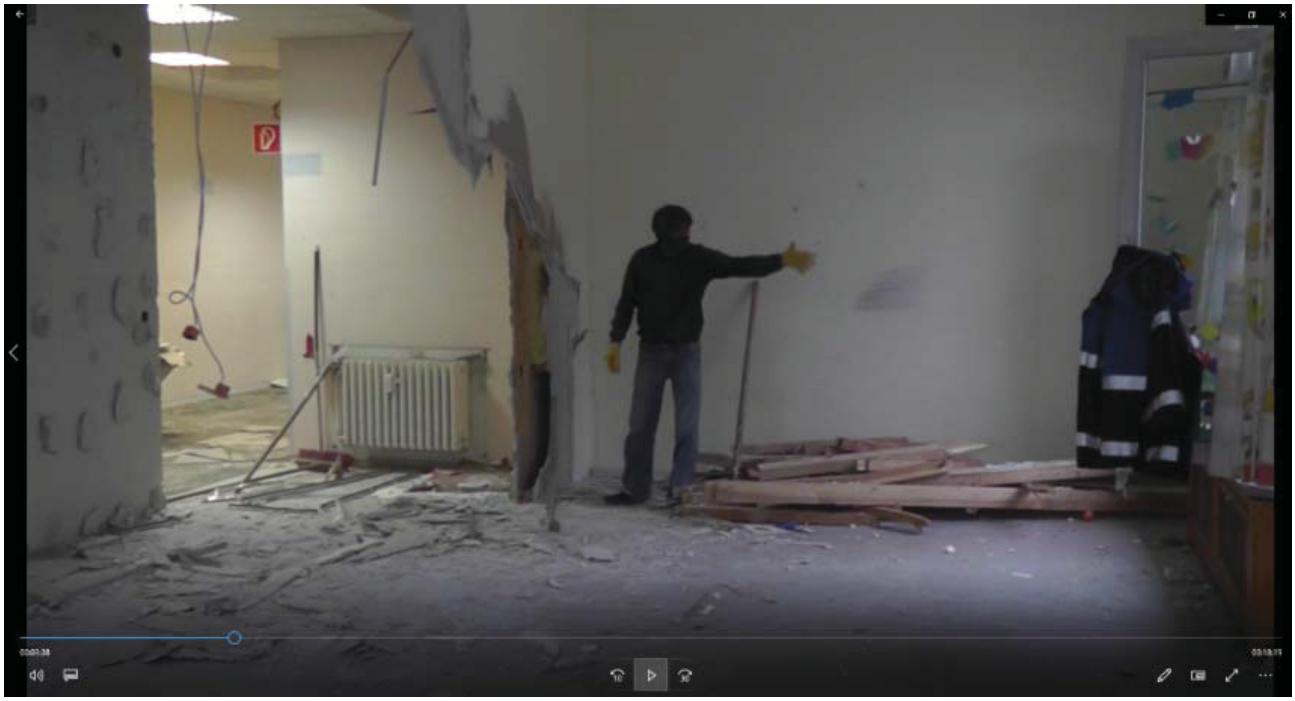


Abbildung 120: Verbringung der Gipskartonplatte durch Werfen (3:46 – 3:50)

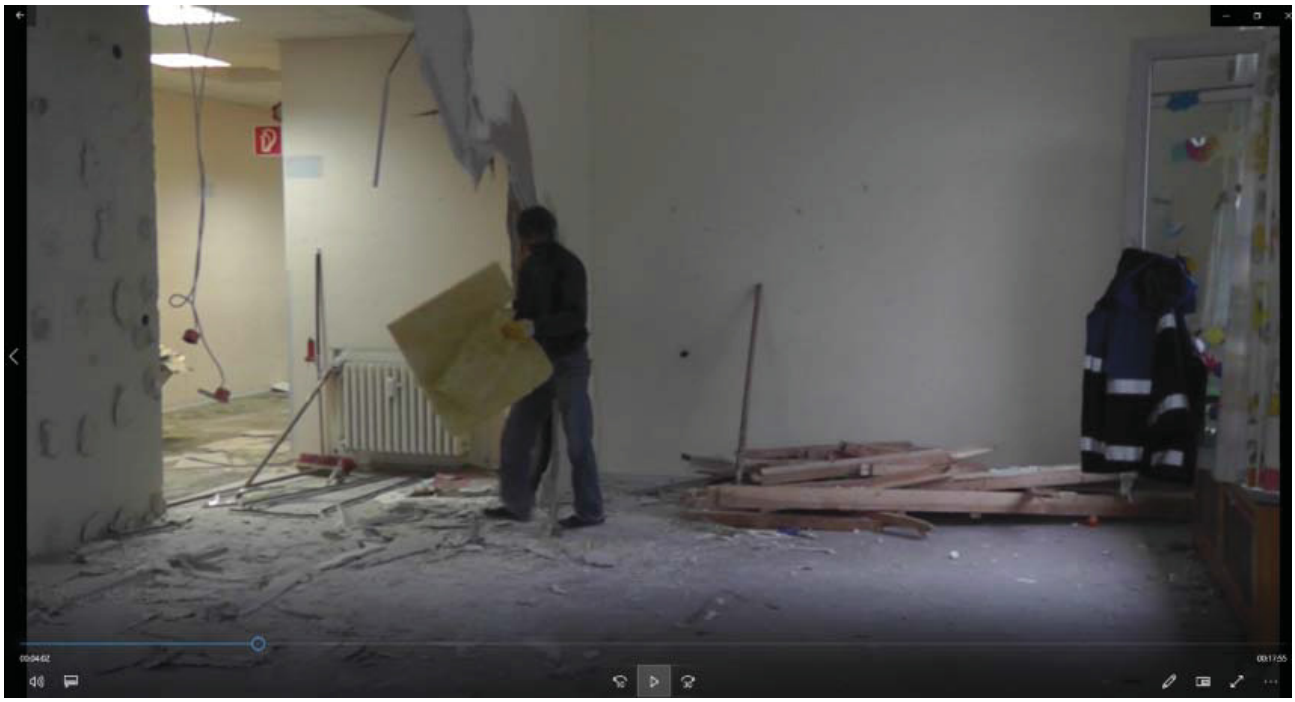


Abbildung 121: Demontieren der Dämmwolle und sortenreine Verbringung (3:51 – 4:19)

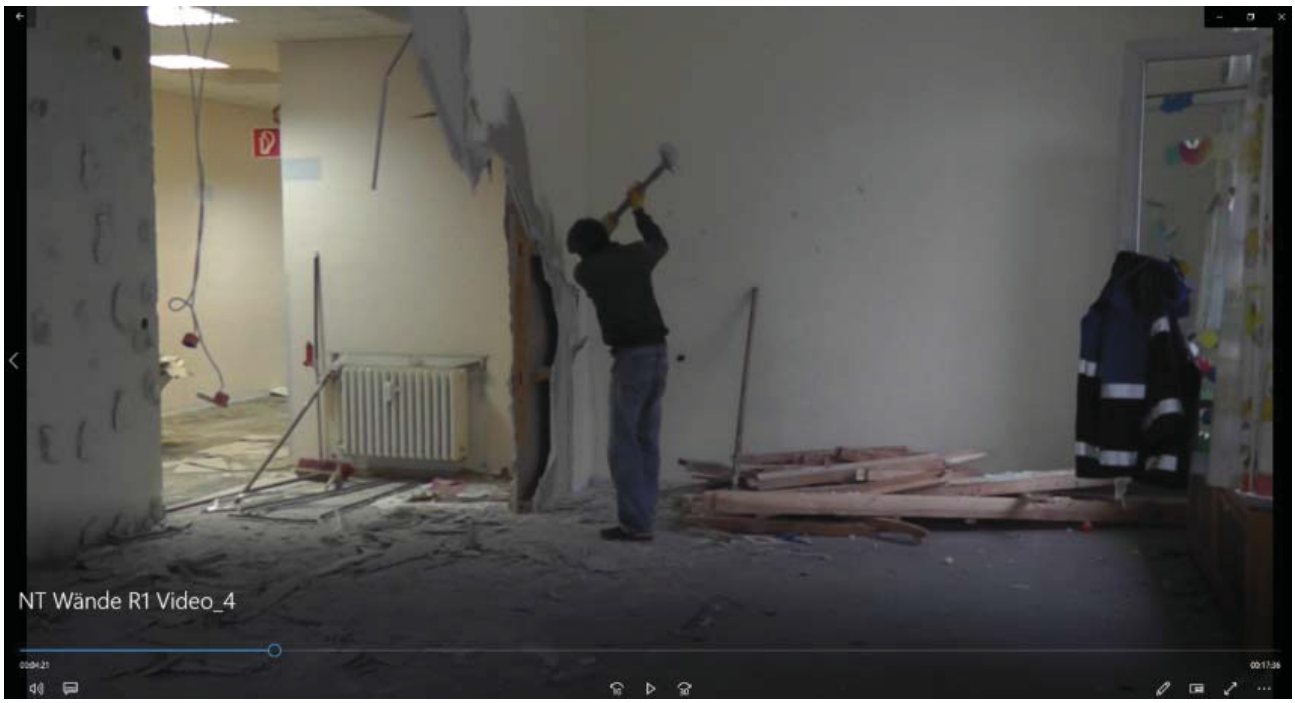


Abbildung 122: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (4:20 – 4:28)

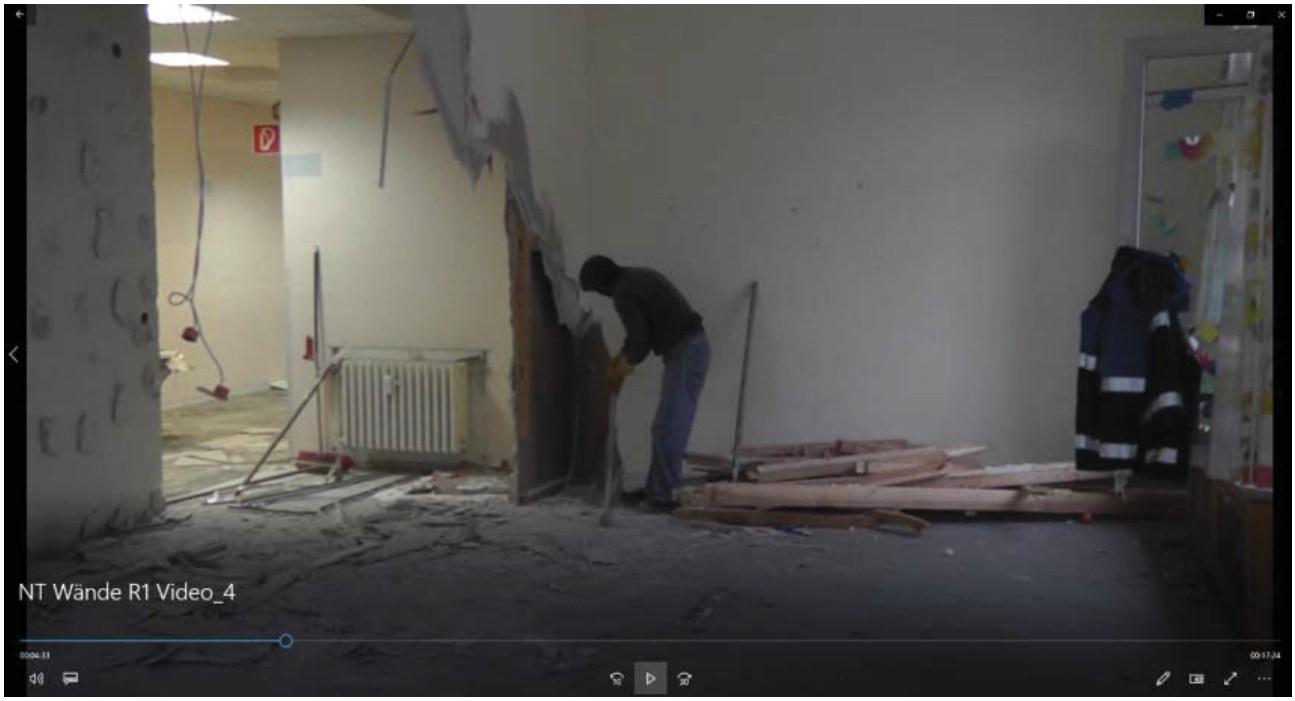


Abbildung 123: Biegebrechen der Gipskartonplatte mit der Hand (4:29 – 4:36)

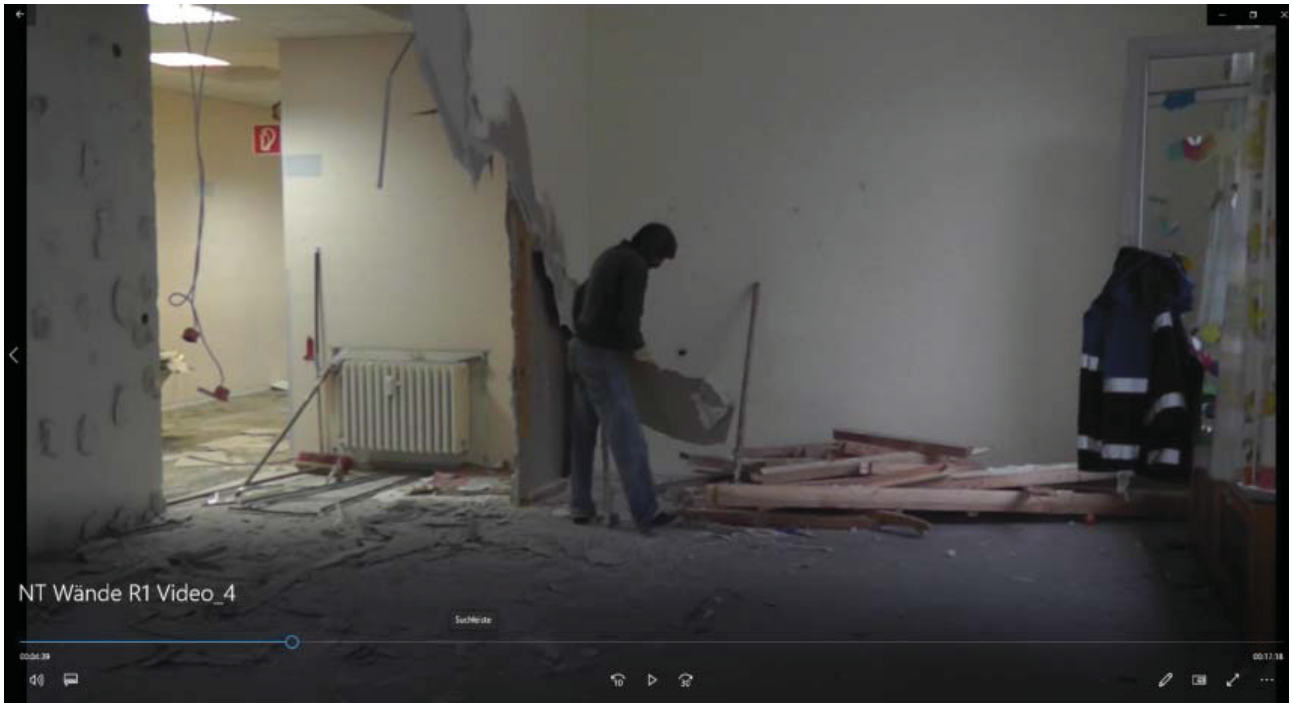


Abbildung 124: Sortenreine Verbringung durch Tragen (4:37 - 4:45)

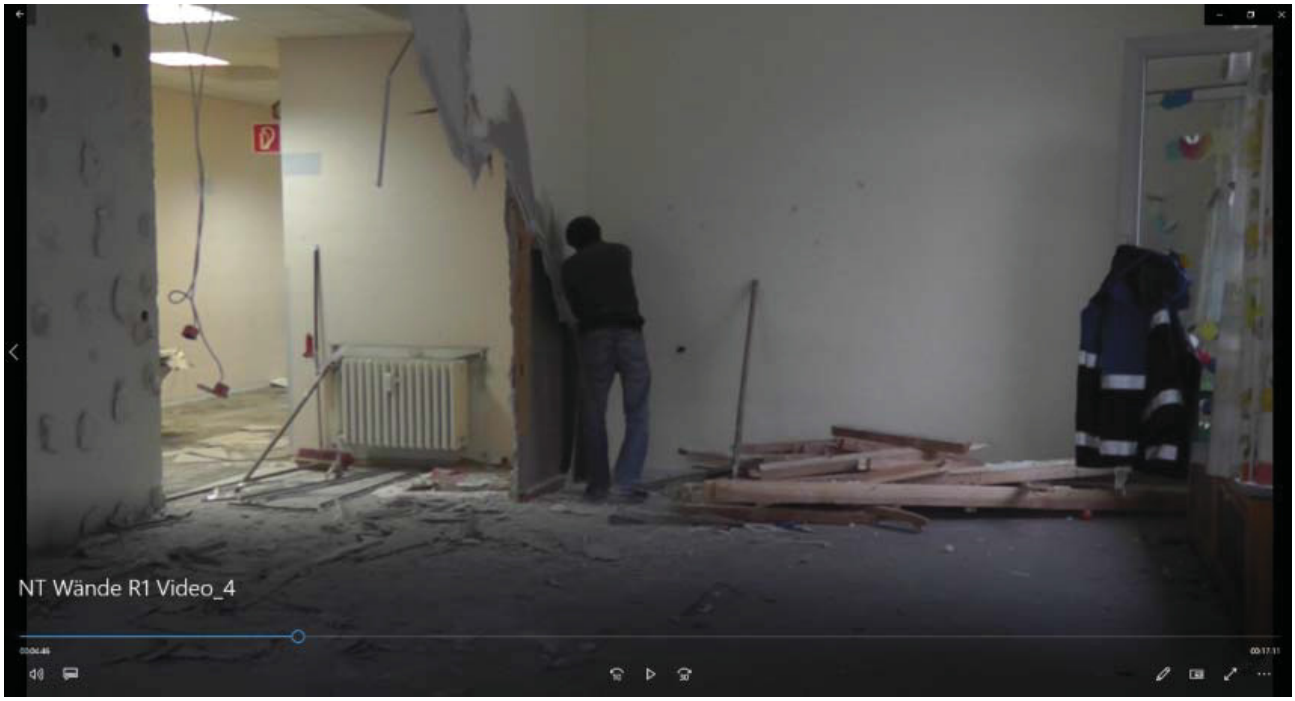


Abbildung 125: Biegebrechen der Unterkonstruktion mit der Hand (4:46 – 4:56)

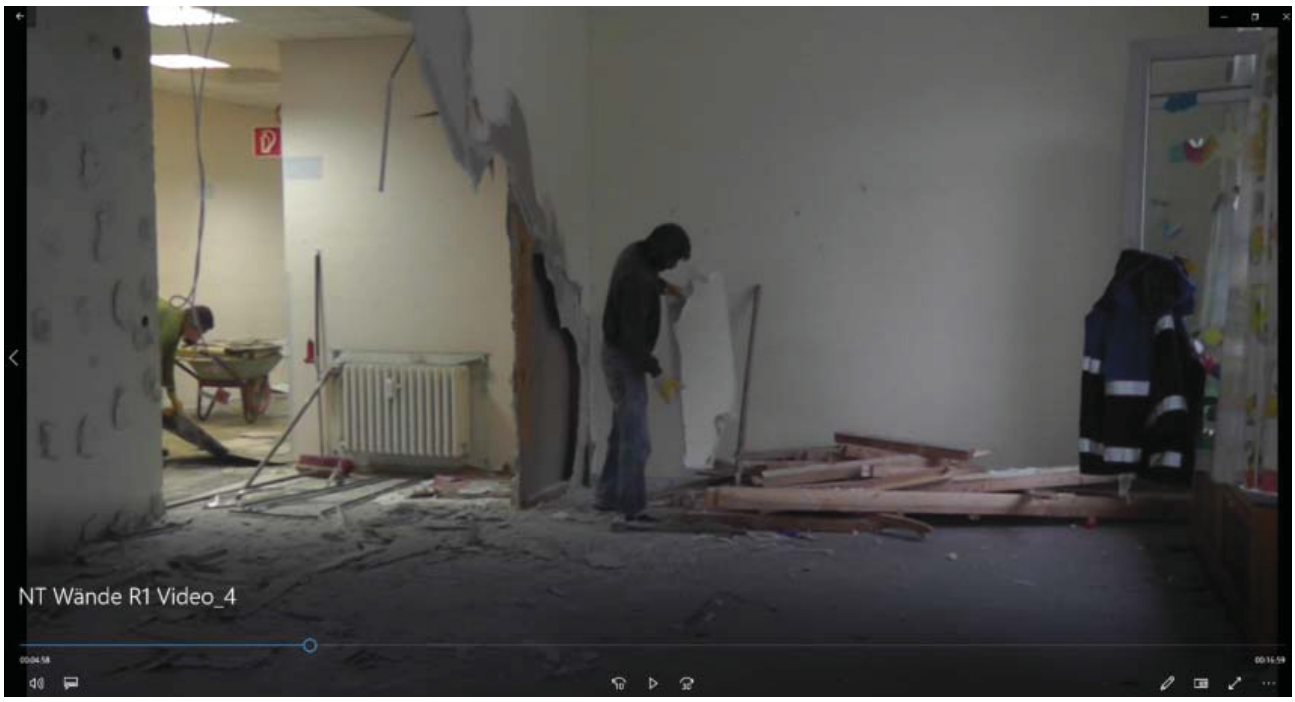


Abbildung 126: Sortenreine Verbringung durch Tragen (4:57 – 5:04)

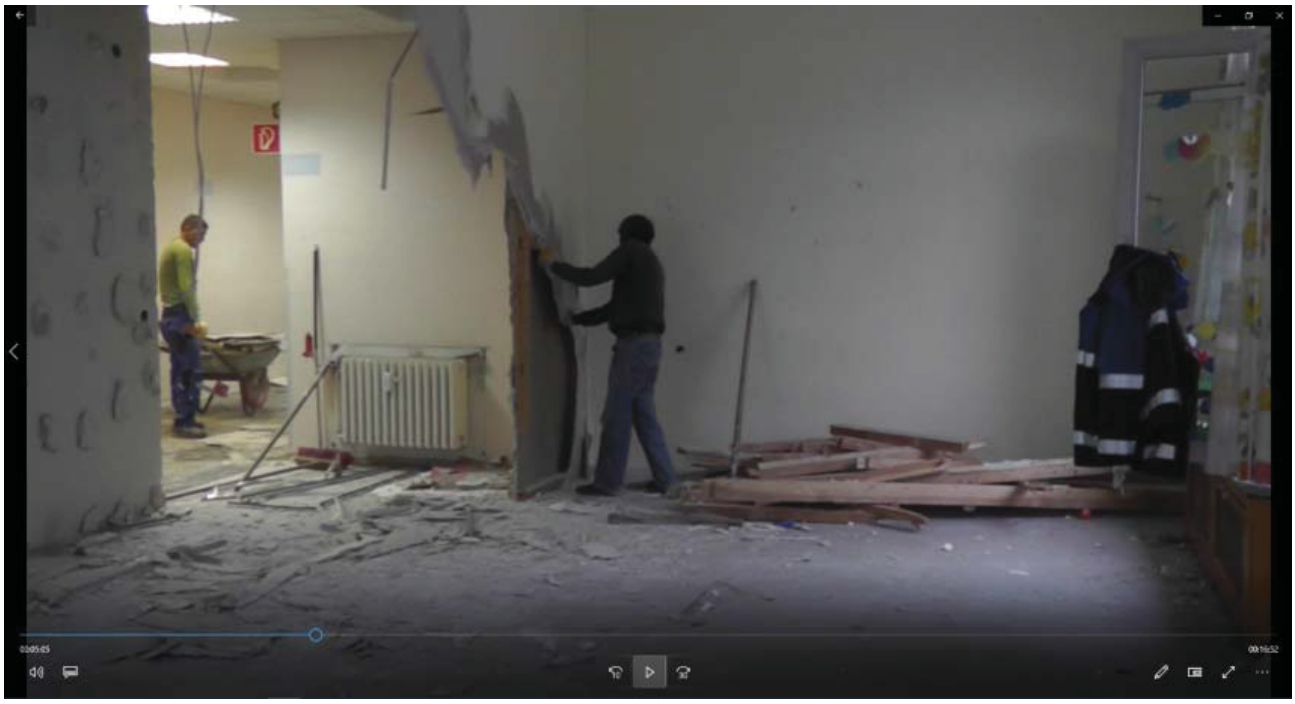


Abbildung 127: Biegebrechen mit der Hand (5:05 – 5:09)

Abbildung 128: Sortenreine Verbringung durch Werfen (5:10 – 5:19)

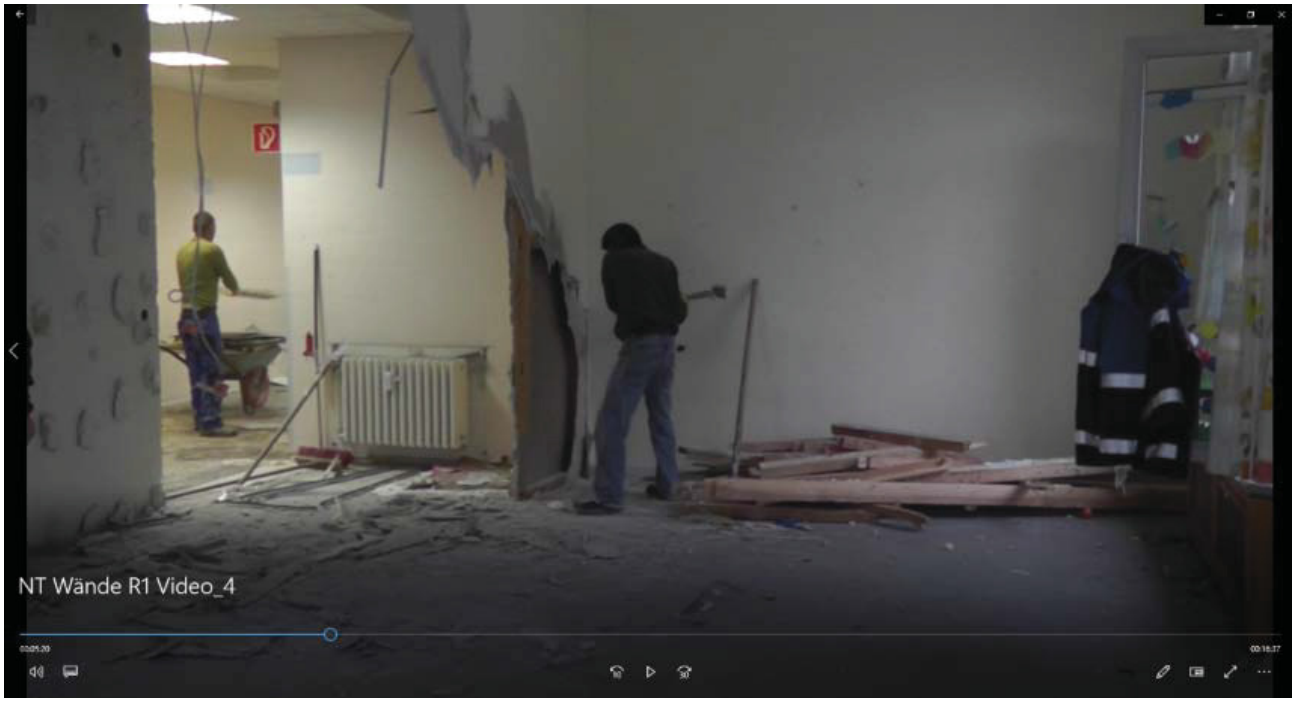


Abbildung 129: Abschlagen der Holz-Unterkonstruktion mit Vorschlaghammer (5:20 – 5:32)

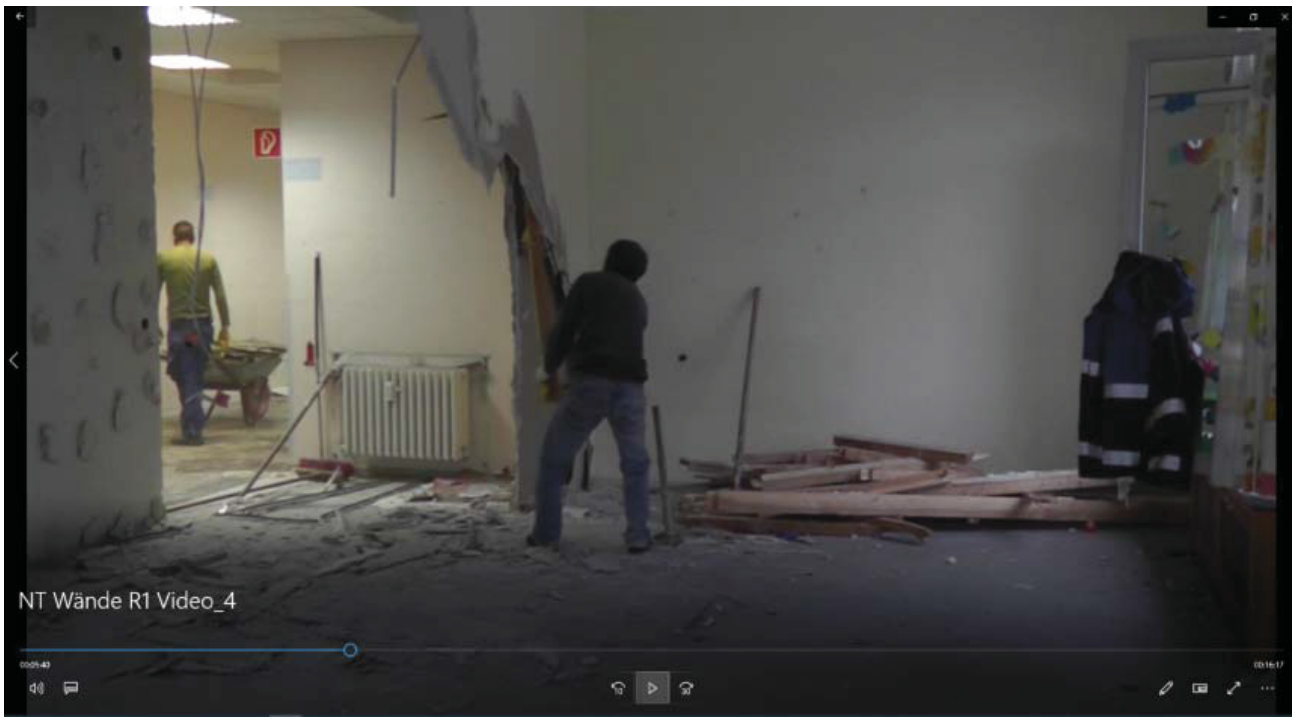


Abbildung 130: Biegebrechen der Holz-Unterkonstruktion mit der Hand (5:33 – 5:47)

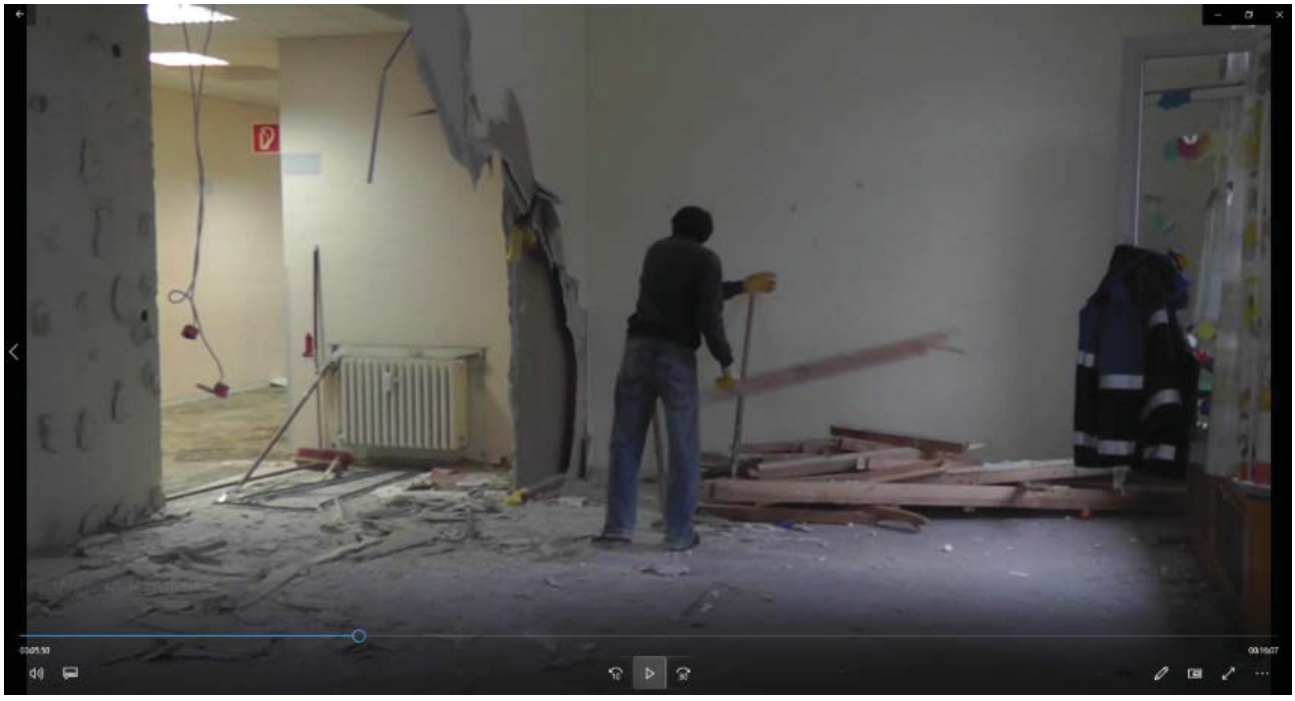


Abbildung 131: Sortenreine Verbringung der Holz-Unterkonstruktion (5:48- 5:50)

Tabelle 14: Wechsel der Beräumungsverfahren, Beräumungsprozess 2-1, Raum 3

Entkernungs-prozess:	2-1 Nichttragende Innenwände
Ausgeführte Menge:	ca. 1,5 m² Trennwand einseitig abgebrochen, Dämmung demontiert und Abfallstoffe sortenrein getrennt (Dauer der weiteren Verbringung zum Abfallcontainer nicht enthalten).
Ausführungsbeginn:	1:04
Ausführungsende:	5:50
Ausführungsdauer:	4 Min 46 Sekunden = 286 Sekunden
Anzahl der Verfahrenswechsel:	43
Durchschnittliche Anwendungsdauer eines Verfahrens:	ca. 6-7 Sekunden

8.5.4 Erkenntnisse zu den Wechseln der Beräumungsverfahren

Bereits an dieser kleinen Anzahl an Untersuchungen wird deutlich, dass die Beräumung von einem ständigen Wechsel der auszuführenden Arbeitsverfahren geprägt ist. Zur Prozessverbesserung sollte im Rahmen weiterer Studien untersucht werden, wie die häufigen Wechsel der Arbeitsverfahren reduziert und dadurch eine Verbesserung des Beräumungsprozesses herbeigeführt werden kann. Beispielsweise könnte der Einsatz mehrerer Arbeitskräfte mit jeweiliger Fokussierung auf ein Beräumungsverfahren zu einer Verstetigung des gesamten Arbeitsprozesses führen, was sich wiederum positiv auf die Arbeitsleistung auswirken kann.

9 Entstehung und Status quo der Bewertungsmatrix Abbruch

In diesem Kapitel wird zunächst die Entstehungshistorie der Bewertungsmatrix mit ihren letzten Veränderungen von Motzko et al.[439] vorgestellt. Im Anschluss wird auf die erforderlichen Anpassungen zur Berücksichtigung der Beräumungsprozesse eingegangen.

9.1 Entstehung der Bewertungsmatrix

Die erste Version der Bewertungsmatrix (im Folgenden Stufe I genannt) entstand im Rahmen der Dissertation von Toppel[440] und wurde in der Folge durch weitere Dissertationen am Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt weiterentwickelt.

Dabei wurden verschiedene Abbruchverfahren unter technischen und ökonomischen Gesichtspunkten gegenübergestellt und objektiv verglichen. Im Rahmen einer Nutzwertanalyse wurde ein technischer Verfahrensvergleich durchgeführt und die Kosten sowie die Ausführungsdauern bestimmt. Hierzu wurden in einer Excel-Datei Aufwands- und Kostenkennzahlen bezogen auf die Kubatur des abzubrechenden Gebäudes verwendet, um eine automatisierte Berechnung der Kosten- und Dauer zu erhalten.

Löhr[441] entwickelte im Rahmen seiner Dissertation die Bewertungsmatrix mit den Stufen II und III weiter. Es wurden weitere Abbruchverfahren berücksichtigt und die Zeit- und Kostenkennzahlen nach Bauteildicke und –höhe spezifiziert. Weitere Kosten- und Zeitkennzahlen auf Prozessebene wurden durch Experteninterviews aufgedeckt und in Stufe III integriert. Darüber hinaus wurden Zuschlagssätze eingeführt, um Einflussfaktoren mit direkter Auswirkung auf die Kosten und die Ausführungsdauern zu berücksichtigen.

Motzko et al. [442] entwickelte die Bewertungsmatrix in Stufe IV weiter, so dass sie nicht nur auf Industriebauten anwendbar ist und zudem ökologische Aspekte zur Bestimmung von Umweltauswirkungen der einzelnen Abbruchverfahren berücksichtigt. Das Treibhauspotential (GWP 100) wurde als maßgebende Wirkungskategorie identifiziert, um die Ökologie der Abbruchverfahren bewerten zu können und die Bewertungsmatrix um ein ökologisches Bewertungsmodul zu ergänzen. Der Ablauf der Bewertungsmatrix Stufe IV ist in Abbildung 132 dargestellt.

---

[439] Vgl. Motzko et al. (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand.

[440] Vgl. Toppel (2003): Technische und ökonomische Bewertungen verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau.

[441] Vgl. Löhr (2013): Planung bei Abbrucharbeiten.

[442] Vgl. Motzko et al. (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand. S. 2.

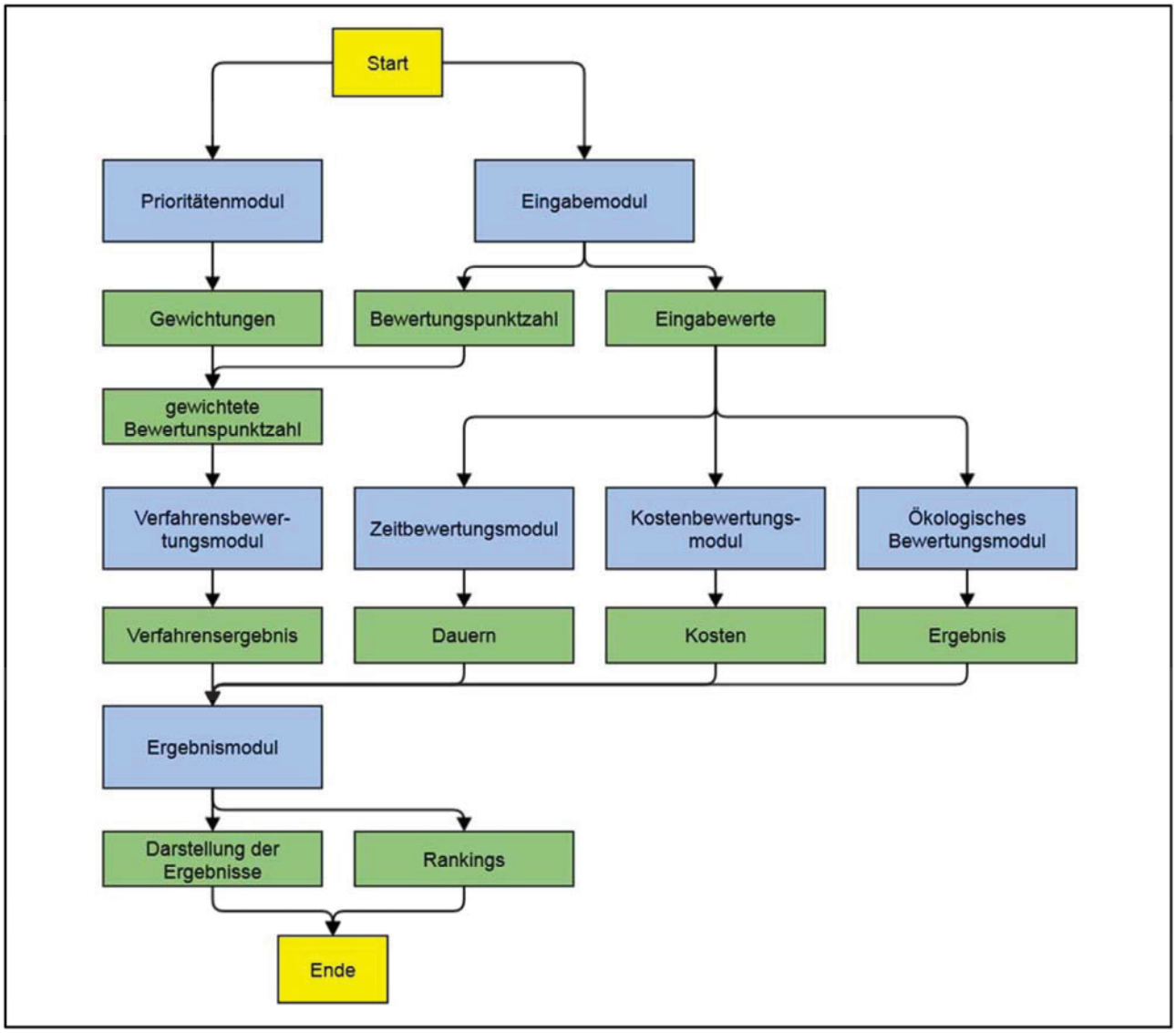


Abbildung 132: Programmablaufplan der Bewertungsmatrix[443]

9.2 Berücksichtigung der Beräumung in der Bewertungsmatrix Stufe IV

Die Bewertungsmatrix Stufe IV enthielt in ersten Ansätzen die dem Abbruch der Tragkonstruktion vorgelagerten Prozesse der Beräumung. An dieser Stelle soll dargestellt werden, wieso diese Vorgehensweise der Bewertung für die Beräumungsprozesse unzureichend war, weshalb letztendlich eine neu strukturierte, eigenständige Bewertungsmatrix Beräumung entwickelt wurde.

[443] Motzko et al. (2016): Handbuch zur Bewertungsmatrix. S. 2.

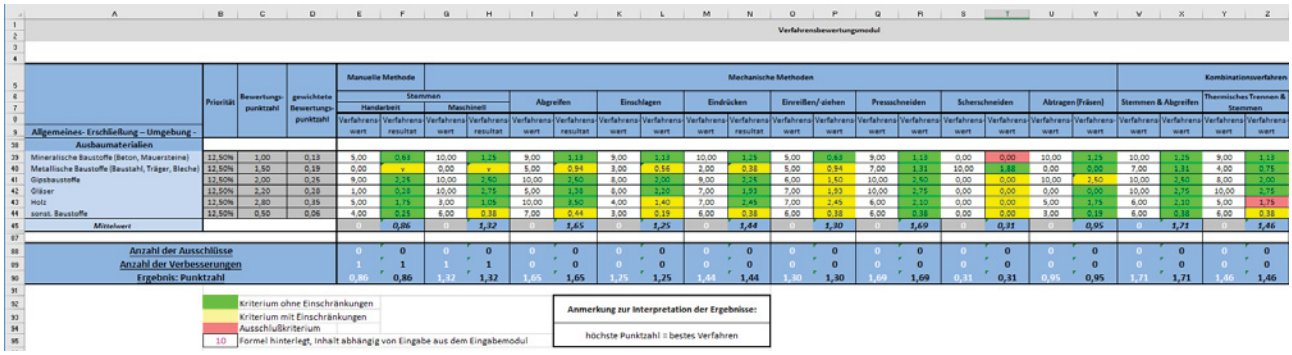
Beispielhaft wurde in Abbildung 133 im Eingabemodul der Bewertungsmatrix Stufe IV unter dem Kriterium „Ausbaumaterialien (nichttragende Bauteile)“ als „Gesamtvolumen der festen Masse des Ausbaus“ 2.222,00 m³ f. M. (Kubikmeter feste Masse) als Menge der abzubrechenden respektive zu entkernenden Bauteile eingetragen. Darüber hinaus wurden prozentuale Anteile an „mineralischen und metallischen Bauteilen“ sowie „Gips-, Glas- und Holzbauteile“ und „sonstiger Bauteile“ im Bereich von 5 bis 28 % frei gewählt. Es ist zu erkennen, dass die Schätzung der festen Masse und die geforderte Angabe der prozentualen Verteilung der Bauteile respektive Baustoffe eine große Unsicherheit in die weitere Bearbeitung bringen. Nur mit einer umfangreichen Bestandsaufnahme samt Mengenermittlung, was einen hohen Aufwand bedeutet, wäre diesem Umstand entgegenzuwirken.

	A	B	C	G	H	I	J	K	L
1									
2	**Eingabemodul**								
3									
4									
5					**Eingabe**		**Information**		
6	**Kriterium**	**Einheit**	**Beschreibung**	**Relevanz**	**ngabewe**	**Prüfung**	**Priorität**	**Bewertungs-punktzahl**	**gewichtete Bewertungs-punktzahl**
51	**Ausbaumaterialien (nichttragende Bauteile)**			☑					
52	Gesamtvolumen der festen Masse des Ausbaus	[m³ f.M.]		☑	2222	OK	12,5%		
53	Anteil der mineralischen Bauteile	[%]	Beton, Mauerwerk. Anteil in m³ feste Masse	☑	10	OK	12,5%	1,00	0,13
54	Anteil der metallischen Bauteile	[%]	Baustähle, Bleche, Träger. Anteil in m³ feste Masse	☑	15	OK	12,5%	1,50	0,19
55	Anteil der Gipsbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	☑	20	OK	12,5%	2,00	0,25
56	Anteil der Glasbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	☑	22	OK	12,5%	2,20	0,28
57	Anteil der Holzbauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse	☑	28	OK	12,5%	2,80	0,35
58	Verbleibende Anteile sind sonstige Bauteile	[%]	Anteil in m³ feste Masse. Keine Eingabe, da Restwert	☑	5	OK	12,5%	0,50	0,06

Abbildung 133: Eingabemodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

Mit den vorgenannten Eingangsparameter (2.222 m³ f. M. und die Anteile der Bauteile im Bereich von 5 bis 28 %) werden im Verfahrensbewertungsmodul die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[444] und Verfahrenskombinationen gegenübergestellt. Am besten schneidet das Kombinationsverfahren „Stemmen und Abgreifen“ mit einer Punktzahl von 1,71 ab, wobei das Verfahren „Thermisches Trennen“ mit einer Punktzahl von 0,44 am schlechtesten bewertet wird. Im Bereich der Beräumung handelt es sich regelmäßig um Bauteile, welche aus verschiedenen Baustoffen zusammengesetzt sind. Als Beispiel kann hier eine „Trennwand aus Gipskartonplatten auf Holzständerwerk“ genannt werden. Das Abbrechen der oben beschriebenen Trennwand kann in der Bewertungsmatrix Stufe IV nicht abgebildet werden, da diese für die jeweiligen Baustoffe die Vorteilhaftigkeit der Verfahren darstellt und nicht für die jeweilige Bauteilkonstruktion. Ein Auszug des Verfahrensbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 134 dargestellt.

[444] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.



Verfahrensbewertungsmodul

Allgemeines- Erschließung – Umgebung -	Priorität	Bewertungspunktzahl	gewichtete Bewertungspunktzahl	Manuelle Methode: Stemmen Handarbeit Verfahrenswert	Manuelle Methode: Stemmen Handarbeit Verfahrensresultat	Manuelle Methode: Stemmen Maschinell Verfahrenswert	Manuelle Methode: Stemmen Maschinell Verfahrensresultat	Mechanische Methoden: Abgreifen Verfahrenswert	Abgreifen Verfahrensresultat	Einschlagen Verfahrenswert	Einschlagen Verfahrensresultat	Eindrücken Verfahrenswert	Eindrücken Verfahrensresultat	Einreißen/ziehen Verfahrenswert	Einreißen/ziehen Verfahrensresultat	Pressschneiden Verfahrenswert	Pressschneiden Verfahrensresultat	Scherschneiden Verfahrenswert	Scherschneiden Verfahrensresultat	Abtragen (Fräsen) Verfahrenswert	Abtragen (Fräsen) Verfahrensresultat	Kombinationsverfahren: Stemmen & Abgreifen Verfahrenswert	Stemmen & Abgreifen Verfahrensresultat	Thermisches Trennen & Stemmen Verfahrenswert	Thermisches Trennen & Stemmen Verfahrensresultat
Ausbaumaterialien																									
Mineralische Baustoffe (Beton, Mauersteine)	12,50%	1,00	0,13	5,00	0,63	10,00	1,25	9,00	1,13	9,00	1,13	10,00	1,25	5,00	0,63	9,00	1,13	0,00	0,00	10,00	1,25	10,00	1,25	9,00	1,13
Metallische Baustoffe (Baustahl, Träger, Bleche)	12,50%	1,50	0,19	0,00	-x	0,00	-x	5,00	0,94	3,00	0,56	2,00	0,38	5,00	0,94	7,00	1,31	10,00	1,88	0,00	0,00	7,00	1,31	4,00	0,75
Gipsbaustoffe	12,50%	2,00	0,25	9,00	2,25	10,00	2,50	10,00	2,50	8,00	2,00	9,00	2,25	6,00	1,50	10,00	2,50	0,00	0,00	10,00	2,50	10,00	2,50	8,00	2,00
Gläser	12,50%	2,20	0,28	1,00	0,28	10,00	2,75	5,00	1,38	8,00	2,20	7,00	1,93	7,00	1,93	10,00	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	2,75	10,00	2,75
Holz	12,50%	2,80	0,35	5,00	1,75	3,00	1,05	10,00	3,50	4,00	1,40	7,00	2,45	7,00	2,45	6,00	2,10	0,00	0,00	5,00	1,75	6,00	2,10	5,00	1,75
sonst. Baustoffe	12,50%	0,50	0,06	4,00	0,25	6,00	0,38	7,00	0,44	3,00	0,19	6,00	0,38	6,00	0,38	6,00	0,38	0,00	0,00	3,00	0,19	6,00	0,38	6,00	0,38
Mittelwert				0	*0,86*	0	*1,32*	0	*1,65*	0	*1,25*	0	*1,44*	0	*1,30*	0	*1,69*	0	*0,31*	0	*0,95*	0	*1,71*	0	*1,46*
Anzahl der Ausschlüsse				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Verbesserungen				1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ergebnis: Punktzahl				0,86	0,86	1,32	1,32	1,65	1,65	1,25	1,25	1,44	1,44	1,30	1,30	1,69	1,69	0,31	0,31	0,95	0,95	1,71	1,71	1,46	1,46

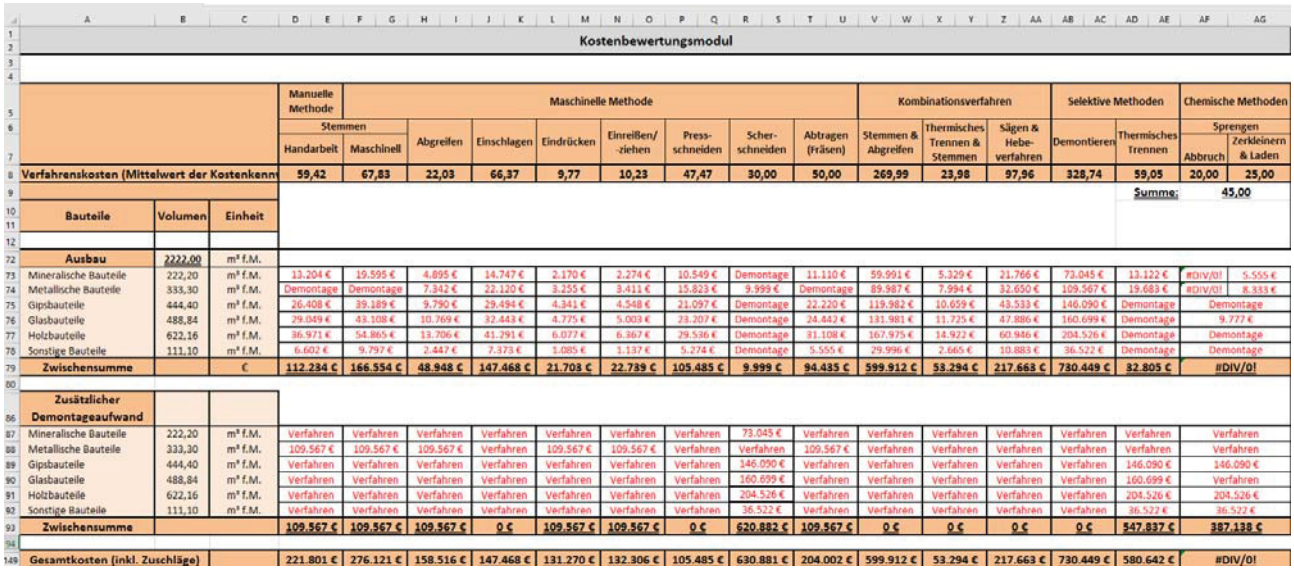
Kriterium ohne Einschränkungen
Kriterium mit Einschränkungen
Ausschlußkriterium
10 Formel hinterlegt, Inhalt abhängig von Eingabe aus dem Eingabemodul

Anmerkung zur Interpretation der Ergebnisse:
höchste Punktzahl = bestes Verfahren

Abbildung 134: Verfahrensbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

In Anlehnung an das Verfahrensbewertungsmodul werden im Kostenbewertungsmodul die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[445] und Verfahrenskombinationen auf monetärer Basis gegenübergestellt. Die geringsten Kosten weist das Kombinationsverfahren „Thermisches Trennen & Stemmen“ mit 53.294 € auf, während Kosten in Höhe von 730.449 € für das am schlechtesten bewertete Verfahren „Demontieren“ angegeben werden. Bei metallischen Bauteilen wird ein zusätzlicher Aufwand für die Demontage angegeben. Es findet keine Überprüfung statt, ob bestimmte Abbruchverfahren für die Beräumung grundsätzlich anwendbar sind. Vergleichbar mit dem Verfahrensbewertungsmodul ist zu erkennen, dass die vorliegende Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, um die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung zu bewerten. Ein Auszug des Kostenbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 135 dargestellt.

[445] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.



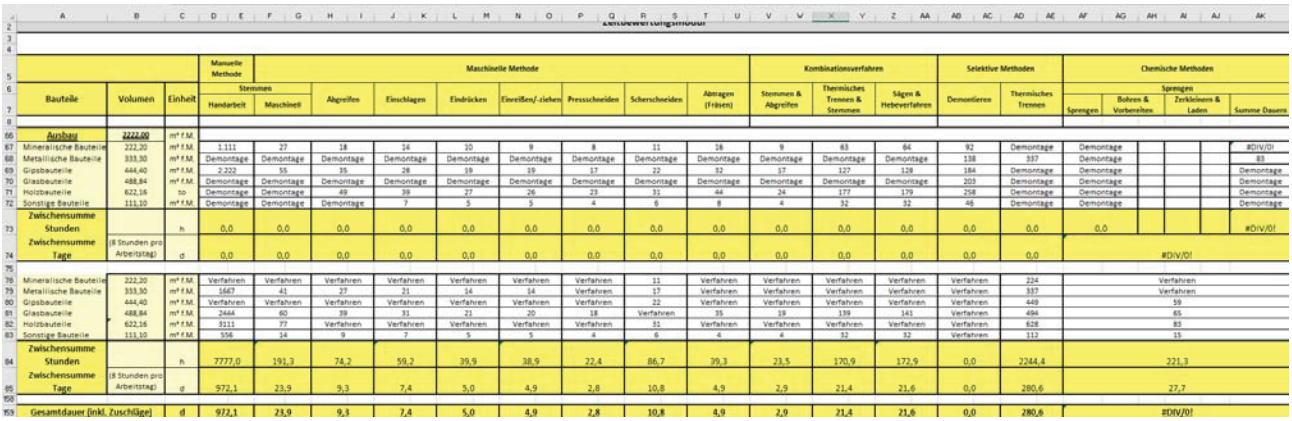
Kostenbewertungsmodul

			Manuelle Methode	Maschinelle Methode								Kombinationsverfahren			Selektive Methoden		Chemische Methoden	
				Stemmen													Sprengen	
			Handarbeit	Maschinell	Abgreifen	Einschlagen	Eindrücken	Einreißen/ -ziehen	Press- schneiden	Scher- schneiden	Abtragen (Präsen)	Stemmen & Abgreifen	Thermisches Trennen & Stemmen	Sägen & Hebe- verfahren	Demontieren	Thermisches Trennen	Abbruch	Zerkleinern & Laden
Verfahrenskosten (Mittelwert der Kostenkenn			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
																Summe:	45,00	
Bauteile	Volumen	Einheit																
Ausbau	2222,00	m³ f.M.																
Mineralische Bauteile	222,20	m³ f.M.	13.204 €	19.595 €	4.895 €	14.747 €	2.170 €	2.274 €	10.549 €	Demontage	11.110 €	59.991 €	5.329 €	21.766 €	73.045 €	13.122 €	#DIV/0!	5.555 €
Metallische Bauteile	333,30	m³ f.M.	Demontage	Demontage	7.342 €	22.120 €	3.255 €	3.411 €	15.823 €	9.999 €	Demontage	89.987 €	7.994 €	32.650 €	109.567 €	19.683 €	#DIV/0!	8.333 €
Gipsbauteile	444,40	m³ f.M.	26.408 €	39.189 €	9.790 €	29.494 €	4.341 €	4.548 €	21.097 €	Demontage	22.220 €	119.982 €	10.659 €	43.533 €	146.090 €	Demontage	Demontage	
Glasbauteile	488,84	m³ f.M.	29.049 €	43.108 €	10.769 €	32.443 €	4.775 €	5.003 €	23.207 €	Demontage	24.442 €	131.981 €	11.725 €	47.886 €	160.699 €	Demontage	9.777 €	
Holzbauteile	622,16	m³ f.M.	36.971 €	54.865 €	13.706 €	41.291 €	6.077 €	6.367 €	29.536 €	Demontage	31.108 €	167.975 €	14.922 €	60.946 €	204.526 €	Demontage	Demontage	
Sonstige Bauteile	111,10	m³ f.M.	6.602 €	9.797 €	2.447 €	7.373 €	1.085 €	1.137 €	5.274 €	Demontage	5.555 €	29.996 €	2.665 €	10.883 €	36.522 €	Demontage	Demontage	
Zwischensumme		€	112.234 €	166.554 €	48.948 €	147.468 €	21.703 €	22.739 €	105.485 €	9.999 €	94.435 €	599.912 €	53.294 €	217.663 €	730.449 €	32.805 €	#DIV/0!	
Zusätzlicher Demontageaufwand																		
Mineralische Bauteile	222,20	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	73.045 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	
Metallische Bauteile	333,30	m³ f.M.	109.567 €	109.567 €	109.567 €	Verfahren	109.567 €	109.567 €	Verfahren	Verfahren	109.567 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	
Gipsbauteile	444,40	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	146.090 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	146.090 €	146.090 €	
Glasbauteile	488,84	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	160.699 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	160.699 €	Verfahren	
Holzbauteile	622,16	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	204.526 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	204.526 €	204.526 €	
Sonstige Bauteile	111,10	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	36.522 €	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	36.522 €	36.522 €	
Zwischensumme			109.567 €	109.567 €	109.567 €	0 €	109.567 €	109.567 €	0 €	620.882 €	109.567 €	0 €	0 €	0 €	0 €	547.837 €	387.138 €	
Gesamtkosten (inkl. Zuschläge)			221.801 €	276.121 €	158.516 €	147.468 €	131.270 €	132.306 €	105.485 €	630.881 €	204.002 €	599.912 €	53.294 €	217.663 €	730.449 €	580.642 €	#DIV/0!	

Abbildung 135: Kostenbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

Wie bei den vorherigen Bewertungsmodulen werden im Zeitbewertungsmodul die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[446] und Verfahrenskombinationen unter Berücksichtigung des Aufwands respektive der Dauer verglichen. Mit einer Gesamtdauer von 2,8 Tagen schneidet das Abbruchverfahren „Pressschneiden“ am besten ab, wobei das am schlechtesten bewertete Verfahren „Stemmen Handarbeit“ eine Gesamtdauer von 972,1 Tagen aufweist. Bei einigen Bauteilen wird ein zusätzlicher Demontageaufwand erforderlich. Es findet keine Überprüfung statt, ob bestimmte Abbruchverfahren für die Beräumung grundsätzlich anwendbar sind. Vergleichbar mit den vorgenannten Bewertungsmodulen ist zu erkennen, dass die Bewertungsmatrix Stufe IV nicht geeignet ist, um die komplexen Prozesse und Bauteile der Beräumung abzubilden. Ein Auszug des Zeitbewertungsmoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 136 dargestellt.

[446] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

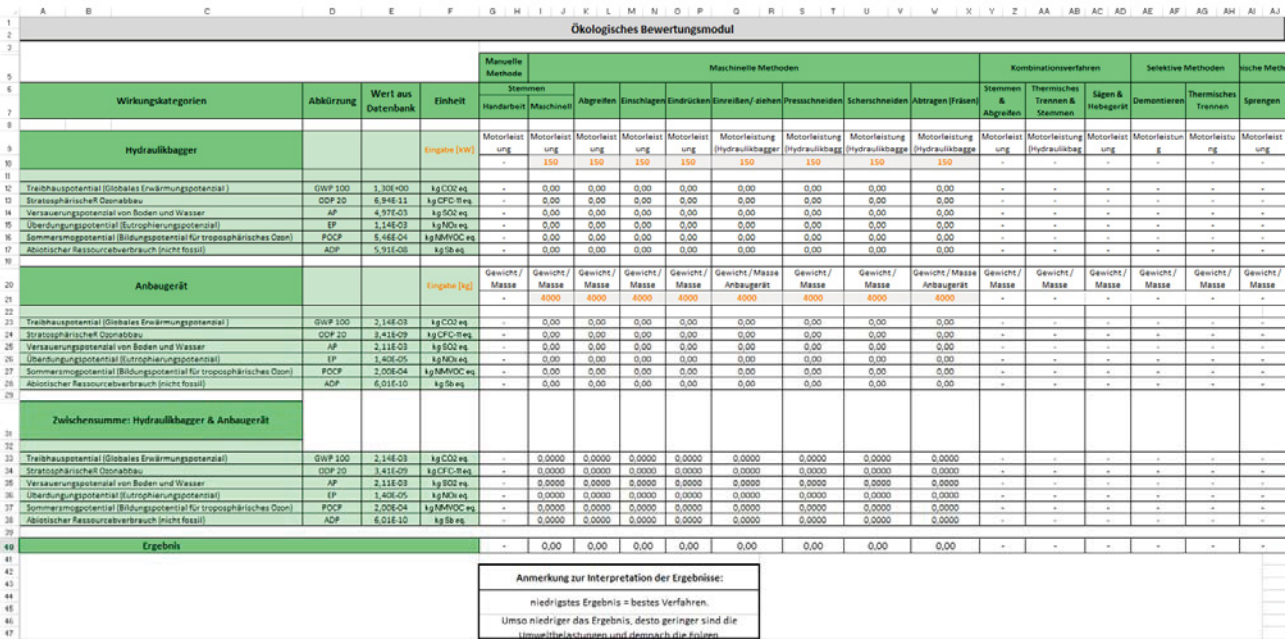


Bauteile	Volumen	Einheit	Manuelle Methode	Maschinelle Methode								Kombinationsverfahren			Selektive Methoden		Chemische Methoden			
			Stemmen		Abgreifen	Einschlagen	Eindrücken	Einreißen/-ziehen	Pressschneiden	Scherschneiden	Abtragen (Fräsen)	Stemmen & Abgreifen	Thermisches Trennen & Stemmen	Sägen & Hebeverfahren	Demontieren	Thermisches Trennen	Sprengen			
			Handarbeit	Maschinell													Sprengen	Bohren & Vorbereiten	Zerkleinern & Laden	Summe Dauern
Ausbau	2222,00	m³ f.M.																		
Mineralische Bauteile	222,20	m³ f.M.	1.111	27	18	14	10	9	8	11	16	9	63	64	92	Demontage	Demontage			#DIV/0!
Metallische Bauteile	333,30	m³ f.M.	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	138	337	Demontage			83
Gipsbauteile	444,40	m³ f.M.	2.222	55	35	28	19	19	17	22	32	17	127	128	184	Demontage	Demontage			Demontage
Glasbauteile	488,84	m³ f.M.	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	Demontage	203	Demontage	Demontage			Demontage
Holzbauteile	622,16	to	Demontage	Demontage	49	39	27	26	23	31	44	24	177	179	258	Demontage	Demontage			Demontage
Sonstige Bauteile	111,10	m³ f.M.	Demontage	Demontage	Demontage	7	5	5	4	6	8	4	32	32	46	Demontage	Demontage			Demontage
Zwischensumme Stunden		h	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			#DIV/0!
Zwischensumme Tage	(8 Stunden pro Arbeitstag)	d	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	#DIV/0!			
Mineralische Bauteile	222,20	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	11	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	224	Verfahren			
Metallische Bauteile	333,30	m³ f.M.	1667	41	27	21	14	14	Verfahren	17	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	337	Verfahren			
Gipsbauteile	444,40	m³ f.M.	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	22	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	449	59			
Glasbauteile	488,84	m³ f.M.	2444	60	39	31	21	20	18	Verfahren	35	19	139	141	Verfahren	494	65			
Holzbauteile	622,16	m³ f.M.	3111	77	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	31	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	Verfahren	628	83			
Sonstige Bauteile	111,10	m³ f.M.	556	14	9	7	5	5	4	6	4	4	32	32	Verfahren	112	15			
Zwischensumme Stunden		h	7777,0	191,3	74,2	59,2	39,9	38,9	22,4	86,7	39,3	23,5	170,9	172,9	0,0	2244,4	221,3			
Zwischensumme Tage	(8 Stunden pro Arbeitstag)	d	972,1	23,9	9,3	7,4	5,0	4,9	2,8	10,8	4,9	2,9	21,4	21,6	0,0	280,6	27,7			
Gesamtdauer (inkl. Zuschläge)		**d**	**972,1**	**23,9**	**9,3**	**7,4**	**5,0**	**4,9**	**2,8**	**10,8**	**4,9**	**2,9**	**21,4**	**21,6**	**0,0**	**280,6**	**#DIV/0!**			

Abbildung 136: Zeitbewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

Auf Basis von Umweltbelastungen werden die verschiedenen Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[447] und Verfahrenskombinationen im Ökologischen Bewertungsmodul gegenübergestellt. Dabei werden die Umweltbelastungen des Hydraulikbaggers und der Anbaugeräte herangezogen, so dass für die Ausbaustoffe keine Umweltbelastungen anfallen. Es zeigt sich, 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 137 dargestellt.

[447] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.



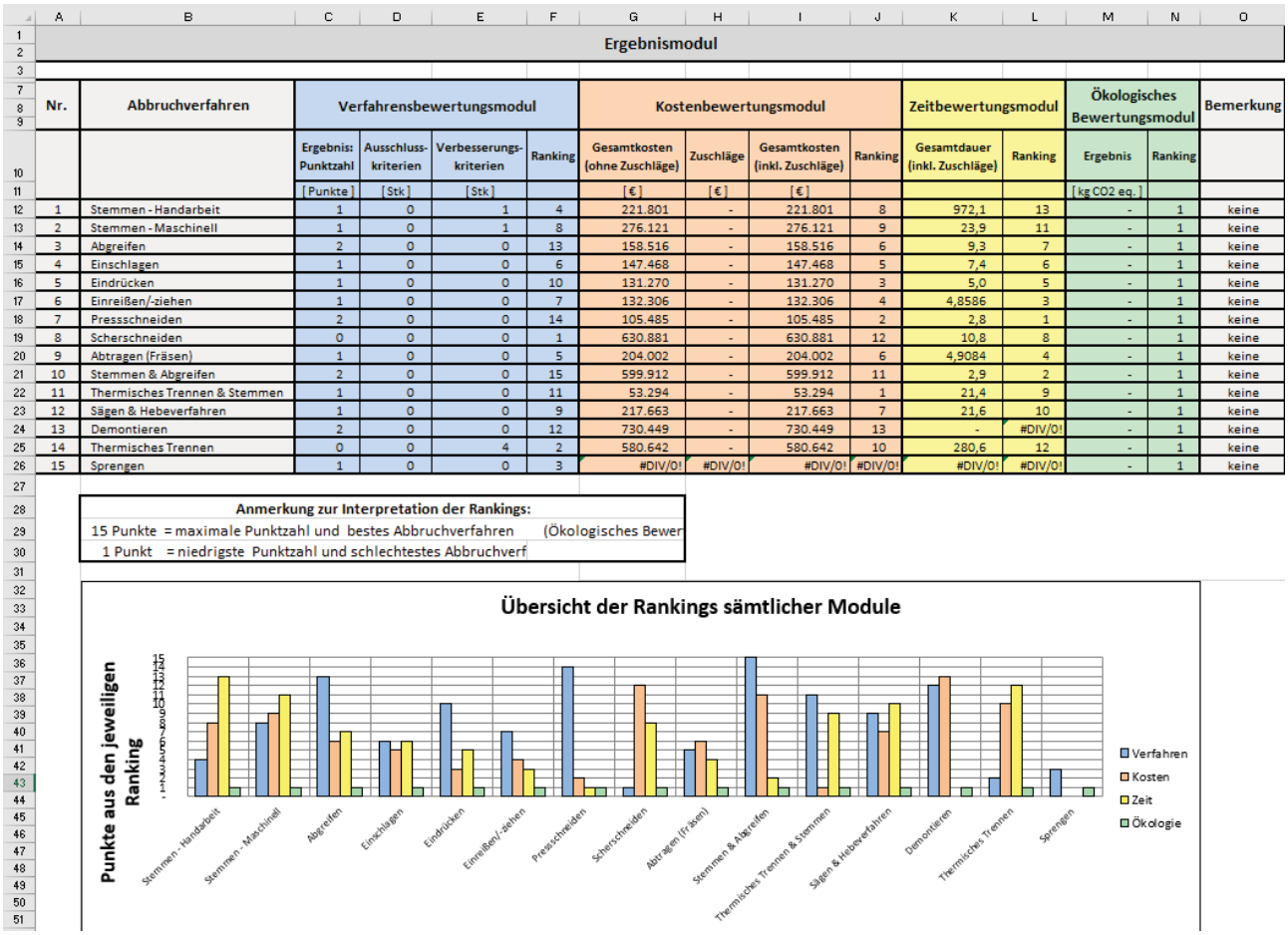
Ökologisches Bewertungsmodul

Wirkungskategorien	Abkürzung	Wert aus Datenbank	Einheit	Manuelle Methode	Maschinelle Methoden							Kombinationsverfahren			Selektive Methoden		
				Stemmen Handarbeit	Stemmen Maschinell	Abgreifen	Einschlagen	Eindrücken	Einreißen/ ziehen	Pressschneiden	Scherschneiden	Abtragen (Fräsen)	Stemmen & Abgreifen	Thermisches Trennen & Stemmen	Sägen & Hebegerät	Demontieren	Thermisches Trennen	Sprengen
Hydraulikbagger			Eingabe [kW]	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung (Hydraulikbagger	Motorleistung (Hydraulikbagg	Motorleistung (Hydraulikbagge	Motorleistung (Hydraulikbagge	Motorleistung	Motorleistung (Hydraulikbag	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung	Motorleistung
				-	150	150	150	150	150	150	150	150	-	-	-	-	-	-
Treibhauspotential (Globales Erwärmungspotenzial)	GWP 100	1,30E+00	kg CO2 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Stratosphärischer Ozonabbau	ODP 20	6,94E-11	kg CFC-11eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Versauerungspotential 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	-	-	-	-	-	-
Überdüngungspotential (Eutrophierungspotenzial)	EP	1,14E-03	kg NOx eq	-	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	-	-	-	-	-	-
Abiotischer Rassourcebverbrauch (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	-	-	-	-	-	-
Anbaugerät			Eingabe [kg]	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht / Masse Anbaugerät	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht / Masse Anbaugerät	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse	Gewicht/ Masse
				-	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	-	-	-	-	-	-
Treibhauspotential (Globales Erwärmungspotenzial)	GWP 100	2,14E-03	kg CO2 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Stratosphärischer Ozonabbau	ODP 20	3,41E-09	kg CFC-11eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Versauerungspotential von Boden und Wasser	AP	2,11E-03	kg SO2 eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Überdüngungspotential (Eutrophierungspotenzial)	EP	1,40E-05	kg NOx eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Sommersmogpotential (Bildungspotential für troposphärisches Ozon)	POCP	2,00E-04	kg NMVOC eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Abiotischer Rassourcebverbrauch (nicht fossil)	ADP	6,01E-10	kg Sb eq	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Zwischensumme: Hydraulikbagger & Anbaugerät																		
Treibhauspotential (Globales Erwärmungspotenzial)	GWP 100	2,14E-03	kg CO2 eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Stratosphärischer Ozonabbau	ODP 20	3,41E-09	kg CFC-11eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Versauerungspotential von Boden und Wasser	AP	2,11E-03	kg SO2 eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Überdüngungspotential (Eutrophierungspotenzial)	EP	1,40E-05	kg NOx eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Sommersmogpotential (Bildungspotential für troposphärisches Ozon)	POCP	2,00E-04	kg NMVOC eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Abiotischer Rassourcebverbrauch (nicht fossil)	ADP	6,01E-10	kg Sb eq	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-
Ergebnis				-	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 137: Ökologisches Bewertungsmodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

Im Ergebnismodul wird eine Übersicht der erzielten Punkte der Abbruchverfahren und Verfahrenskombinationen gegeben. Ein Auszug des Ergebnismoduls zu den Ausbaumaterialien ist in Abbildung 138 dargestellt.



Ergebnismodul

Nr.	Abbruchverfahren	Verfahrensbewertungsmodul				Kostenbewertungsmodul				Zeitbewertungsmodul		Ökologisches Bewertungsmodul		Bemerkung
		Ergebnis: Punktzahl	Ausschluss-kriterien	Verbesserungs-kriterien	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	221.801	-	221.801	8	972,1	13	-	1	keine
2	Stemmen - Maschinell	1	0	1	8	276.121	-	276.121	9	23,9	11	-	1	keine
3	Abgreifen	2	0	0	13	158.516	-	158.516	6	9,3	7	-	1	keine
4	Einschlagen	1	0	0	6	147.468	-	147.468	5	7,4	6	-	1	keine
5	Eindrücken	1	0	0	10	131.270	-	131.270	3	5,0	5	-	1	keine
6	Einreißen/-ziehen	1	0	0	7	132.306	-	132.306	4	4,8586	3	-	1	keine
7	Pressschneiden	2	0	0	14	105.485	-	105.485	2	2,8	1	-	1	keine
8	Scherschneiden	0	0	0	1	630.881	-	630.881	12	10,8	8	-	1	keine
9	Abtragen (Fräsen)	1	0	0	5	204.002	-	204.002	6	4,9084	4	-	1	keine
10	Stemmen & Abgreifen	2	0	0	15	599.912	-	599.912	11	2,9	2	-	1	keine
11	Thermisches Trennen & Stemmen	1	0	0	11	53.294	-	53.294	1	21,4	9	-	1	keine
12	Sägen & Hebeverfahren	1	0	0	9	217.663	-	217.663	7	21,6	10	-	1	keine
13	Demontieren	2	0	0	12	730.449	-	730.449	13	-	#DIV/0!	-	1	keine
14	Thermisches Trennen	0	0	4	2	580.642	-	580.642	10	280,6	12	-	1	keine
15	Sprengen	1	0	0	3	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	-	1	keine

Abbildung 138: Ergebnismodul (Auszug) zu „Ausbaumaterialien“

Es zeigt sich, dass eine Weiterentwicklung der Bewertungsmatrix Stufe IV, welche nicht auf den zu beräumenden Bauteilen, sondern auf den Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05[448] basiert, nicht zielführend ist.

Aus diesem Grund wurde eine separate Bewertungsmatrix entwickelt, um die Prozesse der Beräumung mit dem Fokus der zu beräumenden Mengen, der erforderlichen Ausführungsdauer und –kosten erfassen zu können. Diese Bewertungsmatrix Beräumung kann somit auch für das Bauen im Bestand Anwendung finden, bei dem nur einzelne Bauteile entkernt werden.

[448] Vgl. DIN 18007:2000-05: Abbrucharbeiten.

10 Entwicklung der Bewertungsmatrix Beräumung

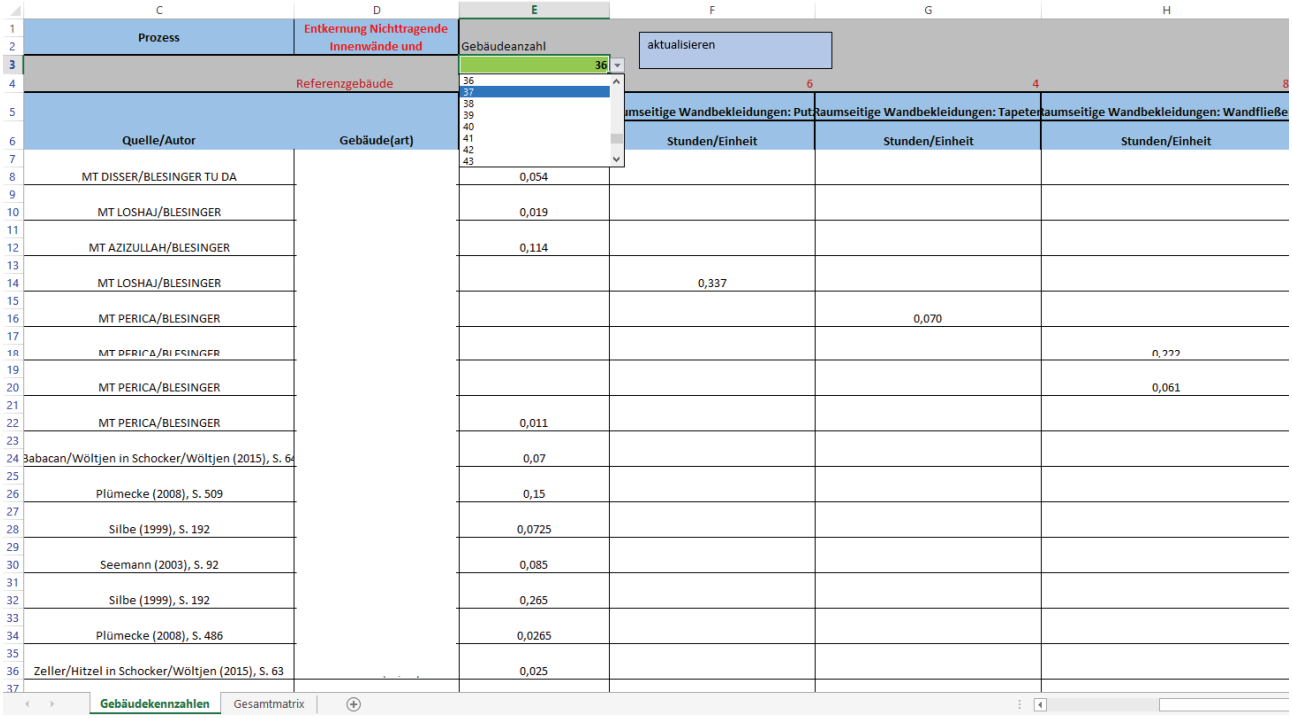
Für die Entwicklung der Bewertungsmatrix Beräumung wurde in Kapitel 6 eine Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse ausgearbeitet und dargestellt. Diese dient als Grundlage für die Erstellung der Bewertungsmatrix Beräumung.

Die Schritte zur Datensammlung und -eintragungen sowie der Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung werden im Anschluss erläutert.

10.1 Datengrundlage und –pflege der Bewertungsmatrix Beräumung

Zur Bewertung der Beräumungsprozesse sind für jedes zu beräumende Bauteil entsprechend der in Kapitel 6.2 entwickelten Gliederungsstruktur die Ausführungsmenge, der Aufwand und die entstehenden Kosten von vordergründiger Bedeutung. Um die vorgenannten Daten zu ermitteln, wurden Bestandsaufnahmen verschiedener Geschossbauten, Literaturrecherchen und REFA-Studien durchgeführt. Aufgrund der meist raumweise durchgeführten Untersuchungen ergaben sich vor allem im Zuge der REFA-Studien regelmäßig mehrere Kennzahlen bei einem Beräumungsobjekt. Um eine Vergleichbarkeit mit Literaturwerten herstellen zu können, wurde jeweils der Medianwert aus den aufgenommenen Daten gebildet und in „Eintragungstabellen“ eingepflegt. Der Median wurde gewählt, weil teilweise nur wenige Daten aufgenommen werden konnten und somit Ausreißern weniger Bedeutung zukommt. Diese Vorgehensweise wurde bei sämtlichen Mengen-, Zeit- und Kosten-Kennzahlen angewendet. Die in den Untersuchungen ermittelten Kennzahlen wurden in den Excel-Dateien Eintragungstabellen hinterlegt, welche wiederum mit der Bewertungsmatrix Beräumung als separater Exceltabelle verknüpft sind.

Der Ablauf zur Eintragung von Kennzahlen in die Eintragungstabellen wird in Abbildung 139 beispielhaft für eine Zeit-Kennzahl erläutert. Im Blatt „Gebäudekennzahlen“ der Eintragungstabelle 2 „Entkernung Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen“ sind derzeit 36 Zeit-Kennzahlen in die Eintragungstabelle eingepflegt worden. Zum Eintragen einer weiteren Kennzahl ist in Zelle E3 die Gebäudeanzahl im Drop-down-Menü um eins auf in diesem Beispiel „37“ zu erhöhen, was durch Klicken des Buttons „aktualisieren“ bei Zelle F2 bestätigt wird. Hierdurch wird eine neue Zeile angehängt, in welche in Spalte C eine neue Quelle (im Falle einer Bestandsaufnahme) oder der Name der Autorenschaft (im Falle einer Literaturquelle) und in Spalte D der Name des Gebäudes respektive die Gebäudeart eingetragen werden. In die Spalten D bis J ist abschließend der ermittelte Aufwandswert einzutragen.



	C	D	E	F	G	H
1	Prozess	Entkernung Nichttragende Innenwände und	Gebäudeanzahl	aktualisieren		
2			36			
3		Referenzgebäude		6	4	8
4	Quelle/Autor	Gebäude(art)		umseitige Wandbekleidungen: Put	Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfließe
5				Stunden/Einheit	Stunden/Einheit	Stunden/Einheit
6	MT DISSER/BLESINGER TU DA		0,054			
7	MT LOSHAJ/BLESINGER		0,019			
8	MT AZIZULLAH/BLESINGER		0,114			
9	MT LOSHAJ/BLESINGER			0,337		
10	MT PERICA/BLESINGER				0,070	
11	MT PERICA/BLESINGER					0,222
12	MT PERICA/BLESINGER					0,061
13	MT PERICA/BLESINGER		0,011			
14	Babacan/Wöltjen in Schocker/Wöltjen (2015), S. 64		0,07			
15	Plümecke (2008), S. 509		0,15			
16	Silbe (1999), S. 192		0,0725			
17	Seemann (2003), S. 92		0,085			
18	Silbe (1999), S. 192		0,265			
19	Plümecke (2008), S. 486		0,0265			
20	Zeller/Hitzel in Schocker/Wöltjen (2015), S. 63		0,025			

36
37
38
39
40
41
42
43

Gebäudekennzahlen | Gesamtmatrix

Abbildung 139: Eintragungstabelle Gebäudekennzahlen Zeiten

Innerhalb der Eintragungstabellen erhalten die Anwendenden umgehend einen Überblick, inwieweit die neu ermittelte Kennzahl den bisher gesammelten Daten entspricht oder ob ein Ausreißer vorliegt. Auch kann auf diese Weise ein Tippfehler frühzeitig erkannt werden.

Aus den ermittelten Kennzahlen werden im Arbeitsblatt „Gesamtmatrix“ in den Spalten E bis H die MINimal-, MEDIAN-, MITTEL- und MAXimalwerte berechnet und sind beispielhaft in Abbildung 140 dargestellt. Die separate Excel-Datei Bewertungsmatrix Beräumung greift auf diese Kennzahlen zu, so dass die Datensammlung und –verwendung getrennt voneinander stattfinden. Dies bietet den Vorteil, dass die Bewertungsmatrix Beräumung alleinstehend ohne spezielles Vorwissen und ohne Gefahr der Manipulation bestehender Daten angewendet werden kann. Dabei ergeben sich für die Anwendenden projektbezogene, absolute Werte für Menge, Dauer und Kosten. Da sich jede Bearbeitung der Eintragungstabellen auf die Kennzahlen auswirkt, sind die Eintragungstabellen von erfahrenem Personal zu pflegen.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prozess	Entkernung Nichttragende Innenwände und						
2								
3								
4					MIN	MEDIAN	MITTELWERT	MAX
5								
6	Entkernung Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen		h/Einheit	Nichttragende Innenwände	0,011	0,079	0,103	0,265
7				Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	0,093	0,211	0,211	0,337
8				Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	0,050	0,067	0,064	0,070
9				Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfließen	0,061	0,191	0,187	0,330
10				Elementierte Innenwände	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000
11				Nichttragende Innenwände, sonstiges	0,000	#ZAHL!	#DIV/0!	0,000
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								

Gebäudekennzahlen | Gesamtmatrix

Abbildung 140: Eintragungstabelle Gesamtmatrix Zeiten

Abbildung 141 zeigt den Ablauf von der Datenaufnahme im Rahmen von Bestandsaufnahmen über die Eintragung und Speicherung in den Eintragungstabellen bis hin zur objektspezifischen Verarbeitung und Ausgabe in der Bewertungsmatrix Beräumung.

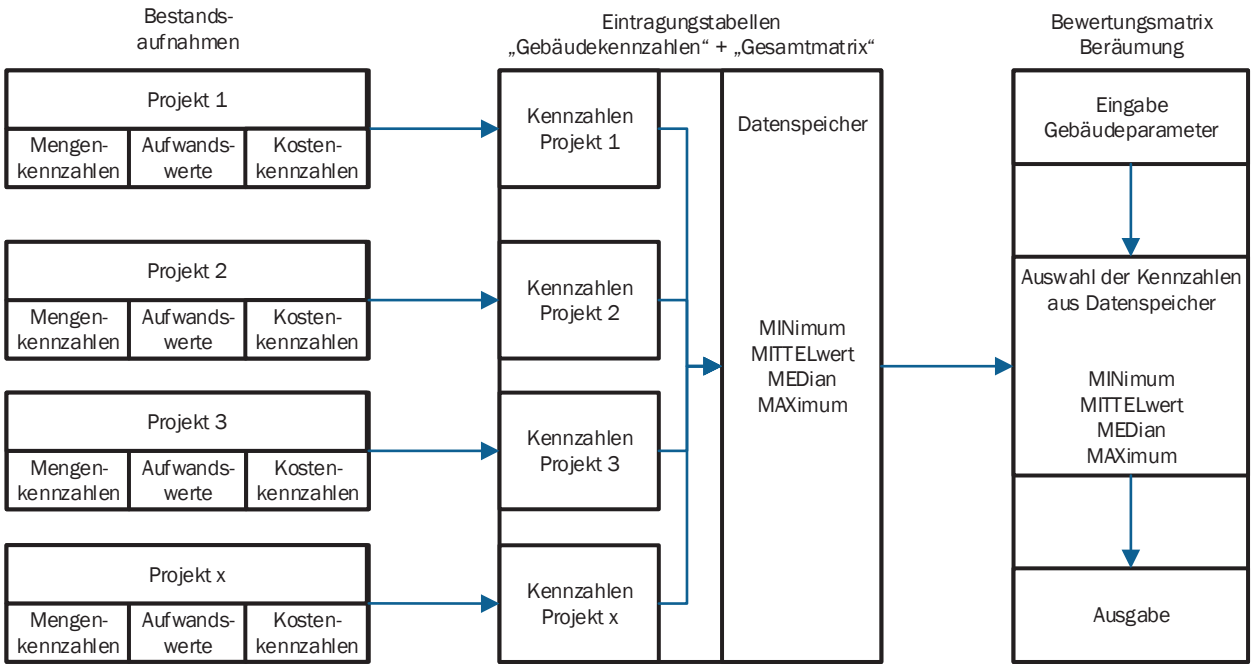


Abbildung 141: Ablaufdiagramm Bewertungsmatrix Beräumung (inkl. Bestandsaufnahme und Eintragungstabellen)[449]

10.2 Aufbau der Bewertungsmatrix Beräumung

10.2.1 Erläuterungen zum Arbeitsblatt „Eingabe“

Die Bewertungsmatrix Beräumung ist ein Microsoft Excel basiertes Werkzeug. Höchste Bedeutung bei der Entwicklung hatte die einfache Anwendbarkeit mit wenigen Eingaben durch die Anwendenden, um den Aufwand für eine Bestandsaufnahme mit detaillierter Erfassung von Gebäude- respektive Bauteileigenschaften zu verringern und eine fundierte Abschätzung der auftretenden Mengen, Dauern und Kosten abgeben zu können. Im Arbeitsblatt „Eingabe“, welches in Abbildung 142 und Abbildung 143 dargestellt ist, sind die Gebäudeparameter Länge, Breite, Geschosshöhe und Anzahl der Regelgeschosse von den Anwendenden einzutragen. Hier liegt die Annahme zugrunde, dass die Gebäudegeometrie bei Geschossbauten im Büro- und Verwaltungsbau häufig kubische Geometrien aufweist. Sollte die Gebäudeform

[449] Eigene Darstellung weiterentwickelt aus Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung. S. 100.

von einem Kubus abweichen, kann alternativ direkt eine Eingabe des Bruttorauminhalts [BRI] in Zelle E7 erfolgen, mit welchem in der Folge weitergerechnet wird.

Zur Berechnung der Beräumungsmengen von Boden- und Deckenbauteilen sind die prozentualen Verteilungen der jeweiligen Bauteile anzugeben. Um den Anwendenden eine Tendenz zu den Verteilungen zu geben, wurde durch Disser/Blesinger[450] in einer Studie basierend auf Daten des BKI[451] Mengenkennzahlen ermittelt und in die Eingabe der Bewertungsmatrix Beräumung übernommen. Als Beispiel soll hier genannt sein, dass die Konstruktions-Grundfläche ca. 15 % der BGF ausmacht, weshalb die Summe der zu entkernenden Bodenbeläge ca. 85 % beträgt. Die voreingestellten prozentualen Verteilungen können von den Anwendenden individuell auf das zu beräumende Gebäude angepasst werden.

In den Zeilen 57 bis 62 sind Eingaben zur Zusammensetzung der Lohnkosten zu tätigen. Durch Klein/Blesinger[452] wurde der Mittellohn ASL für eine beispielhafte Beräumungskolonne entsprechend den Vorgaben des Bundesrahmentarifvertrags für das Baugewerbe (BRTV)[453] zu 32,89 €/h ermittelt.

Neben den zu vergütenden Lohnkosten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter fallen für das Unternehmen weitere Kosten im Zusammenhang mit der Beschäftigung von Arbeitskräften an. Zu diesen zusätzlichen, indirekten Kosten zählen Baustellengemeinkosten (BGK)[454], Allgemeine Geschäftskosten (AGK)[455] sowie Wagnis und Gewinn (W+G)[456], die an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden. Um eine einfache Kalkulation der Beräumungskosten zu gewährleisten, wird die Vorgehensweise mit einem „Stundenverrechnungssatz nach dem Zuschlagverfahren“[457] für die Bewertungsmatrix Beräumung verwendet. Hierbei wird der Mittellohn errechnet und mit einem prozentualen Gemeinkostenzuschlag beaufschlagt.

Da Beräumungsarbeiten hauptsächlich im inneren von Gebäuden anfallen, kommen nur in Einzelfällen Großgeräte zum Einsatz, weshalb sich Gerätekosten überwiegend aus handgeführten Geräten ergeben. Nach dem Vorschlag von Girmscheid und Motzko[458] können diese Handgeräte und Handwerkzeuge über einen Zuschlagssatz auf die Lohnkosten umgerechnet

[450] Vgl. Disser/Blesinger (2019): Bestimmung von Objektkennwerten für Beräumungsarbeiten. S. 26 f.

[451] Vgl. BKI (2019): BKI Baukosten 2019 Neubau. S.111-139.

[452] Vgl. Klein/Blesinger (2021): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. S. 52 ff.

[453] Vgl. BRTV (2018): https://www.soka-bau.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Arbeitgeber/tarifvertrag_brtv.pdf, Abrufdatum: 13.05.2021.

[454] Vgl. Plümecke et al. (2008): Preisermittlung von Bauarbeiten. S.43.

[455] Vgl. Girmscheid; Motzko (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. S. 237 f.

[456] Vgl. Girmscheid; Motzko (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. S. 238 ff.

[457] Vgl. Plümecke et al. (2008): Preisermittlung von Bauarbeiten. S. 48.

[458] Vgl. Girmscheid; Motzko (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. S. 225 ff.

werden. Ein Berechnungsbeispiel des Zuschlagsatzes für Handgeräte findet sich in Klein/Blesinger[459], und in der Bewertungsmatrix Beräumung wird ein Zuschlagsatz für Handgeräte in Höhe von 10 % angesetzt.

In den Zeilen 69 bis 78 sind Entsorgungskosten für bei Beräumungsarbeiten regelmäßig vorkommender Abfallfraktionen in [€/t] angegeben, die durch die Anwendenden abgeändert werden können. Zur Abschätzung der Entsorgungs- und Transportkosten inkl. Containerbereitstellung und –leerung erfolgte im Rahmen der Studie von Klein/Blesinger[460] ein Experteninterview. In dem Gespräch zeigte sich, dass nur eine gewisse Menge je Abfallfraktion mit einem Entsorgungscontainer aufgrund des Gewichts oder der Bauteilabmessungen abtransportiert werden kann. Die Ansätze sind in Abbildung 143 dargestellt und können in der Bewertungsmatrix Beräumung von den Anwendenden entsprechend den vorliegenden Baustellenbedingungen angepasst werden.

	A	B	C	D	E
2	**Eingabemodul**		**Hinweis: Eintragungen in orange markierten Bereichen**		
4	**Maße des Gebäudes**				
6		Eingabe		BGF [m²]	BRI [m³]
7	Länge [m]	100		20.000,0	52.000,0
8	Breite [m]	40			
9	Regelgeschosse [St]	5			
10	**Geschosshöhe [m]**	2,6			
31	**Bodenbelag**	**Bodenanteil in Prozent**			
32	Eingabe KGF	15%	Anhaltswert aus BKI; objektspezifisch anpassen		
34			**füllende Teile wie Hohlkörpern, Blindböden, Schüttungen**	0%	
35			**Estrich**	85%	entspricht Netto-Raum-Fläche
36			**Linoleum/PVC**	10%	(Eingabewerte
37			**Fliesen/Naturstein**	10%	objektspezifisch
38			**Parkett/Laminat lose**	20%	anpassen)
39	**Netto-Raum-Fläche**	85%	**Parkett/Laminat verklebt**	20%	
40			**Teppich lose**	10%	
41			**Teppich verklebt**	10%	
42			**Beschichtung**	10%	
43			**Deckenbeläge, sonstiges**	10%	
44			**Überprüfung**	**erfüllt**	
47	**Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen**	**Deckenanteil in Prozent**	wird automatisch aus Bodenbelag übernommen		
48	Eingabe KGF	15%	Anhaltswert aus BKI; objektspezifisch anpassen		
49			lösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: Demontage möglich)	20%	
50		85%	ununlösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: nur zerstörender Abbruch möglich)	30%	
51	Netto-Raum-Fläche		keine abgehängte Decke	50%	
52			**Überprüfung**	**erfüllt**	

Eingabe | Ausgabe | LISTE Prozesse | LISTE Prozesse Print | Ausgabe Zeiten | Berechnung Kosten | Ausgabe Entsorgung | Ausgabe Kosten | Au ...

Abbildung 142: Bewertungsmatrix Beräumung Arbeitsblatt "Eingabe" Teil 1/2

[459] Vgl. Klein/Blesinger (2021): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. S. 55 ff.

[460] Vgl. Klein/Blesinger (2021): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. S. 99 ff.

	A	B	C
61	Mittellohn APSL/ASL (€/h)	32,89	
62	Zuschlag (%)	25%	BGK, AGK, W+G (interner, unternehmensspezifischer Zuschlag)
63	Zuschlag Handgeräte (%)	10%	
65	Stundenverrechnungs-satz (€/h)	44,40	
66			
67			
68	Abfallfraktion	Entsorgungskosten	
69	Metall (€/t)	- 65,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 04 05
70	Kupferkabel (€/t)	- 1.000,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 04 11
71	Holz (€/t)	64,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 02 01
72	Glas (€/t)	30,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 02 02
73	Kunststoff (€/t)	185,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 02 03
74	Mineralfaser/ Dämmung (€/t)	385,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 06 03
75	Gips, Bims, Porenbeton (€/t)	80,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 08 02
76	Bauschutt (€/t)	38,50 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 01 07
77	Baumischabfall (€/t)	185,00 €	Abfallschlüssel nach AVV: 17 09 04
78			
79			
80	Transportkosten		Leerung, Tausch oder Abholung (€/ St.)
81	Transporte Absetzcontainer 5 - 40 m³		100,00 €
82			
83			
84	Annahmen Transportkosten		
85	Gewicht/ Container (t/ 40m³ Container)	Abfallfraktion	
86	8	Metall AVV: 17 04 05	
87	8	Kupferkabel: AVV 17 04 11	
88	8	Holz AVV: 17 02 01	
89	8	Glas AVV: 17 02 02	
90	5	Kunststoff AVV: 17 02 03	
91	3	Mineralfaser/ Dämmung AVV: 17 06 03	
92	5,5	Gips, Bims, YTong AVV: 17 08 02	
93	8	Bauschutt AVV: 17 02 07	
94	7	Baumischabfall AVV: 17 09 04	

Eingabe | Ausgabe | LISTE Prozesse | LISTE Prozesse Print | Ausgabe Zeiten | Berechnung Kosten | Ausgab

Abbildung 143: Bewertungsmatrix Beräumung Arbeitsblatt "Eingabe" Teil 2/2

10.2.2 Erläuterungen zum Arbeitsblatt „Ausgabe“

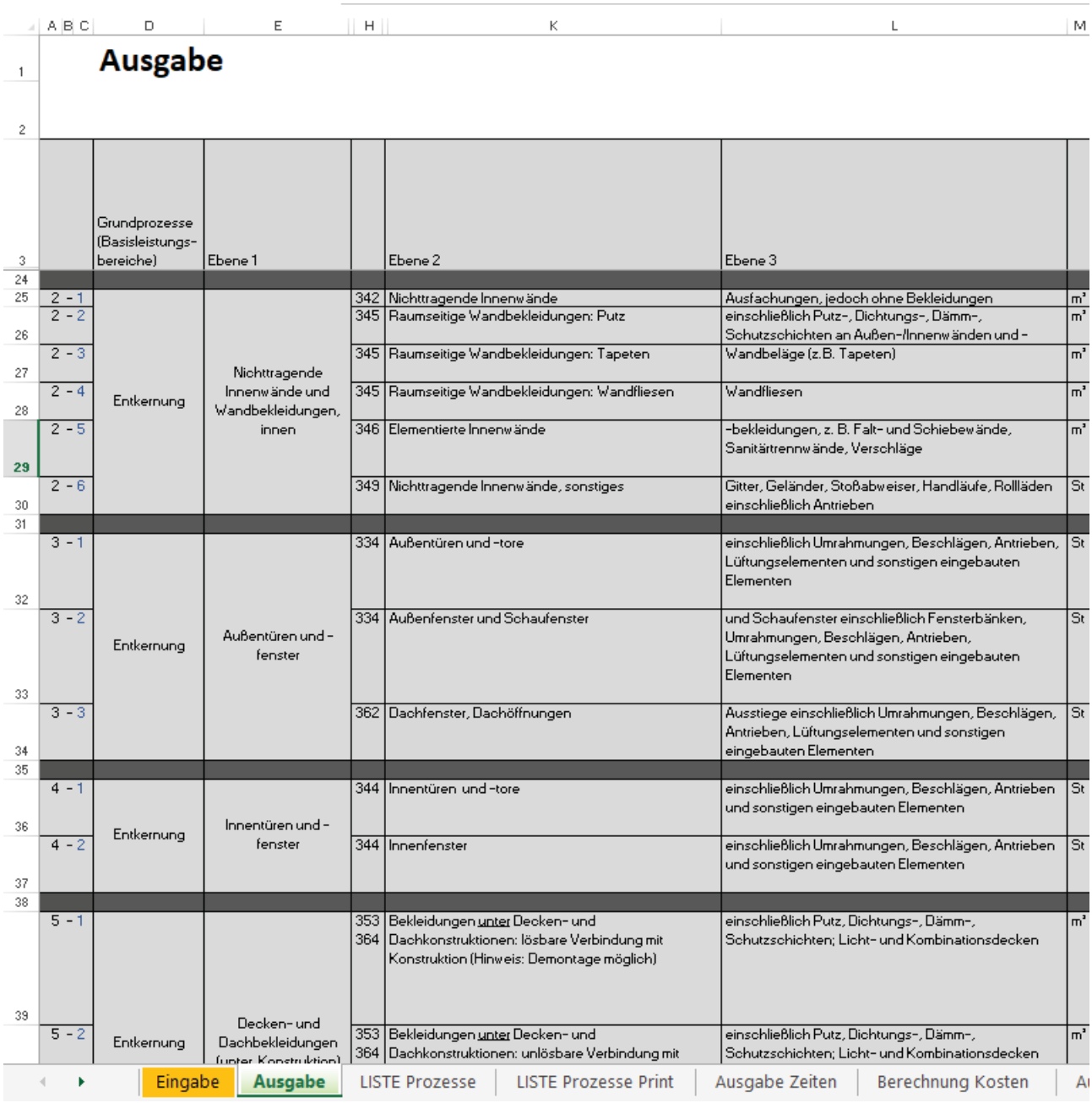
Im Arbeitsblatt „Ausgabe“ werden mit den zuvor getätigten Eingaben zu Gebäudeabmessungen und den Kennzahlen aus den Eintragungstabellen die projektspezifische Ausführungsmenge, die Dauer und die Kosten berechnet und ausgegeben. In der Folge wird auf die einzelnen Bestandteile näher eingegangen.

10.2.2.1 Gliederungsstruktur im Arbeitsblatt „Ausgabe“

In Kapitel 6.2 wurde eine Gliederungsstruktur für die Beräumungsprozesse auf Basis der Kostengruppen der DIN 276:2018-12[461] entwickelt. Hierzu wurden den Kostengruppen die entsprechenden Beräumungsprozesse zugeordnet. Die Ausgabe der Bewertungsmatrix Beräumung ist entsprechend der praxisorientierten Gliederungsstruktur wie folgt aufgebaut:

- Nummerierung der 83 Beräumungsprozesse in den Spalten A bis C,
- Zuordnung zu den Grundprozessen (Basisleistungsbereichen) Entrümpelung und Entkernung in Spalte D,
- Zuordnung zur abzubrechenden Bauteilgruppe der Ebene 1 in Spalte E,
- Prozessbezeichnung mit Bauteilbezug der Ebene 2 in Spalte K,
- ergänzende Erläuterungen zur Prozessbeschreibung respektive zu Bauteilen der Ebene 3 in Spalte L,
- aus der Eingabe automatisch errechnete zu beräumende Menge in den Spalten AB bis AE,
- aus der Eingabe automatisch errechnete Stundenaufwände in den Spalten AF bis AX,
- aus der Eingabe automatisch errechnete Lohnkosten in Spalte AY,
- aus der Eingabe automatisch errechnete Entsorgungsmengen und –kosten je Beräumungsprozess in Spalte AU und
- Gesamtkosten je Beräumungsprozess in Spalte CP.
- Anzahl der erforderlichen Entsorgungscontainer in Zelle CP121, Transportkosten in Zelle CP 122 und Gesamtkosten in Zelle CP123.

[461] Vgl. DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 14 ff.



Ausgabe

	Grundprozesse (Basisleistungs-bereiche)	Ebene 1		Ebene 2	Ebene 3	
2 - 1	Entkernung	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	342	Nichttragende Innenwände	Ausfachungen, jedoch ohne Bekleidungen	m³
2 - 2			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	einschließlich Putz-, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außen-/Innenwänden und -	m³
2 - 3			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	Wandbeläge (z.B. Tapeten)	m³
2 - 4			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen	Wandfliesen	m³
2 - 5			346	Elementierte Innenwände	-bekleidungen, z. B. Falt- und Schiebewände, Sanitärtrennwände, Verschläge	m³
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 Elementen	St
3 - 2			334	Außenfenster und Schaufenster	und Schaufenster einschließlich Fensterbänken, Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten Elementen	St
3 - 3			362	Dachfenster, Dachöffnungen	Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten Elementen	St
4 - 1	Entkernung	Innentüren und -fenster	344	Innentüren und -tore	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben und sonstigen eingebauten Elementen	St
4 - 2			344	Innenfenster	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben und sonstigen eingebauten Elementen	St
5 - 1	Entkernung	Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)	353 364	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: Demontage möglich)	einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten; Licht- und Kombinationsdecken	m³
5 - 2			353 364	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit	einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten; Licht- und Kombinationsdecken	m³

Eingabe | Ausgabe | LISTE Prozesse | LISTE Prozesse Print | Ausgabe Zeiten | Berechnung Kosten

Abbildung 144: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (Auszug Gliederung)

10.2.2.2 Schadstoffe im Arbeitsblatt „Ausgabe“

Bei der Analyse der Beräumungsprozesse war eine Beobachtung von Beräumungsprozessen von schadstoffbelasteten Bauteilen nicht sicher möglich. Um eine Gefährdung der beobachtenden Person auszuschließen und den Arbeitsablauf nicht zu beeinträchtigen, konnte lediglich die Gesamtdauer und die Anzahl der Arbeitskräfte bei einzelnen Projekten festgehalten

werden. Bei dokumentierten Prozessen der Schadstoffsanierung sind in der Bewertungsmatrix Beräumung in den Spalten P bis AA ein „x“ beim entsprechenden Schadstoff gesetzt und die Schrift zur Verdeutlichung rot eingefärbt. Es wird zwischen baustoffbedingten und nutzungsbedingten Schadstoffen unterschieden, was in Abbildung 145 dargestellt ist.

In weiteren Untersuchungen zu Schadstoffsanierungsarbeiten sollte eine Möglichkeit in die Bewertungsmatrix Beräumung integriert werden, mit der zwischen Bauteilen mit und ohne Schadstoffe unterschieden wird und bei Auswahl einer Schadstoffbelastung der entsprechende Aufwand, die dazugehörigen Entsorgungskosten und gegebenenfalls anfallende darüber hinausgehende Kosten berücksichtigt werden.

Ausgabe

		Grundprozesse (Basisleistungs-bereiche)	Ebene 1		Ebene 2	Ebene 3		Verwendung	baustoffbedingte Schadstoffe: Schadstofffrei	Asbest	KMF	PCB	PAK	Holzschutzmittel	Schwermetalle	andere	nutzungs-bedingte Schadstoffe: MKW	Lösemittel	Desinfektionsmit	Biostoffe	andere
25	2 - 1	Entkernung	Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen	342	Nichttragende Innenwände	Ausfachungen,	m²		x													
26	2 - 2			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Putz	einschließlich Putz-,	m²			x												
27	2 - 3			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Tapeten	Wandbeläge (z.B. Tapeten)	m²															
28	2 - 4			345	Raumseitige Wandbekleidungen: Wandfliesen	Wandfliesen	m²															
29	2 - 5			346	Elementierte Innenwände	- bekleidungen, z. B. Falt- und	m²															
30	2 - 6			349	Nichttragende Innenwände, sonstiges	Gitter, Geländer,	St															
32	3 - 1	Entkernung	Außentüren und -fenster	334	Außentüren und -tore	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben,	St		x													
33	3 - 2			334	Außenfenster und Schaufenster	und Schaufenster einschließlich Fensterbänken,	St		x													
34	3 - 3			362	Dachfenster, Dachöffnungen	Ausstiege einschließlich Umrahmungen	St		x													
36	4 - 1	Entkernung	Innentüren und -fenster	344	Innentüren und -tore	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen,	St		x													
37	4 - 2			344	Innenfenster	einschließlich Umrahmungen, Beschlägen,	St		x													
39	5 - 1	Entkernung	Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)	353 364	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: lösbare Verbindung mit Konstruktion (Hinweis: Demontage möglich)	einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten; Licht- und	m²		x													
	5 - 2			353 364	Bekleidungen unter Decken- und Dachkonstruktionen: unlösbare Verbindung mit	einschließlich Putz,	m²		x													

Eingabe | Ausgabe | LISTE Prozesse | LISTE Prozesse Print | Ausgabe Zeiten | Berechnung Kosten | Ausgabe Ents

Abbildung 145: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (Auszug Schadstoffe)

10.2.2.3 Mengen im Arbeitsblatt „Ausgabe“

Eine entscheidende Problemstellung bei der Bewertung von Beräumungsarbeiten ist die geringe Kenntnis über die auszuführenden Mengen. Im Hochbau existiert bereits eine Vielzahl von Kennzahlen zur Mengenabschätzung, was für die vorgelagerten Beräumungsprozesse nicht der Fall ist. Darüber hinaus ist eine Bestandsaufnahme für die Beräumung umfangreich, weshalb häufig mit groben Anhaltswerten gerechnet wird oder die Mengenermittlung dem Auftragnehmer überlassen wird. Aus diesem Grund wurden aus einer Vielzahl von Projekten Mengen-Kennzahlen für die Beräumungsprozesse ermittelt, so dass mit den Angaben aus dem Eingabemodul die jeweilige Prozessmenge errechnet werden kann. Im Arbeitsblatt „Ausgabe“ der Bewertungsmatrix Beräumung werden in den Spalten AB – AE die abzubrechenden Mengen ausgegeben. In Spalte AB ist der Mittelwert voreingestellt, was durch ein Dropdown-Menü in Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwert geändert werden kann. In Spalte AC werden die mit den Angaben der Eingabe automatisch errechneten Mengen angezeigt. Somit haben die Anwendenden die Möglichkeit, sich die Spanne an möglichen Vorgabewerten anzeigen zu lassen und in Spalte AD unter „Nutzereingabe“ eine individuelle, projektspezifische Eingabe zu tätigen, was jederzeit während der Projektbearbeitung nochmals geändert werden kann, ohne dass sich die Kennzahlen verändern. Unter Zuhilfenahme der Mengenkennzahlen aus den Eintragungstabellen, welche aus Baustellenstudien und Literaturwerten generiert sind, erfolgt die automatische Berechnung der Mengen. Die Anzahl der hinterlegten Studien respektive untersuchte Gebäude wird in Spalte AE angezeigt, so dass die Anwendenden einen direkten Überblick über die Quantität der verwendeten Daten erhalten.

Bei einzelnen Baustellenstudien wurden Aufwandswerte für einzelne Gebäudeteilbereiche ermittelt, ohne eine repräsentative Kennzahl zur Menge bestimmen zu können. Dies war beispielsweise der Fall, wenn von einem mehrgeschossigen Bürogebäude lediglich ein Teilbereich einer Etage aufgenommen werden konnte. Bei vorliegenden Aufwandswerten einzelner Beräumungsprozesse bei gleichzeitig fehlenden Mengenkennzahlen wurde in Spalte AD als Menge der Wert 1,0 eingepflegt und das Feld zur Verdeutlichung gelb hinterlegt, so dass die weitere Berechnung des Aufwands und der Kosten dennoch automatisiert stattfinden kann.

10.2.2.4 Dauern im Arbeitsblatt „Ausgabe“

In ersten Studien lag der Fokus auf der Beobachtung des Prozesses des Abbrechens eines Bauteils aus seinem Verbund zu angrenzenden Bauteilen. Im Zuge der Aufnahmen zeigte sich, dass zum Prozess des Abbrechens eines Bauteils auch das Laden, Transportieren und Abladen entsprechend den Bauverfahren im Erdbau[462] zu zählen sind, was in der Folge als

[462] Vgl. Bauer (2007): Baubetrieb. S. 61.

Verbringung bezeichnet wird. Da diese Prozesse zumeist von einer anderen Kolonne oder zeitlich nachgelagert ausgeführt wurden, war der Aufwand hierzu separat zu erfassen. Deshalb werden in der Bewertungsmatrix Beräumung in den Spalten AF – AM die Dauer des Abbrechens und in den Spalten AN – AU die Dauer der Verbringung angegeben. In den Spalten AF und AN kann wie bei der Menge in Drop-down-Menüs der jeweilige Aufwand zwischen Minimal-, Mittel-, Median und Maximalwert ausgewählt werden.

In Spalte AV wird ein Zuschlag für Rüstzeiten in Höhe von 10 % berücksichtigt, der von den Anwendenden baustellenspezifisch abgeändert werden kann.

In Spalte AW wird die Gesamtdauer aus den Teilprozessen Abbrechen, Verbringung und Rüsten berechnet, welche von den Anwendenden in Spalte AX individuell abgeändert werden kann.

In die Bewertungsmatrix Beräumung sind sowohl Kennzahlen aus Baustellenstudien als auch Literaturwerte eingeflossen. Eine Übersicht zu den Kennzahlen respektive zu den Aufwandswerten der Beräumung findet sich in Tabelle 11.

10.2.2.5 Lohnkosten im Arbeitsblatt „Ausgabe“

In der Bewertungsmatrix Beräumung errechnen sich die Lohnkosten aus der Multiplikation der Summe des Stundenaufwands eines jeden Beräumungsprozesses in Spalte AX mit dem in der Eingabe festgelegten Stundenverrechnungssatz auf dem Arbeitsblatt „Eingabe“ in Zelle B62. Die Summe der Lohnkosten aller Beräumungsprozesse des untersuchten Projekts wird im Arbeitsblatt „Ausgabe“ in Zelle AY120 aufsummiert.

10.2.2.6 Entsorgungskosten im Arbeitsblatt Ausgabe

Die Entsorgungskosten bei Beräumungsarbeiten setzen sich aus den Entsorgungskosten je Abfallstoff in [€/t] und den Transportkosten zur Leerung der Entsorgungscontainer in [€/St] zusammen. In die Bewertungsmatrix Beräumung sind die Bauteilmengen hauptsächlich als Bauteilflächen in [m²] und als Anzahl in [St] eingeflossen. Es wurden Umrechnungsfaktoren entwickelt, mit denen die vorhandenen Bauteilmengen in Entsorgungsmassen der entsprechenden Abfallfraktionen umgerechnet werden konnten. In der Untersuchung von Klein/Blesinger[463] wurden hierzu Materialzusammensetzung und Materialdichten verschiedener Bauteilkonstruktionen recherchiert, so dass sich Entsorgungsmengenkennzahlen als Minimal-,

[463] Vgl. Klein/Blesinger (2021): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. S. 76 ff.

Mittel-, Median- und Maximalwerte für jedes Bauteil respektive für jeden Beräumungsprozess berechnen ließen. Die Ermittlung der Entsorgungskosten lief in folgenden Schritten ab:

- 1. Schritt: Bauteile entsprechend der zu entsorgenden Abfallfraktionen identifizieren und zuordnen
- 2. Schritt: Erfassung der bauteilbezogenen Einheit und Festlegung der Zieleinheit
- 3. Schritt: Ermittlung eines einheitenbezogenen Umrechnungsfaktors zur Berücksichtigung der Materialzusammensetzung

Die mit den Umrechnungsfaktoren aus den zuvor feststehenden Bauteilmengen berechneten Massen wurden mit Entsorgungskosten in [€/t] aus dem Arbeitsblatt „Eingabe“ verrechnet, so dass sich Entsorgungskosten in [€] ergaben. Im Arbeitsblatt „Ausgabe“ wird die Menge des anfallenden Abfalls in [t] ausgegeben, was über die Drop-Down-Menüs für jede Abfallfraktion von Minimum bis Maximum abgeändert werden kann. In Zeile 120 sind je Abfallstoff die zu entsorgende Menge in [t] und die entsprechenden Entsorgungskosten je Abfallfraktion angegeben sowie in Zeile 121 die erforderliche Menge an Entsorgungscontainern. Zur Berechnung der erforderlichen Anzahl 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. Am Ende des Arbeitsblattes „Ausgabe“ werden die Gesamtanzahl der erforderlichen Entsorgungscontainer in Zelle CP121, die Gesamttransportkosten in Zelle CP122 und die Gesamtkosten in Zelle CP123 angegeben. Ein Auszug der Kosten in der Bewertungsmatrix ist in Abbildung 146 zusammengefasst.

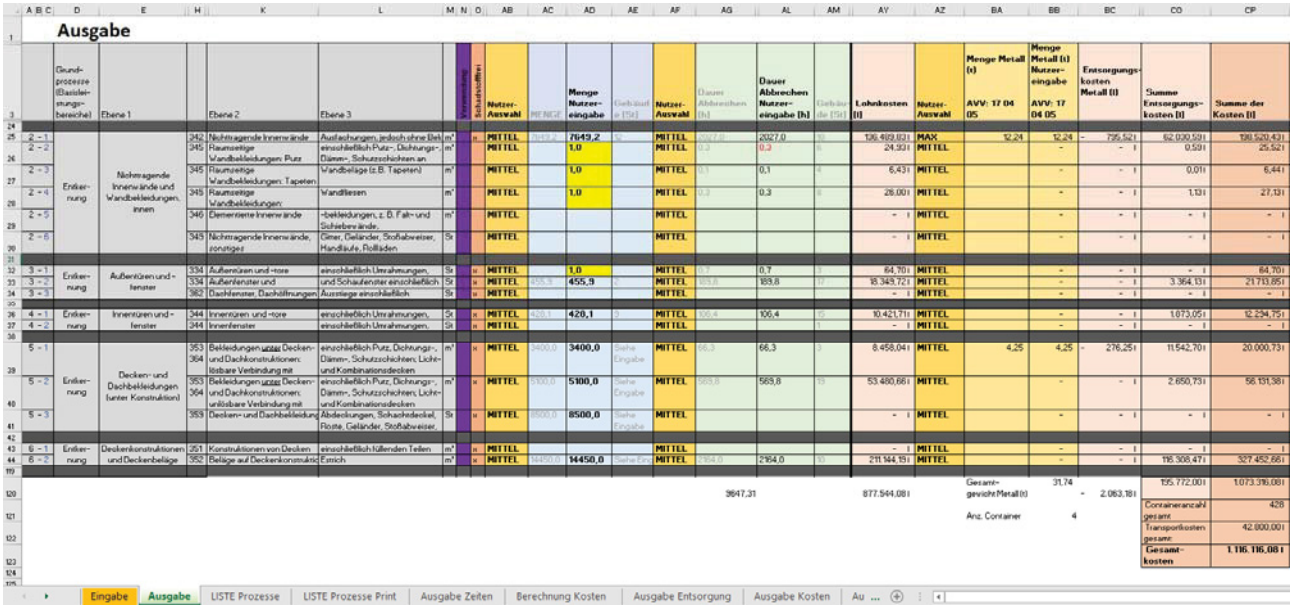


Abbildung 146: Arbeitsblatt „Ausgabe“ Bewertungsmatrix Beräumung (gekürzt)

10.2.3 Weitere Arbeitsblätter

Innerhalb der Bewertungsmatrix Beräumung erfolgt die Berechnung einzelner Zwischenergebnisse in verschiedenen Arbeitsblättern, welche zur besseren Übersicht nach der „Ausgabe“ angeordnet sind und durch die Anwendenden nicht bearbeitet werden müssen.

10.2.4 Erläuterungen zu einzelnen Beräumungsprozessen

Die einzelnen Beräumungsprozesse setzen sich aus Entrümpelungs- und Entkernungsprozessen zusammen, welche in der Matrix in separaten Zeilen erfasst sind. In der Folge wird auf die Besonderheiten einzelner Prozesse näher eingegangen.

10.2.4.1 Entrümpelung

Als ersten Ansatz zur Quantifizierung von zu entrümpelnden Gegenständen wird zu Beginn der Untersuchung Fachliteratur aus dem Bereich Architektur[464] durch Lautenschleger[465] analysiert. Hierfür werden Daten und Raumgeometrien aus beispielhaften Gebäudesteckbriefen herangezogen, die Mengen der folgenden Einrichtungsgegenstände gezählt und daraus Kennzahlen bezogen auf die BGF in [Einheit/m² BGF] ermittelt:

- Tische [St]
- Stühle [St]
- Schränke [St]
- Türen [St]
- Trennwände [m²]
- abgehängte Decken [m²]

Als problematisch stellte sich heraus, dass nur die Einrichtungsgegenstände, nicht aber darin enthaltene Gegenstände berücksichtigt werden. Es lag die Vermutung nahe, dass die Gegenstände innerhalb der Schränke einen großen Einfluss auf die zu beräumende Menge und damit auf die Beräumungsdauer und –kosten ausüben. Aus diesem Grund wurde dieser Ansatz verworfen.

---

[464] Vgl. Eisele, Staniek (2005): BürobauAtlas.

[465] Vgl. Lautenschleger/Blesinger (2018): Analyse von Entwurfsgrundlagen zur Bestimmung von Materialkennwerten von Beräumungsprozessen.

Bei Experteninterviews[466] zur den Prozessen der Entrümpelung wurde angemerkt, dass mit kleinen und leichten Gegenständen begonnen wird und große Gegenstände wie Möbel zum Schluss ausgeräumt werden. Um dieser Aussage Rechnung zu tragen, wurde die Entrümpelung in „kleine Gegenstände“ und „große Gegenstände“ untergliedert. In der Folge konnte keine einheitliche Definition gefunden werden, um einen Gegenstand beispielsweise als „groß“ zu definieren. Untersuchungen zur Arbeitsergonomie[467] führten nicht dazu, die Prozesse eindeutig unterscheiden zu können.

Es wurde ebenfalls versucht, Informationen von Möbelspeditionen und Umzugsfirmen zum Vorgehen, zum Aufwand und zu den Kosten im Rahmen von Experteninterviews[468] zu erhalten. Kein angefragtes Unternehmen war zu einem Interview bereit gewesen und Literatur- und Onlinerecherchen blieben ergebnislos.

In der Folge wurde sich dafür entschieden, den Basisprozess „Entrümpelung“ auf die zu beräumende Fläche in [m² BGF] zu beziehen. Somit musste bei folgenden Aufnahmen lediglich die zu beräumende Fläche und die Dauer der Beräumung je Raum ermittelt werden.

10.2.4.2 Entkernung Nichttragende Außenwände und Wandbekleidungen, außen

Die Prozesse „Entkernung Nichttragende Außenwände und Wandbekleidungen, außen“ beschreiben sowohl das Abbrechen der nichttragenden Wandkonstruktion als auch deren äußerste Schichten (z. B. Putz- oder Dämmschichten) sowie an der Wand befestigte Bauteile, wie Gitter und Geländer. Die Spezifikation „Nichttragende Wände […] außen“ wird entsprechend der Kostengruppe 330 eingeführt, da ein Außenbauteil aufgrund der Umweltbelastung, beispielsweise durch Sonneneinstrahlung und Staub, im Regelfall eine geringere Restnutzungsdauer aufweist als vergleichbare innenliegende Bauteile und somit eine Verwendung der Bauteile weniger wahrscheinlich ist. Zudem kann der Aufwand einer Entkernung ansteigen, da Außenbauteile teilweise nicht ebenerdig erreicht werden können und entweder ein Gerüst erforderlich wird oder die Arbeiten lediglich von innen mit entsprechenden Schutzmaßnahmen ausgeführt werden können.

10.2.4.3 Entkernung Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen

Die Prozesse „Entkernung Nichttragende Innenwände und Wandbekleidungen, innen“ basieren auf der Kostengruppe 340 „Innenwände“. Sie beschäftigen sich mit der Innenseite der

[466] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten. S. 79 und S. 96 ff.

[467] Vgl. Perica/Blesinger (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen.

[468] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten.

nichttragenden Innenwände. Die Anzahl der Einwirkungen durch Umweltbedingungen im Zuge der Entkernung von „Nichttragenden Innenwänden […], innen“ reduziert sich somit.

Zu Beginn der Untersuchungen wurde aus den Planungskennzahlen des BKI 2019[469] die Angabe der Konstruktions-Grundfläche für die Mengenermittlung der Innenwände entsprechend der Tabelle 15 herangezogen.

Tabelle 15: Konstruktions-Grundfläche (KGF)/Brutto-Geschossfläche (BGF) [%][470]

Einfacher Standard	15,3	% BGF
Mittlerer Standard	14,7	% BGF
Hoher Standard	14,0	% BGF
Mittelwert	**14,6**	**% BGF**

Mit diesen Werten konnte zwar auf einfache Weise die Menge an nichttragenden Wänden auf Basis der BGF bestimmt werden, aber es wurden keine Angaben zum Aufbau respektive zur Konstruktion und zur Materialität gegeben, welche für die weitere Bestimmung des Beräumungsaufwands und der Entsorgungskosten von Bedeutung sind. Zudem ergab sich die Problemstellung, dass nichttragende Wände ebenfalls aus mineralischen Baustoffen, wie Mauersteinen oder Stahlbeton, bestehen können, welche zumeist nicht im Zuge der Entkernung abgebrochen werden. In der Praxis zeigte sich, dass diese nichttragenden Bauteile während des Abbruchs der Tragkonstruktion mit abgebrochen werden, da die zu entsorgende Masse zur selben Abfallfraktion gehört und die hohe Abbruchleistung des Großgeräts genutzt werden kann. Aus den vorgenannten Gründen wurden die Kennzahlen des BKI nicht zur Mengenermittlung in der Bewertungsmatrix Beräumung verwendet, sondern es wurden Mengenkennzahlen aus den Baustellenaufnahmen verwendet und in die Bewertungsmatrix Beräumung eingepflegt.

Zudem werden „Raumseitige Wandbekleidungen“ einzeln aufgeführt, so dass den jeweiligen Prozessen die entsprechenden Kennzahlen zum Aufwand zugeordnet werden konnten

10.2.4.4 Entkernung Außentüren und -fenster

Die Prozesse „Entkernung Außentüren und –fenster“ setzen sich aus der Kostengruppe 340 „Außenwände“ und der Kostengruppe 360 „Dächer“ zusammen. Die vorgenannten Ausführungen zu außen- und innenliegenden Wänden entsprechend den Besonderheiten bei außen-

[469] Eigene Darstellung in Anlehnung an BKI (2019): BKI Baukosten 2019 Neubau. S.111-139.

[470] Eigene Darstellung in Anlehnung an BKI (2019): BKI Baukosten 2019 Neubau. S.111-139.

und innenliegenden Türen und Fenstern, weshalb diese getrennt betrachtet werden. Als Bezugseinheit wird Stück [St] gewählt, weil bei dieser Art der Mengenaufnahme eine zügige Ermittlung der Fensteranzahl erfolgen und auf eine aufwendige Ermittlung der Fensterflächen mit Bezugseinheit [m²] verzichtet werden kann. Es liegt die Annahme zu Grunde, dass der Aufwand des Entkernens eines Fensters nur unwesentlich ansteigt, wenn eine größere Fensterfläche vorliegt. Weitere Studien sollen diese Annahme überprüfen.

10.2.4.5 Entkernung Innentüren und –fenster

Die Prozesse „Entkernung Innentüren und –fenster“ basieren auf dem Kostenelement 344. Die eigene Gruppe für Innentüren und –fenster wird eingeführt, um die geringere Umweltbelastung und die einfache Erreichbarkeit zu berücksichtigen.

10.2.4.6 Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)

Die Prozesse „Entkernung Decken- und Dachbekleidungen (unter Konstruktion)“ setzen sich aus der Kostengruppe 350 „Decken“ und der Kostengruppe 360 „Dächer“ zusammen und beziehen sich auf Bauteile unterhalb der Konstruktionsebene. Für die Tätigkeiten der Entkernung spielt es eine untergeordnete Rolle, an welchem Bauteil das zu entkernende Bauteil befestigt ist. Übereinstimmend ist, dass beide Bauteile nicht in greifbarer Höhe befestigt sind und somit ein Gerüst oder sonstiges Hilfsmittel für die Entkernung benötigt wird.

Vor allem bei Deckenbekleidungen gibt es Konstruktionen, bei denen die Befestigungen leicht lösbar sind, so dass ein weitgehend zerstörungsfreies Demontieren mit anschließender Verwendung der Bauteile möglich ist. Aus diesem Grund wurde in der „Bewertungsmatrix Beräumung“ eine Unterscheidung zwischen lösbaren, wie beispielsweise eingehängte Kassettendecken, und unlösbaren Verbindungen, wie beispielsweise abgehängte Decken aus Gipskartonplatten, getroffen.

10.2.4.7 Entkernung Deckenkonstruktionen und Deckenbeläge (auf Konstruktion)

Die Prozesse „Entkernung Deckenkonstruktionen und Deckenbeläge (auf Decken)“ besteht vordergründig aus dem Kostenelement 352 „Deckenbeläge“ und bezieht sich auf Bauteile oberhalb der Konstruktionsebene. Eine Unterteilung in diverse Beläge auf Deckenkonstruktionen wurde erforderlich, da unterschiedliche Konstruktionen unterschiedliche Materialzusammensetzungen aufweisen und damit beispielsweise der Beräumungsaufwand und die Entsorgungskosten variieren.

Zur Berücksichtigung des unterschiedlichen Aufwands zur Entkernung verschiedener Deckenbeläge wird in Ebene 2 in mögliche Arten der Deckenbeläge unterschieden.

10.2.4.8 Entkernung Dachkonstruktionen und Dachbeläge (auf Konstruktion)

Die Prozesse „Entkernung Dachkonstruktionen und Dachbeläge (auf Konstruktion)“ bestehen aus den Dachbelägen in [m²], der Entwässerung der Dachfläche in [m] und sonstigen Bauteilen, welche in Stück [St] anzugeben sind und beziehen sich auf Bauteile oberhalb der Konstruktionsebene.

10.2.4.9 Entkernung Sonnenschutz

Der Prozess „Entkernung Sonnenschutz“ setzt sich aus den Kostenelementen 338 „Sonnenschutz“ und 369 „Dächer, sonstiges“ zusammen und beinhaltet Bauteile wie Rollläden, Markisen und Jalousien. Sie werden unabhängig von Ihren Kostengruppen in einem eigenen Entkernungsprozess zusammengefasst, weil sie vergleichbare Tätigkeiten umfassen und im Zuge der Entkernung zumeist gemeinsam abgebrochen werden.

10.2.4.10 Entkernung Einbauten

Der Prozess „Entkernung Einbauten“ wird in Einbaumöbel und Einbauküchen als Allgemeine Einbauten und Einbauten mit besonderer Zweckbestimmung und sonstige Baukonstruktive Einbauten unterteilt. Im Zuge der Entwicklung der „Bewertungsmatrix Beräumung“ wurde bei Einbauküchen zunächst der Ansatz verfolgt, die Laufmeter der Einbauküche aufzunehmen, da dies eine Zeitersparnis im Vergleich zum Zählen der Schränke mit sich bringen kann. In der Folge zeigte sich allerdings, dass die Dauer der Entkernung einer Einbauküche hauptsächlich von der Anzahl der Einzelteile respektive Schränke abhängt. Somit wird als Bezugseinheit Stück [St] festgelegt, da auf diese Weise eine zügige Mengenermittlung ohne umfangreiche Bestandsaufnahme mit Dokumentation aller individuellen Bauteilmaße und –eigenschaften erfolgen kann.

Aufgrund der Begriffsbezeichnung ist bei Einbauküchen grundlegend davon auszugehen, dass diese fest „eingebaut“ sind und somit zu den Prozessen der Entkernung und nicht zu Entrümpelung zählen.

10.2.4.11 Entkernung Technische Anlagen

Die DIN 276[471] weist mit der Kostengruppe 400 „Bauwerk - Technische Anlagen“ sämtliche Bauteile aus, die für die Kostenplanung bei der Erstellung eines Gebäudes von Bedeutung sind. Für die Analyse der Beräumungsprozesse ist diese Detailtiefe nicht zwingend erforderlich und erschwert zudem den Überblick. Deshalb wurde bei der Erstellung der Bewertungsmatrix Beräumung darauf geachtet, dass die Menge an zu entkernenden Bauteilen respektive Beräumungsprozessen überschaubar ist, was dazu führt, dass einzelne Kostengruppen in anderen aufgehen oder entfallen.

Für die Kostengruppe 400 wurde festgestellt, dass sich die Arbeiten einerseits bei Anlagenteilen auf die Einheit Stück [St] und andererseits bei Leitungen auf die Einheit Meter [m] beziehen. Deshalb wurden die Kostengruppen grundsätzlich in diese beiden Einheiten unterschieden.

Die Kostengruppe 446 „Blitzschutz- und Erdungsanlagen“ wurde separat von den Starkstrom- und Beleuchtungsanlagen der Kostengruppe 440 erfasst, da die beiden Anlagenteile zu unterschiedlichen Ausführungszeitpunkten und mit unterschiedlichen Prozessen entkernt werden. So befinden sich Kabel, Unterverteiler und Beleuchtungssysteme zumeist innerhalb eines Gebäudes und können mit vertretbarem Aufwand entkernt werden, während Auffangeinrichtungen und Ableitungen meistens außerhalb eines Gebäudes angebracht sind und eine Entkernung nur mit entsprechender Sicherheitseinrichtung oder mit einem Gerüst zu entkernen ist.

10.2.5 Zugang zur Bewertungsmatrix Beräumung

Die Bewertungsmatrix Beräumung wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten“[472] für die Forschungsinitiative "Zukunft Bau" des Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat unter dem Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-18.13 im Zeitraum vom 01.03.2019 bis zum 28.02.2021 vom Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt entwickelt. Ein digitaler Zugang zum Download der Bewertungsmatrix Beräumung kann beim Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt angefragt werden.

---

[471] DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen, Tabelle 1. S. 23 ff.

[472] Vgl. Motzko et al. (2021): Prozessmodell und Bewertungsmatrix für die Beräumung.

10.3 Schlussbetrachtung zur Bewertungsmatrix Beräumung

Auf Grundlage der in Kapitel 6.2 entwickelten Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse ist die Bewertungsmatrix Beräumung als ein einfach anzuwendendes, kennzahlenbasiertes Bewertungsinstrument entwickelt worden. Je Zeile ist der Beräumungsprozess eines zu beräumenden Bauteils aufgeführt, so dass sich die anfallenden Mengen, Dauern und Kosten prozess- respektive bauteilbezogen ablesen lassen. Durch die hinterlegten Daten in den Eintragungstabellen können sich die Anwendenden die Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwerte eines jeden Beräumungsprozesses anzeigen lassen und ihre eigene Auswahl auch außerhalb der Vorgaben treffen. Somit ist eine schnelle Übersicht und Transparenz zur Zusammensetzung der Mengen-, Dauer- und Kostenbestandteile je Beräumungsprozess gegeben. Am Ende der Bewertungsmatrix Beräumung erfolgt zudem die Summenbildung aller Beräumungsprozesse, so dass ein schneller Überblick über die benötigte Gesamtdauer einer Beräumungsmaßnahme, die Gesamtmenge einer Abfallfraktion und die daraus resultierenden Gesamtkosten ausgegeben werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bewertungsmatrix Beräumung ein hilfreiches Werkzeug darstellt, um die Prozesse der Beräumung ganzheitlich zu bewerten.

11 Fazit

In der folgenden Zusammenfassung werden die Erkenntnisse der vorliegenden Forschungsarbeit zusammengetragen. Weiterer Forschungsbedarf im Bereich der Beräumung, welcher im Zuge dieser Arbeit aufgetreten ist, wird im Ausblick aufgezeigt und schließt diese Arbeit ab.

11.1 Zusammenfassung

Nachdem der Abbruch der Tragkonstruktion in diversen Forschungen untersucht wurde und normativ geregelt ist, verfolgte diese Arbeit das Ziel, die Prozesse der vorgelagerten Beräumung näher zu analysieren.

In Kapitel 1 wurden die Ausgangssituation und die Motivation, welche zum Anfertigen dieser Arbeit geführt haben, aufgezeigt. Die Ziele in Form der Schaffung einer einheitlichen Gliederungsstruktur für die Beräumungsprozesse, der Definition der Beräumungsverfahren, der Prozessanalyse der Beräumung auf diversen Baustellen samt Darstellung in einem Prozessmodell und die Weiterentwicklung der Bewertungsmatrix Beräumung als praktikables Bewertungsinstrument für die Beräumungsprozesse wurden dargestellt. Darüber hinaus wurde der Aufbau der Arbeit, die wissenschaftstheoretische Verortung und die eingesetzten Forschungsmethodiken erläutert und die Arbeit thematisch abgegrenzt.

Durch die Grundlagenbeschreibung in Kapitel 2 wurde die Basis zur Einordnung der Entsorgung in den Abbruchprozess geschaffen. Die Brisanz der Themenstellung wurde mit der Vorstellung der hohen Mengen an Bau- und Abbruchabfällen verdeutlicht. Die rechtlichen Rahmenbedingungen der Entsorgung bei Abbrucharbeiten vervollständigen den Einstieg in das komplexe Themenfeld.

Im 3. Kapitel wurde die Bestandsaufnahme als essentielle Grundlage für die Planung und Durchführung von Abbruch- und Beräumungsmaßnahmen thematisiert. Nach den Ausführungen zu den aufzunehmenden Daten wurde auf die Erkenntnisse der durchgeführten Fallstudien zu sensorgestützten Bestandsaufnahmen eingegangen. An vier Versuchsgebäuden konnte gezeigt werden, dass mit vertretbarem Aufwand Punktwolkenaufnahmen der Räumlichkeiten und daraus wiederum digitale Gebäudemodelle mit hoher Genauigkeit bei geringem Zeitbedarf erstellt werden konnten.

Eine Begriffsdefinition und Strukturierung von Abbrucharbeiten wurde in Kapitel 4 vorgenommen. Durch die Beschreibung der Ablaufstufen von Abbrucharbeiten konnten aus diversen Literaturquellen ein einheitliches Verständnis der Begrifflichkeiten geschaffen und

sprachliche Ungenauigkeiten ausgeräumt werden. In der Folge wurden bestehende Ablaufstrukturen von Abbrucharbeiten aufgezeigt sowie eine eigene Ablaufstruktur entwickelt und grafisch dargestellt.

Zur Untersuchung der Arbeitsabläufe bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten wurden diese in Kapitel 5 entsprechend der Systematik nach REFA in Ablaufabschnitte unterteilt, beschrieben und jeweils anhand eines Beispiels verdeutlicht. Von großer Bedeutung für die weitere Untersuchung der Beräumungsprozesse war die Definition der Teilvorgänge Abbrechen und Verbringung, was u. a. das Laden, Transportieren und Abladen beinhaltet.

In Kapitel 6 wurde eine systematische, normativ begründete Gliederungsstruktur der Beräumungsprozesse aufgezeigt, die aus den Kostengruppen der DIN 276:2018-12 entwickelt wurde und den Gegenständen und Bauteilen der o. g. DIN jeweils einen Beräumungsprozess zuordnet. Anhand von Experteninterviews wurde die Gliederungsstruktur weiterentwickelt und diente als Grundlage zur Finalisierung der Bewertungsmatrix Beräumung.

Da die Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 nur vereinzelt auf die Beräumung übertragbar sind, wurde auf Basis weiterer Literatur und den Erläuterungen zu den Fertigungsverfahren der DIN 8580:2003-09 eine normativ begründete Definition der Arbeitsverfahren der Beräumung in Kapitel 7 ausgearbeitet und übersichtlich in Abbildung 59 dargestellt.

In Kapitel 8 wurde an diversen Beräumungsobjekten eine Vielzahl von Beräumungsprozessen durch Arbeitsstudien nach der REFA-Methodenlehre analysiert und als Teilarbeitssysteme modelliert. Zur Berücksichtigung der physischen Arbeitsbedingungen wurden bei Baustellenstudien die Umweltbedingungen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtungsstärke, Lärm und Staubpartikelmenge durch unterschiedliche Sensoren fortlaufend aufgezeichnet und anschließend ausgewertet. Obgleich bei diesen Studien keine Zusammenhänge zwischen Umwelteinwirkungen auf das arbeitende Personal und deren Arbeitsleistung festgestellt werden konnten, zeigte sich, dass die Aufnahme der Umweltbedingungen mit Sensoren auf einfache Weise möglich ist und die gewonnenen Daten zur Identifikation von Prozessverbesserungen genutzt werden können. Darüber hinaus wurde das Prozessmodell Beräumung durch die gewonnen Erkenntnisse aus den Baustellenstudien und der Analyse von Experteninterviews weiter präzisiert. In diesem Zuge wurden zudem Kennzahlen zur Menge, zum Aufwand und zu den Kosten der einzelnen Beräumungsprozesse extrahiert, welche die Datengrundlage der Bewertungsmatrix Beräumung bildeten. Als direkte Verwendungsmöglichkeit wurden die ermittelten Aufwandswerte der Beräumung in Tabelle 11 als Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwerte dargestellt. Darüber hinaus wurden einzelne Beräumungsprozesse exemplarisch untersucht und es wurde erkannt, dass die Ausführung von ständigen Wechseln zwischen den Arbeitsverfahren der Beräumung innerhalb weniger Sekunden geprägt ist.

Da die Bewertungsmatrix Abbruch aus den Abbruchverfahren der DIN 18007:2000-05 für Großgeräte respektive Hydraulikbagger entwickelt wurde und nicht auf den zu beräumenden

Bauteilen basiert, wurde in Kapitel 9 eine Weiterentwicklung als nicht zielführend herausgearbeitet.

In Kapitel 10 wurde die Entwicklung und die Anwendung der Bewertungsmatrix Beräumung thematisiert. Oberstes Ziel war dabei, mit Hilfe von Kennzahlen die erforderliche Bestandsaufnahme auf wenige Daten respektive Eingaben zu reduzieren und den Anwendenden einen ersten Überblick zu den auszuführenden Mengen, der Ausführungsdauer und den entstehenden Kosten zu geben. Die aus diversen Baustellenstudien ermittelten Kennzahlen ermöglichen den Anwendenden zwischen Minimal-, Median-, Mittel- und Maximalwerten sowie der offenen Eingabemöglichkeit zu wählen, um das jeweilige Beräumungsobjekt individuell bewerten zu können. Als Ergebnis werden die Dauer und die Kosten eines jeden Beräumungsprozesses ausgegeben. Durch die Summenbildung über alle Beräumungsprozesse ergibt sich zudem ein schneller Überblick über die benötigte Gesamtdauer, die Gesamtmenge je Abfallfraktion und die gesamten Lohn- und Entsorgungskosten. Die Bewertungsmatrix Beräumung leistet somit einen wichtigen Beitrag, um die komplexen Prozesse der Beräumung bewerten zu können.

11.2 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde die Forschungsfrage untersucht, wie die vorgelagerten Beräumungsprozesse zu gestalten sind, um eine effiziente Ausführung zu gewährleisten.

Anhand der durchgeführten sensorgestützten Bestandsaufnahmen für Beräumungsarbeiten konnte gezeigt werden, dass eine digitale Arbeitsweise im Bereich von Abbruch- und Beräumungsarbeiten entscheidende Vorteile bringt. Durch den kontinuierlichen Einsatz von Bauwerksinformationsmodellen, welche unter anderem die Gebäudegeometrie und spezielle Bauteileigenschaften, wie beispielsweise die Bauteilzusammensetzung und die Masse der Bauteile, beinhalten, werden die Ausführungsmengen selbstständig generiert. Bauteilbezogene Aufwandswerte, Lohnkostenansätze und Entsorgungskosten können in einer Datenbank respektive in einem „BIM-Fachmodell Abbruch“ als Wissensspeicher hinterlegt und für zukünftige Projekte verwendet werden. In weiteren Studien sollte untersucht werden, mit welchen Hilfsmitteln eine Bestandsaufnahme und die darauffolgende Gebäudemodellierung zukünftig beispielsweise durch Objekterkennungssoftware und den Einsatz von künstlicher Intelligenz vereinfacht werden kann.

Nach der Unterteilung der Beräumung in Teilvorgänge wurde festgestellt, dass die dem Abbrechen folgenden, anfänglich untergeordnet erscheinenden Teilvorgänge Zerkleinern, Laden, Transportieren und Abladen einen bedeutenden Anteil am Gesamtaufwand aufweisen. Weitere Untersuchungen sollten sich auf die prozentuale Verteilung der Teilvorgänge fokus-

sieren, so dass Ansatzpunkte für Prozessverbesserungen bei diesen Teilvorgängen identifiziert werden können. Zudem sollte näher untersucht werden, zu welchem Zeitpunkt und an welchem Ort das Zerkleinern und Sortieren respektive Separieren der Gegenstände und abgebrochener Bauteile erfolgen sollte.

Durch die Definition der Fertigungsverfahren der Beräumung ist eine Basis geschaffen, um weitere Untersuchungen zum Anwendungsgrund und zur Anwendungshäufigkeit der jeweiligen Beräumungsverfahren anzustellen. Aufgrund der Erkenntnis, dass zwischen den Beräumungsverfahren innerhalb weniger Sekunden gewechselt wird, kann die Annahme getroffen werden, dass eine Prozessverbesserung mit einer Verstetigung der Prozesse einhergehen kann. An einem Beräumungsobjekt sollten vergleichende Studien durchgeführt werden, so dass beispielsweise die Auswirkungen von Einzelarbeit oder Teamarbeit mit entsprechender Arbeitsteilung aufgezeigt und analysiert werden können.

Mit der Bewertungsmatrix Beräumung liegt ein praktikables Werkzeug für die Planung und Ausführung von Beräumungsarbeiten vor. Die Daten der untersuchten Beräumungsobjekte geben einen guten Ansatz zum Aufwand und zu den Kosten der Beräumung, wobei zusätzliche Baustellenstudien die bestehende Datenlage weiter verdichten sollten. Die Prozesse der Schadstoffsanierung sind in der Bewertungsmatrix Beräumung implementiert und mit einzelnen Datensätzen hinterlegt. Aus Gründen des Arbeitsschutzes konnten nur wenige Baustellenstudien auf Basis der Gesamtdauer durchgeführt werden, so dass weiterer Forschungsbedarf zur Prozessgestaltung der Schadstoffsanierung besteht.

Literaturverzeichnis

Abfallrahmenrichtlinie „Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien". https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1602768647329&uri=CELEX:02008L0098-20180705, Abrufdatum: 21.07.2021.

AVV Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV), vom 10. Dezember 2001, zuletzt am 17. Juli 2017 geändert.

AHO Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e. V. (2014): Planungsbereich „Baufeldfreimachung/Rückbau“ - Leistungsbild und Honorierung. AHO Heft 18. 2., vollständig überarbeitete Auflage Oktober 2014. Köln: Bundesanzeiger (Schriftenreihe des AHO, 18).

Azizullah, Habib (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen zur Generierung von Zeitaufwandswerten. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Bauer, Herrmann (2007): Baubetrieb, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Berg, Gerhard (1984): REFA in der Baupraxis – Teil 1 Grundlagen, ZTV-Verlag, Frankfurt am Main.

BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (2019): Baustein-Merkheft 402 Abbruch und Rückbau. https://www.bgbau.de/service/angebote/medien-center-suche/medium/abbruch-und-rueckbau/, Abrufdatum: 04.03.2021.

BioStoffV Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung -BioStoffV), vom 15. Juli 2013, zuletzt am 29. März 2017 geändert.

BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH (2019): Baukosten Gebäude + Bauelemente Neubau 2019. Statistische Kostenkennwerte Teil 1 +Teil 2. Stuttgart: BKI.

BMI Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und BMVg Bundesministerium der Verteidigung (2018): Baufachliche Richtlinien Recycling, https://www.bfr-recycling.de, Abrufdatum: 04.03.2021.

Bormann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (2015): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, Springer Fachmedien, Wiesbaden.

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020): Abfallaufkommen und Anteile der Bau- und Abbruchabfälle, https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/bauabfaelle-und-bodenaushub/abfallaufkommen-und-anteile-der-bau-und-abbruchabfaelle/, Abrufdatum: 20.07.2021.

BAuA Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010): Selektiver Abbruch und verwendungsorientierter Rückbau – Checklisten zum präventiven Arbeitsschutz für die am Abbruch Beteiligten. https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A28.html, Abrufdatum: 24.03.2021.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (o. J.): Kraftwerksliste, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html, Abrufdatum: 04.03.2021.

BRTV Bundesrahmentarifvertrag für das Baugewerbe (2018), https://www.soka-bau.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Arbeitgeber/tarifvertrag_brtv.pdf, Abrufdatum: 13.05.2021.

bvse Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (o. J.): Verwertung: Schadstoffe entsorgen – Rohstoffe sichern, https://www.bvse.de/fachbereiche-schrott-e-schrott-kfz/elektronik-e-schrott/verwertung-schadstoffe-entsorgen-rohstoffe-sichern.html, Abrufdatum: 24.03.2021.

DESTATIS Statistisches Bundesamt (o. J.): Abfallwirtschaft Kurzübersicht Abfallbilanz – Zeitreihe, Abfallbilanz 2018, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html;jsessionid=38B4121830A1FACDC3DD9ED5759168C0.live741, Abrufdatum: 20.07.2021.

Deutscher Abbruchverband e. V. (2015): Abbrucharbeiten – Grundlagen, Planung, Durchführung. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage 2015, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2019): Regel 101-603 Branche Abbruch und Rückbau, https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-regeln/3363/branche-abbruch-und-rueckbau, Abrufdatum: 04.03.2021.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2000): Abbrucharbeiten. Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche, DIN 18007:2000-05, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (1985): Begriffe der Zerspantechnik; Bewegungen und Geometrie des Zerspanvorganges, DIN 6580:1985-10, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2010): Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten

im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009, DIN EN 1991-1-1:2010-12, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2013): Fertigungsverfahren Zerteilen – Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8588:2013-08, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 0: Allgemeines; Einordnung, Unterteilung, Begriffe , DIN 8589-0:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 1: Drehen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe , DIN 8589-1:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 2: Bohren, Senken, Reiben; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-2:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 3: Fräsen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-3:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 4: Hobeln, Stoßen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-4:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 5: Räumen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-5:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 6: Sägen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-6:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 7: Feilen, Raspeln; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-7:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 8: Bürstspanen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-8:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 9: Schaben, Meißeln; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-9:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 11: Schleifen mit rotierendem Werkzeug; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-11:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 12: Bandschleifen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-12:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 13: Hubschleifen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-13:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 14: Honen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-14:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 15: Läppen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, , DIN 8589-15:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Spanen - Teil 17: Gleitspanen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8589-17:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Abtragen - Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8590:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Zerlegen - Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8591:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Reinigen - Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8592:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Fügen - Teil 0: Allgemeines; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8593-0:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Fügen - Teil 1: Zusammensetzen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8593-1:2003-09, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2003): Fertigungsverfahren Fügen - Teil 8: Kleben; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, DIN 8593-8, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2018): Kosten im Bauwesen, DIN 276:2018-12, Beuth Verlag, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (1982): Strahlverfahrenstechnik; Begriffe, Einordnung der Strahlverfahren, DIN 8200:1982-10, Beuth Verlag, Berlin. Zurückgezogen.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2016): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Abbruch- und Rückbauarbeiten, DIN 18459:2016-09, Beuth Verlag, Berlin.

Disser, Jonas (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2019): Bestimmung von Objektkennwerten für Beräumungsarbeiten. Bachelorthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Disser, Jonas (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2019): Untersuchung zum Aufwand der vor- und nachgelagerten Prozesse an einem Abbruchobjekt. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Dudenredaktion (o. J.): „entrümpeln“ auf Duden online. https://www.duden.de/node/137443/revision/137479, Abrufdatum: 04.03.2021.

Dudenredaktion (o. J.): „konventionell“ auf Duden online. https://www.duden.de/node/149618/revision/149654, Abrufdatum: 04.03.2021.

Ebner, Torsten (2002): Bauen im Bestand bei Bürogebäuden. Dissertation, Institut für Baubetrieb, TU Darmstadt.

Eisele, Johann; Staniek, Bettina (2005): BürobauAtlas. Grundlagen, Planung, Technologie, Arbeitsplatzqualitäten. München: Callwey.

Gabler Wirtschaftslexikon (2018): Kennzahlen, https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kennzahlen-41897, Abrufdatum: 23.03.2021.

GEAB Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (o. J.): STLB BAU, https://www.gaeb.de/de/stlb-bau/#1555325533999-a747f6de-62e4, Abrufdatum: 19.03.2021.

GefStoffV Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV), vom 26. November 2010, zuletzt am 29. März 2017 geändert.

GewAbfV Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV), vom 18. April 2017, zuletzt am 23. Oktober 2020 geändert.

Girmscheid, Gerhard; Motzko, Christoph (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. Produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg.

Girmscheid, Gerhard (2007): Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften, 2. Auflage: Eigenverlag des Instituts für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich. Zürich.

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2010): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 4. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien Wiesbaden.

GVSS Gesamtverband Schadstoffsanierung e. V. (o. J.): Schadstoffe bei Abbruchmaßnahmen, https://www.gesamtverband-schadstoff.de/media/schadstoffe_bei_abbruchma__nahmen.pdf, Abrufdatum: 26.06.2020.

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. und Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e. V.(2001): Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen – KLR Bau. Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin.

HBO Hessische Bauordnung, vom 28. Mai 2018, zuletzt am 3. Juni 2020 geändert.

Heymann, Jennifer (Verfasserin); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Hofstadler, Christian (2007): Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Klein, Adrain (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2021): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Klingenberger, Jörg (2007): Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden. Dissertation, Institut für Baubetrieb, TU Darmstadt.

Koch, Eva (1997): Flächenrecycling durch kontrollierten Rückbau. Ressourcenschonender Abbruch von Gebäuden und Industrieanlagen. Berlin: Springer.

Krapp, Anna (Verfasserin); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

KrWG Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG), vom 24. Februar 2012, zuletzt am 9. Dezember 2020 geändert.

Krolkiewicz, Hans Jürgen (2010): Der Altbau: Auswahl, Kauf, Modernisierung. Freiburg: Haufe (Meine Immobilie).

Kuckartz, Udo; Dresing, Thorsten; Rädiker, Stefan; Stefer, Claus (2008): Qualitative Evaluation – Der Einstieg in die Praxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Künstner, Gerhard (1984): REFA in der Baupraxis, Teil 2 Datenermittlung, ZTV-Verlag, Frankfurt am Main.

Lach, Mark (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2019): Sensorgestützte Bestandsaufnahme von Gebäuden. Studienarbeit, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Lautenschleger, Johannes (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2018): Analyse von Entwurfsgrundlagen zur Bestimmung von Materialkennwerten von Beräumungsprozessen. Bachelorthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

LfU Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz – Arbeitshilfe Rückbau, https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/arbeitshilfe/index.htm, Abrufdatum: 26.06.2020.

Löhr, Michael (2013): Planung bei Abbrucharbeiten, Dissertation, Institut für Baubetrieb, TU Darmstadt.

Loshaj, Rinor (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Analyse von Beräumungsprozessen unter Berücksichtigung von Umwelteinflüssen. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Luft, Anastasia (Verfasserin); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Untersuchung zum Entsorgungsprozess auf Abbruchbaustellen. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Mayer, Horst Otto (2008): Interview und schriftliche Befragung. Entwicklung, Durchführung und Auswertung. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, Oldenbourg Verlag München.

Mayring, Philipp (2015): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage 2015, Beltz Verlag,·Weinheim und Basel.

Martens, Hans; Goldmann, Daniel (2016): Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. 2. Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden.

Mieg, Harald A.; Näf, Matthias (2005): Experteninterviews (2. Aufl.). Institut für Mensch-Umwelt-Systeme (HES), ETH Zürich.

Motzko, Christoph; Fenner, Jörg; Wöltjen, Jan; Löw, Daniela (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 Verlag (Forschungsinitiative ZukunftBau, 2975).

Motzko, Christoph; Fenner, Jörg; Wöltjen, Jan; Löw, Daniela (2016): Handbuch zur 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 Verlag (Forschungsinitiative ZukunftBau, 2975).

Motzko, Christoph, Linnebacher, Fabian; Blesinger, Daniel (2017): Urban Mining. In: Revitalisierung und Sanierung im Bauwesen, Manual M20, Construction Managers' Library, Erasmus+ Programm, Europäische Union.

Motzko, Christoph; Blesinger, Daniel; Wenzel, Sandra (2021): Prozessmodell für die Entrümpelung und Entkernung und Matrix zur technischen, ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Bewertung von Beräumungsverfahren bei Abbrucharbeiten. (Forschungsinitiative Zukunft Bau).

Motzko, Christoph; Klingenberger, Jörg (2004): Kalkulation kontrollierter Abbrucharbeiten – ausgewählte Schwachstellen und Empfehlungen aus baubetrieblicher Sicht. In: Tiefbau; 116. Jg. (2004); Heft 1; S. 22-28.

NachwV Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV), vom 20. Oktober 2006, zuletzt am 23. Oktober 2020 geändert.

Ott, Julia (Verfasserin); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2018): Prozessanalyse zur Demontage von denkmalgeschützten Fensterflächen. Studienarbeit, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Perica, Helena (Verfasserin); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Untersuchung von Beräumungsprozessen. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Plümecke, Karl; Kuhne, Volker (2008): Preisermittlung für Bauarbeiten. 26., überarbeitete Auflage. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

Reichmann, Thomas; Hoffjan, Andreas; Kißler, Martin; Palloks-Kahlen, Monika; Richter, Hermann J. (2014): Controlling mit Kennzahlen. Die systemgestützte Controlling-Konzeption mit Analyse- und Reportinginstrumenten. 8., überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Franz Vahlen München.

Rommel, Theo (1999): Leitfaden für die Erfassung und Bewertung der Materialien eines Abbruchobjektes. Berlin: Beuth (Deutscher Ausschuß für Stahlbeton).

Sahin, Birkan (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2017): Ermittlung von Materialkennwerten und Zeitaufwandswerten bei vor- und nachgelagerten Prozessen des Abbruchs. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke (2005): Methoden der empirischen Sozialforschung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Schmitz, Heinz; Böhning, Jörg; Krings, Edgar (1991): Konstruktionsempfehlungen. Altbaumodernisierung im Detail. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.

Silbe, Katja (1999): Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten. 1. Aufl. - Berlin: Mensch und Buch Verlag. Zugleich: Dissertation, Darmstadt: Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Institut für Baubetrieb.

Sprengnetter, Hans Otto (2010): Immobilienbewertung - Marktdaten und Praxishilfen: inkl. 92. Aktualisierungs- und Ergänzungslieferung Loseblattsammlung – 1. Februar 2010.

STLB-Bau Online (o. J.): Leistungsbereiche – Ausschreibungstexte, https://www.stlb-bau-online.de/Ausschreibungstexte/Leistungsbereiche/1, Abrufdatum: 19.03.2021.

Taleb, Majid (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): (2018): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. Masterthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Toppel, Carsten (2004): Technische und ökonomische Bewertung verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau. Dissertation, Institut für Baubetrieb, TU Darmstadt.

TÜV SÜD AG (o. J.): Prüfung, Begutachtung und Inspektion von Kernkraftwerken, https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/energie/kraftwerke/kernenergie, Abrufdatum: 04.03.2021.

Ulrich, Peter; Hill, Wilhelm (1976) Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Wirtschaftswissenschaftliches Studium : Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt, 5 (7+8). 304-309.

Verkuil, Arie H.; Dey, Pascal (2010): Forschungsverständnis im Kontext anwendungsorientierter Wissenschaften. Fachhochschule Nordwestschweiz – Hochschule für Wirtschaft, Brugg-Windisch. https://docplayer.org/17863651-Forschungsverstaendnis-im-kontext-anwendungsorientierter-wissenschaften-f-e.html, Abrufdatum: 07.07.2021.

VDI Verein Deutscher Ingenieure (2016): Abbruch von baulichen und technischen Anlagen, VDI-Richtlinie 6210 Blatt 1, Februar 2016.

VDI Verein Deutscher Ingenieure (2020): Abbruch baulicher und technischer Anlagen – Abbruchstatik, VDI-Richtlinie 6210 Blatt 9 – Entwurf, Juni 2020.

VDI Verein Deutscher Ingenieure/GVSS Gesamtverband Schadstoffsanierung (2020): Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen, VDI-Richtlinie 6202 Blatt 1, Oktober 2013.

VDI Wissensforum GmbH Verein Deutscher Ingenieure (o. J.): Rückbau konventioneller Kraftwerke und Industrieanlagen, https://www.vdi-wissensforum.de/weiterbildung-energie/rueckbau-von-konventionellen-kraftwerken/, Abrufdatum: 04.03.2021.

VGB PowerTech e. V. (ehemals Vereinigung der Großkesselbesitzer e. V.), Stilllegung und Rückbau konventioneller Kraftwerke, https://www.vgb.org/stilllegung_rueckbau_kw.html, Abrufdatum: 04.03.2021.

Wilhelm, Konstantin (Verfasser); Blesinger, Daniel (Betreuer) (2020): Untersuchung zu Schadstoffsanierungsarbeiten. Bachelorthesis, Institut für Baubetrieb, Technische Universität Darmstadt.

Anhang

Anhang 1: Interviewleitfaden für Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung[473]

[473] Vgl. Talebi/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse der Beräumung. Digitaler Anhang.

Experteninterview zu Beräumungsarbeiten

Fragenkatalog

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
Institut für Baubetrieb

Technische Universität Darmstadt

Institut für Baubetrieb

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

Ansprechpartner: M. Sc. Dipl.-Ing (FH) Daniel Blesinger
Telefon: 0 61 51 / 16 - 21570
E-Mail: d.blesinger@baubetrieb.tu-darmstadt.de

Interviewer: B. Sc. Majid Talebi
E-Mail: majidtal@yahoo.de
Tel.: 0176 72509079

Experteninterview zu Beräumungsarbeiten – Fragenkatalog

Das Institut für Baubetrieb der TU Darmstadt möchte die vorgelagerten Prozesse des Abbruchs näher untersuchen, um Schwachstellen aufzudecken und Verbesserungen in der Planung und Ausführung herbeiführen bzw. zu optimieren.

Um Ansatzpunkte hierzu zu identifizieren, möchten wir mit Ihnen dieses Interview führen.

Das Interview ist gegliedert in die Themenbereiche:

- Allgemeines zum Experten/zum Unternehmen
- Allgemeines zu Ausschreibung/Vergabe
- Fragen zu den Beräumungsprozessen

Damit Begriffe eindeutig verwendet werden können, vorab eine Rückfrage zur Benennung von Abbruchprozessen:

Das Institut für Baubetrieb strukturiert Abbrucharbeiten wie folgt:

- Entrümpelung
- Entkernung
- Schadstoffsanierung

} zusammengefasst als Beräumung

- Konstruktiver Abbruch
- Entsorgung

Kommentieren Sie diese Strukturierung der Abbruch-/Beräumungsarbeiten. Sind Sie anderer Meinung? Wie strukturieren Sie Ihre Tätigkeiten und warum?

1. Allgemeine Fragen zum Experten/Unternehmen

1.1 Wie lange sind Sie im Bereich Abbruch/Beräumung tätig?

Antwort:

1.2 Wie lange ist Ihr Unternehmen im Bereich Abbruch/Beräumung tätig?

Antwort:

1.3 Wie viele Mitarbeiter beschäftigt Ihr Unternehmen im Bereich Abbruch/Beräumung?

(Ihre Position?)

Antwort:

1.4 Welche Rechtsform besitzt Ihr Unternehmen?

(Kapitalgesellschaft: AG, KGaA, GmbH und SE.
Einzelunternehmen: Eingetragener Kaufmann/Kauffrau (e.K., Kfm. Oder e.kffr.))

Antwort:

1.5 Wie groß ist Ihr Jahresumsatz im Bereich Abbruch/Beräumung?

(Prozentualer Anteil Beräumung & Abbruch)

Antwort:

1.6 Was sind die durchschnittlichen Auftragsvolumen eines Einzelauftrags?

(Min. & Max. Auftragsvolumen)

Antwort:

1.7 Wie sieht eine durchschnittliche Baustellenbesetzung bei Ihnen aus?

(Anzahl Arbeitskräfte, ggf. Qualifikation, immer gleiche Kolonen, ...)

Antwort:

2. Ausschreibung/Vergabe

2.1 Mit welchem Vertragsform führen Sie die Abbruch-/Beräumungsarbeiten hauptsächlich aus?

(Einheitspreis, Pauschal, Stundenlohn, …)

Antwort:

2.2 Wer sind Ihre Auftraggeber und wie verteilen sich diese?

(Öffentliche Hand, andere Abbruchunternehmen, private Bauherren/prozentuale Verteilung)

Antwort:

2.3 Führen Sie nach Abschluss eines Projektes ein Controlling (Nachkalkulation) durch?

(Für eigene unternehmerische Belange)

Antwort:

3. Beräumungsprozesse

3.1 Führen Sie die anfallende Tätigkeiten im Bereich der Beräumung hauptsächlich mit eigenem Personal aus?

Antwort:

3.2 Welche Tätigkeiten der Beräumung vergeben Sie regelmäßig an Nachunternehmer und warum?

(Bsp.: Schadstoffsanierung)

Antwort:

3.3 Wie ändern sich die Prozesse, wenn Schadstoff vorliegt?

(Zusätzliche Tätigkeiten/Aufwand/Kosten)

Antwort:

3.4 Welche Unterlagen/Informationen sollten Ihnen im besten Fall in der Angebotsphase gestellt werden und warum?

Antwort:

3.5 Welche Informationen müssen Sie sich dann noch beschaffen und woher erhalten Sie diese? Führen Sie bei unzureichenden Informationen eine Vor-Ort-Begehung durch?

(Was notieren Sie sich bei einer Vor-Ort-Begehung?)

Antwort:

3.6 Wie untergliedern Sie die Prozesse (und ggf. auch die Kolonnen) der Beräumungsarbeiten, damit Sie diese planen/vorbereiten/ausführen können?

(Wie sieht Ihre Planungsphase aus? Boden, Wand Decke / nach Rohstoffen / ...)

Antwort:

3.7 Wie ermitteln Sie die anfallenden Mengen/den Aufwand/die Kosten der Beräumung?

(Über Kennwerte?/ Horizontale/ ...)

Antwort:

3.8 Welche Prozesse/Bauteile sind bei der Beräumung besonders Zeitintensiv oder kostenintensiv? Und warum?

Antwort:

3.9 Haben Sie einen Zeit/Kosten -Kennwert für die Beräumung? Würden Sie uns diesen mitteilen?

Antwort:

3.10 Wie verteilen sich die Kosten auf Entrümpelung, Entkernung, Schadstoffsanierung, konstruktiver Abbruch und Entsorgung bei einem Komplettabbruch?

(Prozentual)

Antwort:

3.11 Wie verteilen sich die Ausführungszeit auf Entrümpelung, Entkernung, Schadstoffsanierung, konstruktiver Abbruch und Entsorgung bei einem Komplettabbruch?

(Prozentual)

Antwort:

4. Entsorgung

4.1 Werden die anfallenden Entsorgungsmengen der Beräumung vom Auftraggeber ermittelt und übernimmt der Auftraggeber die Entsorgungskosten?

Antwort:

4.2 Wenn Sie die anfallenden Entsorgungsmengen der Beräumung ermitteln müssen, wie tun Sie dies?

(Kennwert pro m² BGF / Kennwert pro m³ BRI / ...)

Antwort:

4.3 Wie entscheiden Sie, ob ein Bauteil sorgfältig demontiert und zum Verkauf vorbereitet, zerstörend abgebrochen und zum Rohstoffpreis abgegeben oder gegen Gebühr entsorgt wird?

(Beispiele: Elektrokästen, Heizkörper, Einbauleuchte, ...)

Antwort:

4.4 Wir kommen jetzt zum Abschluss des Interviews. Wo sehen Sie Optimierungsbedarf in den Beräumungsprozessen? Sehen Sie noch weitere Punkte, die bislang noch nicht zu Sprache gekommen sind oder haben Sie Anmerkungen zum Interviewverlauf?

Antwort:

Ich bedanke mich für Ihre Unterstützung und die Zeit, die Sie sich für dieses Interview genommen haben.

Majid Talebi

Anhang 2: Interviewleitfaden für Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten[474]

[474] Vgl. Heymann/Blesinger (2019): Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten. S. IV ff.

Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
Institut für Baubetrieb

Technische Universität Darmstadt
Institut für Baubetrieb
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko

Ansprechpartner: M. Sc. Dipl.-Ing (FH) Daniel Blesinger
E-Mail: d.blesinger@baubetrieb.tu-darmstadt.de

Interviewerin: B. Sc. Jennifer Heymann
E-Mail: jennifer.heymann@stud.tu-darmstadt.de

Interviewleitfaden

Mein Name ist Jennifer Heymann. Ich studiere Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt (TU Darmstadt) und schreibe zurzeit meine Abschlussarbeit mit dem Titel „Experteninterviews zur Prozessanalyse von Entrümpelungsarbeiten“ am Institut für Baubetrieb.

Die nachfolgenden Fragen dienen dazu, mehr über Entrümpelungsarbeiten zu erfahren. Dabei wird der Fokus auf die Entrümpelung von Büro- und Verwaltungsgebäuden gelegt. Die Identifikation von Prozessen der Entrümpelung ist das Ziel, deren Abläufe und Abhängigkeiten zu benennen und fehlendes Wissen über Ausführungsmengen, Vorgangsdauern und Kosten mit Ihrer Hilfe zu ergänzen.

Das Interview dauert ca. eine Stunde. Der Leitfaden gliedert sich in **5 Abschnitte**:
Zu Beginn möchte ich etwas über die **Branche** von Entrümpelungsarbeiten und Ihre Firma erfahren.
Im Folgenden interessiert mich Ihr **Vorgehen** und Ihr Arbeitsablauf bei einer Entrümpelung.
Im weiteren Verlauf des Interviews wird auf Ihre **Kalkulation** eingegangen. Es geht um die Frage wie ein Angebot Ihrerseits für eine Entrümpelungsleistung aussieht.
Zu Ende des Interviews sollen Fakten über Ausführungsmengen, Vorgangsdauern und Kosten anhand von **Beispielobjekten** näher beleuchtet, sowie **Modelle** möglicher Prozessabläufe einer Entrümpelung diskutiert werden.

Fragenkatalog

Branche

1. Wie viele Mitarbeiter beschäftigen Sie insgesamt und im Bereich der Entrümpelung?
2. Besitzen Sie eine Stammbelegschaft an Mitarbeitern oder wechselt Ihr Team?
3. Welche Unternehmensform besitzt Ihre Firma?
4. Wie viel Jahresumsatz verzeichnet Ihre Firma insgesamt und im Bereich der Entrümpelung?

Vorgehen und Ablauf

Bestandsaufnahme:

1. Führen Sie bei Anfrage einer Entrümpelung eine Bestandsaufnahme durch?
2. Was nehmen Sie auf? Wie schauen Sie sich die Räume an? Auf welche Dinge achten Sie?

Planung und Ausführung:

3. Ist eine Vor-Ort-Begehung immer erforderlich? Welche Unterlagen, Angaben und Informationen müssen Ihnen vorliegen? Wie gehen Sie vor, wenn diese nicht vorliegen?
4. Aus welchen Prozessen besteht eine Entrümpelung für Sie? Wie untergliedern Sie diese?
5. Wie ermitteln Sie die anfallenden Mengen, die ausgeräumt und entsorgt werden müssen? Machen Sie oder Ihr Auftraggeber dies?
6. Wie ermitteln Sie den zeitlichen Aufwand einer Entrümpelung?

7. **Ankauf von Inventar:** Wie erkennen Sie den Wert eines Gegenstandes und wie wird dieser gegengerechnet (bzgl. Aufwand für Transport, Lagerung und Gewinn durch Weiterverkauf)?

8. Welche Probleme treten am häufigsten auf und sind spezifisch für die Branche?

Kalkulation

1. Wie ermitteln Sie die Kosten einer Entrümpelung? Auf was beziehen Sie Ihre Leistungen?

2. Wie bieten Sie Ihre Leistungen an? (Einheitspreis, Pauschale, Stundenlohn…)

3. Wir nehmen an, dass sich Ihr Angebot aus Lohn-, Entsorgungs- und sonstigen Kosten ergibt. Stimmen Sie damit überein? Welche Aufteilung nehmen Sie vor?

4. Zu welchen Teilen gehen diese Kosten in Ihr Angebot ein? Wer übernimmt die Entsorgungskosten?

5. Welche Tätigkeiten/Arbeitsschritte sind bei der Entrümpelung besonders zeit- oder kostenintensiv? Warum sind es genau diese?

Prozessverbesserung:

1. Gibt es abschließend noch Aspekte, die Ihrer Meinung nach Einfluss auf die Prozesse der Entrümpelung haben, die im Zuge des Interviews von mir noch nicht angesprochen wurden, jedoch bei jeder Entrümpelung wichtig sind?

Beispielobjekte: Aufwand, Kosten, Mengen beziffern

Ich würde gerne mit Ihnen, anhand von 6 Beispielobjekten, eine Entrümpelung auf zeitlichen und kostenbasierten Angaben durchgehen.

Objektausprägungen:

- 1 - Zimmerwohnung
- 2 - Zimmerwohnung
- 3 - Zimmerwohnung
- Einfamilienhaus / kl. Haus
- Keller, Garage
- Dachboden

Aufwand:

Gesucht:	Aufwandswert [h/m²] der Entrümpelung
Benötigte Angaben:	Dauer, tägliche Arbeitszeit, Anzahl Arbeitskräfte, Gesamtfläche

Kosten:

Gesucht:	Gesamtkosten [€], Lohnkosten [€], Entsorgungskosten [€]
Benötigte Angaben:	Verteilung der Kostenarten (Entsorgung, Lohn, Sonstiges)

Mengen:

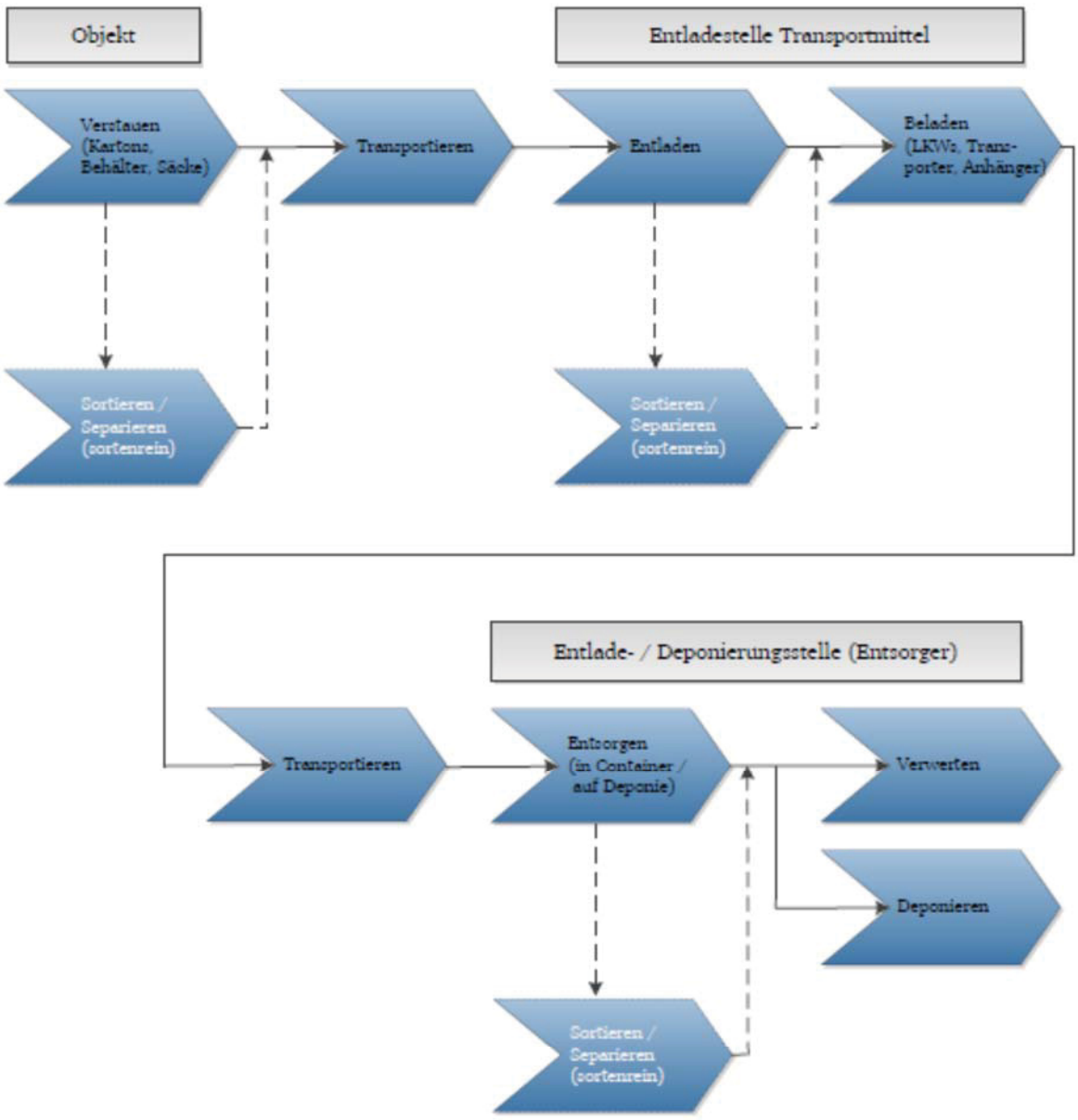
Gesucht:	Menge [t], die abtransportiert wird
Benötigte Angaben:	Entsorgungsmenge, Verteilung der Stoffe (Hausmüll, Sperrmüll, Papier/Pappe, Glas, Altmetall, Holz, Textilien/Bekleidung, Elektrogeräte…)

Prozessbeschreibung und Strukturierung der Prozesse einer Entrümpelung

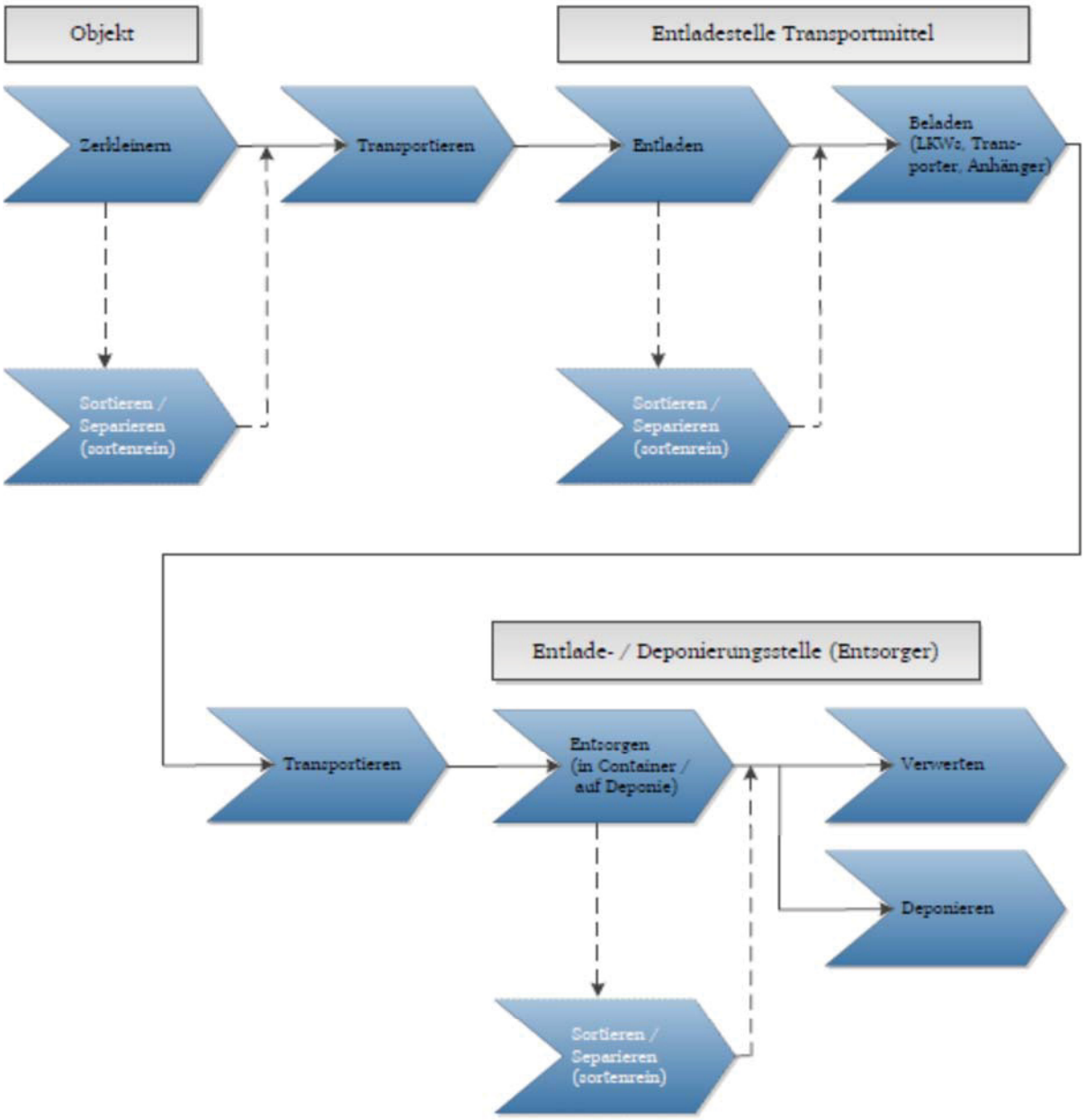
Zu Ende würde ich gerne näher auf den Ablauf einer Entrümpelung und die Prozesse, die eine Entrümpelung für Sie beinhaltet, eingehen.

- Stimmen Sie mit der nachfolgenden Unterteilung sowie Strukturierung der Prozesse überein?
- Nehmen Sie eine weitere Unterteilung vor und aus welchen Gründen?
- Wie sieht der Transport aus dem Objekt zum Transportmittel für Sie aus und aus welchen Gründen gehen Sie so vor?
- Sortieren/Separieren Sie nach Stoff-/Abfallsorten, an welcher Stelle und aus welchen Gründen?
- Sortieren/Separieren Sie, an welcher Stelle, in welcher Form und aus welchen Gründen?
- Welche Einflussparameter/Randbedingungen (bspw. Laufweg, Parkmöglichkeiten, Aufzug, Stockwerk…) sind für Sie wichtig und haben Einfluss auf eine Entrümpelung?

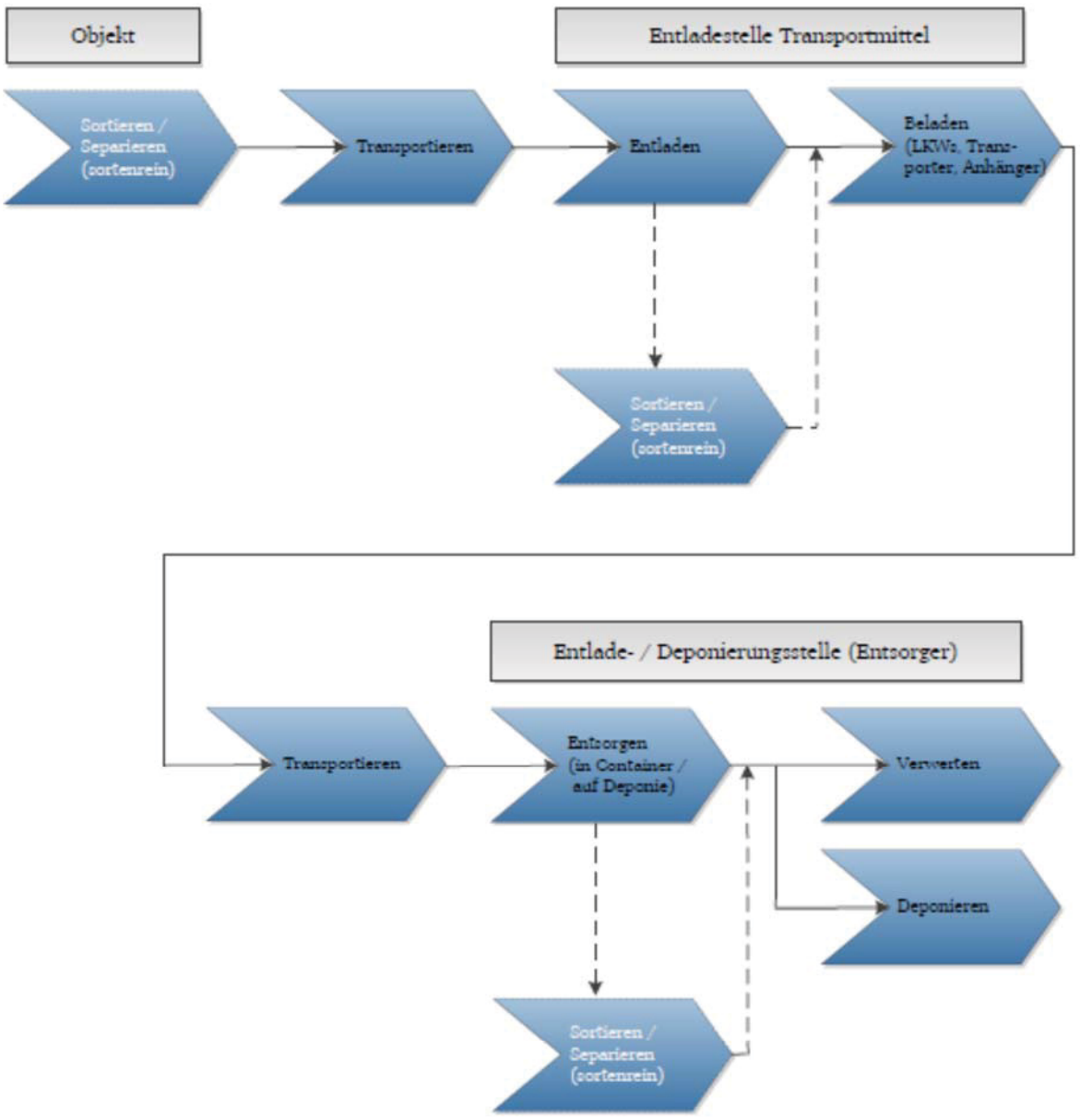
Entrümpelung kleiner / leichter Gegenstände



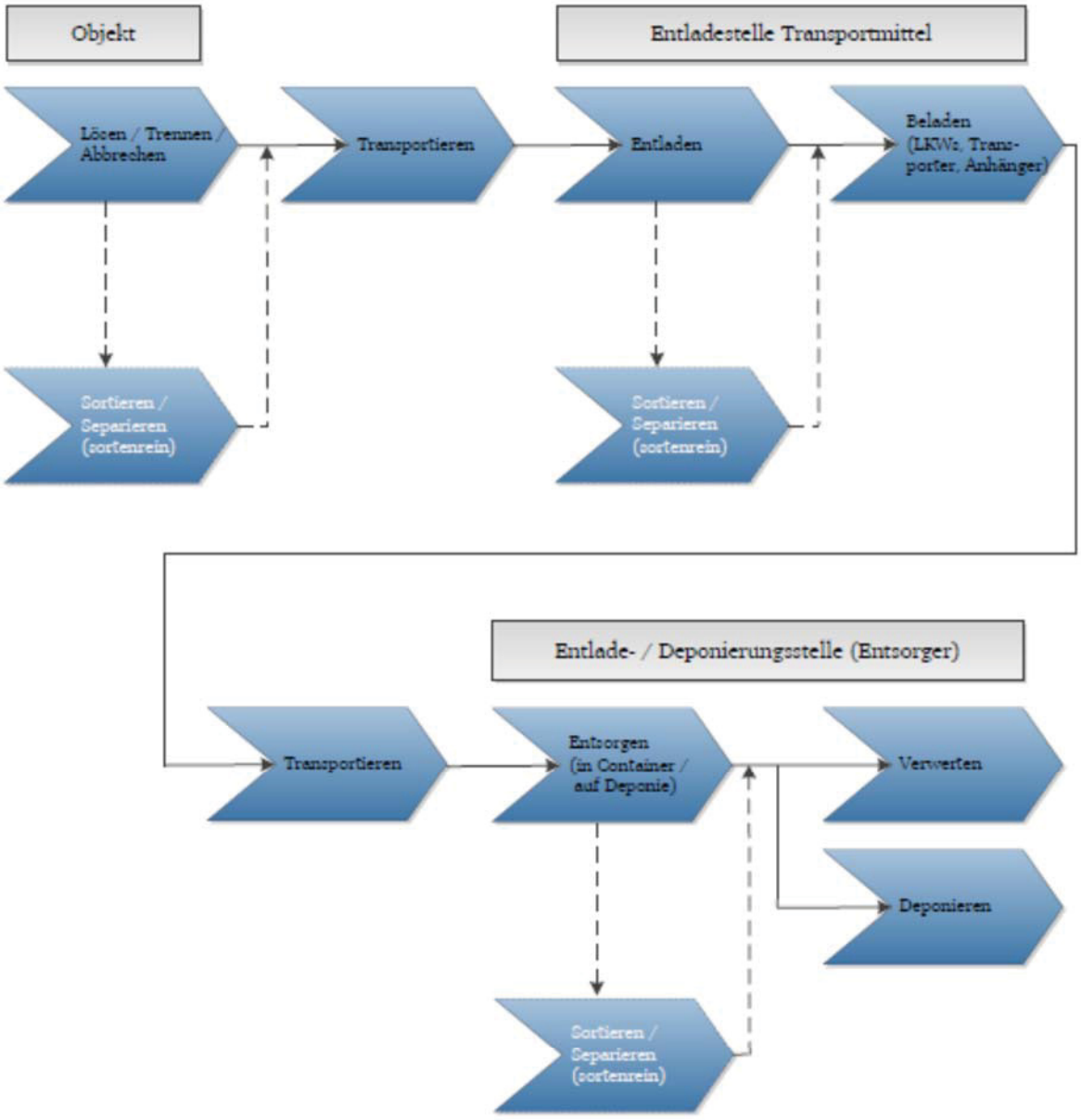
Entrümpelung großer / schwerer Gegenstände



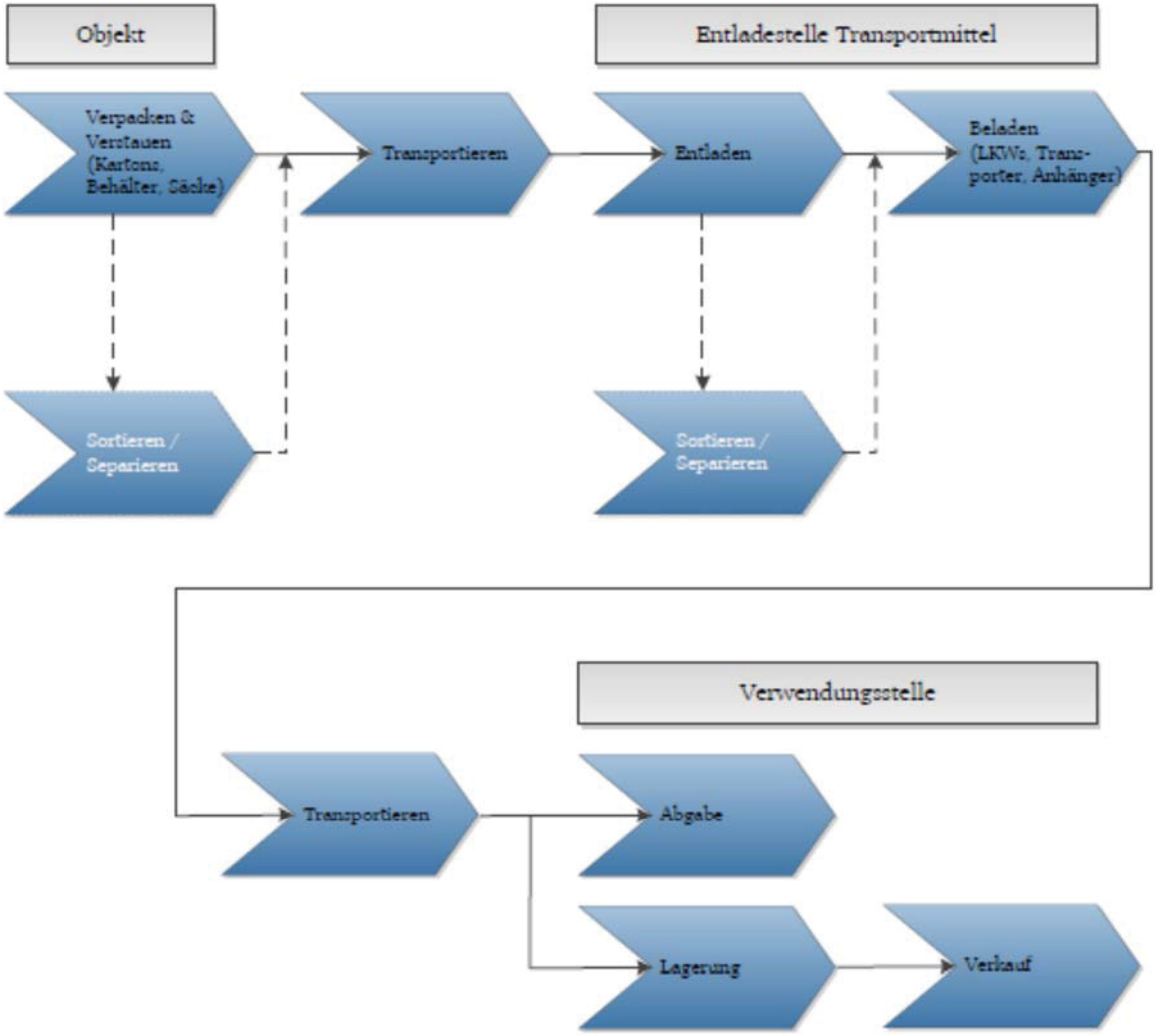
Entrümpelung großer / schwerer Gegenstände



Entrümpelung von Gegenständen mit Befestigung



Entrümpelung von Gegenständen zur Verwendung



Vielen Dank für das sehr aufschlussreiche und interessante Gespräch und die Zeit, die Sie sich genommen haben.

Jennifer Heymann

Anhang 3: Interviewleitfaden für Experteninterviews zur Entwicklung eines Prozessmodells für Beräumungsarbeiten[475]

[475] Vgl. Krapp/Blesinger (2020): Entwicklung eines Prozessmodells und Experteninterviews zu Beräumungsarbeiten. Anhang IX f.

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 weise 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"?

Interviewleitfaden

Anna Krapp Technische Universität Darmstadt

- Reichen die eben genannten Auswahlmöglichkeiten aus oder sollten die Möglichkeiten "oberes Quartil" und "unteres Quartil" hinzugefügt werden?
- 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!

Dissertationen des Instituts für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
2021	Daniel Blesinger	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Ein Beitrag zur Prozessverbesserung bei Abbruch- und Beräumungsarbeiten
2021	Nathalie Raynaud-Duprospert	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke	Entwicklung einer Entscheidungshilfe für PPP-Pflegeheim-Projekte in Deutschland und Frankreich
2019	Daniela Linnebacher	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Wissensmanagement in der Sichtbetontechnologie
2018	Hannes Schwarzwälder	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Christian Glock	Ein Organisationsmodell zur Steuerung und Regelung der Digitalisierung von Unternehmen in der Bauwirtschaft
2018	Xiufeng Xue	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Xing Gao	Knowledge an BIM based Construction Safety Management for Assembly Processes
2016	Martin Westerkamp	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner	Ein Beitrag zur Professionalisierung des Managements von Verbundforschungsprojekten
2016	Daniel Schmitz	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Ein Beitrag zur Integration von Weiterbildung in das Arbeitssystem der Bauleitung eines Bauunternehmens
2016	Stefan Kaiser	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Soll-Ist-Vergleich von Arbeitssystemen im Stahlbetonbau als Beitrag für den Sicherheits- und Gesundheitsschutz
2016	Fabian Ruhl	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck	Entwicklung eines Baulogistikprozessmodells
2016	Jan Wöltjen	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Ein Beitrag zur ökologischen Bewertung von Abbruchverfahren im Hochbau
2016	Henrik Lorenz	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Wolfdietrich Kalusche	Entscheidungshilfe für altersgerechte Immobilienlösungen für Kommunen
2014	Rigbert Fischer	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Eine Untersuchung zur roboterbasierten Baugruppenfertigung im Stahlbau
2014	Lars Scheidecker	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Ein Referenzmodell für das Real Estate Investment Management

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
2014	Christian Vieth	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Die baubetrieblichen Auswirkungen des Anordnungsrechtes des Auftraggebers bei Abschluss und Abwicklung von Bauverträgen
2014	Florian Binder	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Ereignisbasierte Steuerung baulogistischer Prozesse mit Echtzeit-Ortungssystemen
2013	Michael Löhr	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Planung bei Abbrucharbeiten
2013	Jörg Dohrenbusch	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Peter Racky	Bewertung der Vergabepraxis bei komplexen Großprojekten im deutschen Verkehrsinfrastrukturbau
2013	Jörg Kaiser	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Rainard Osebold	Lean Process Management in der operativen Bauabwicklung
2013	Erik Boska	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Hofstadler	Gestaltung von Arbeitssystemen in der Sichtbetontechnik
2013	Sandra Sondermann	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Prozessorientierter Nachweis von Produktivitätsverlusten auf Baustellen
2013	Svetlana Kometova	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke	Controlling langfristiger Projekte im kommunalen Immobilienmanagement – Eine multikategoriale Gestaltungsanalyse und Konzeption
2012	Alexander Nolte	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz	Ein Beitrag zur effizienten Steuerung des Einsatzes von Schalungsmietgeräten auf Baustellen
2012	Julia Schömbs	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus	Zu den Einflussgrößen auf das Erscheinungsbild und zu den Kosten von Sichtbeton
2011	Leif Pallmer	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht	Ein Prozessmodell zur Qualitätsverbesserung der Brandschutzplanung einer Immobilie
2011	Oliver Mehr	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schwarz	Polysensorale Bauprozessidentifikation durch kognitive Systeme
2011	Ulrich Dölzig	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Risikoallokation bei Parkgaragen im Rahmen von Public Private Partnership
2010	Jan Philipp Koch	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Rainer Wanninger	Integrale Planungsprozesse – Generalistische Handlungsstrategien für komplexe Problemlösungsprozesse in den Zeiten des Klimawandels

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
2010	Matthias Bergmann	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schwarz	Ergonomiegestützte Multiagenten-Simulation von Montageprozessen im Baubetrieb
2010	Ingo Giesa	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Rainer Wanninger	Prozessmodell für die frühen Bauprojektphasen
2009	Nils Hinrichs	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke	Strategien der öffentlichen Hand – Ein kompetenzorientierter Ansatz aus Sicht des Immobiliencontrollings
2009	Carola Maffini	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Konfliktbehandlung in Bauprojektorganisationen
2009	Markus Demmler	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck	Risikomanagement im internationalen Tunnelbau unter Anwendung der Vertragsform FIDIC Red Book
2008	Christoph Pflug	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. habil. Harald Schlemmer	Ein Bildinformationssystem zur Unterstützung der Bauprozesssteuerung
2008	Jens Elsebach	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Bauwerksinformationsmodelle mit vollsphärischen Fotografien – Ein Konzept zur visuellen Langzeitarchivierung von Bauwerksinformationen
2007	Falk Huppenbauer	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Nachunternehmermanagement: Die Entwicklung eines prozessorientierten Entscheidungsmodells für die Beschaffung und das Controlling
2007	Ali Akbar Elahwiesy	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Multiprojektmanagement für Infrastruktur-Bauprojekte
2007	Torsten Fetzner	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Ein Verfahren zur Erfassung von Minderleistungen aufgrund witterungsbedingter Bauablaufstörungen
2007	Christopher Cichos	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Untersuchungen zum zeitlichen Aufwand der Baustellenleitung
2007	Jörg Klingenberger	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck	Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden
2006	Julia Schultheis	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Public Private Partnership bei Stadthallen – Rahmenbedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten in Deutschland
2006	Helmuth Duve	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Entscheidungshilfe zur Auswahl eines geeigneten Streitregulierungsverfahrens für das Bauwesen unter besonderer Berücksichtigung baubetrieblicher Aspekte

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
2006	Markus Stürmer	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Beitrag zum Qualitätsmanagement im vorbeugenden baulichen Brandschutz – Untersuchung von ausgewählten Brandschutzmängeln der Ausführungsphase
2005	Ingo Goldenberg	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Optimierung von Supply Chain Prozessen in der Bauwirtschaft durch mobile Technologien und Applikationen
2005	Jörg Huth	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Baubetriebliche Analyse von selbstverdichtendem Beton
2005	Joachim Ruß	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Ausführungsdauern und Kapazitätsplanung von Bauleistungen im Organisierten Selbstbau
2004	Karl Bangert	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Untersuchungen zum Einsatz von mit Seilen geführten Lastballon-Kransystemen (LTA Kran-Systeme) im Bauwesen
2004	Detlef Heck	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Entscheidungshilfe zur Anwendung von Managementsystemen in Bauunternehmen
2004	Shervin Haghsheno	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Analyse der Chancen und Risiken des GMP-Vertrags bei der Abwicklung von Bauprojekten
2004	Carsten Toppel	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner	Technische und ökonomische Bewertungen verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau
2002	Alexander Glock	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Technisch-wirtschaftliche Untersuchung luftschiffbasierter Schwerlastlogistik im Bauwesen
2002	Patrick Büttner	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Abbruch von Stahlbeton und Mauerwerksbauten – Entwicklung einer Entscheidungshilfe zur Auswahl von Hydraulikbaggern
2002	Marc Heim	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Die zeitnahe Leistungsfeststellung von Baustellen unter besonderer Berücksichtigung von Bildinformationssystemen
2002	Torsten Ebner	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Bauen im Bestand bei Bürogebäuden
2001	Markus Werner	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Einsatzdisposition von Baustellenführungskräften in Bauunternehmen
2001	Theresa Pokker	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Kalkulation von Erdarbeiten in kontaminierten Bereichen
2001	Frank Müller	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Marktstrategische Fremdvergabe unter Berücksichtigung entscheidungsrelevanter Einflusskriterien

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
2001	Alexander Bubenik	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Die Fassade und ihr Einfluss auf die schlüsselfertige Bauausführung
2000	Dirk Mayer	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert	Entscheidungshilfe für die Beurteilung von Fußbodensystemen im Hochbau
2000	Bernhard Griebel	Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid	Der zeitnahe Soll-Ist-Vergleich aus Sicht der Baustelle
1999	Patrik Loschert	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Terminmanagement im schlüssel-fertigen Hochbau
1999	Heinrich Wengerter	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Rationalisierungsmöglichkeiten im Mauerwerksbau durch eine robotergestützte Wandvorfertigungsanlage
1999	Katja Silbe	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Wirtschaftlichkeit kontrollierter Rückbauarbeiten
1997	Peter Racky	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Entwicklung einer Entscheidungshilfe zur Festlegung der Vergabeform
1997	Achim Hitzel	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko	Ein Entscheidungsunterstützungssystem für das Instandhaltungsmanagement der Bundesfernstraßenbrücken
1996	Carsten Dorn	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr. jur. Klaus Vygen	Systematisierte Aufbereitung von Dokumentationstechniken zur Steuerung von Bauabläufen und zum Nachweis von Bauablaufstörungen
1995	Friedo Mosler	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Wirtschaftliche Instandhaltung von Betonaußenbauteilen
1995	Hermann Kraft	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Steuerung und Entwicklung von Brückenerhaltungsmaßnahmen
1995	Egbert Keßler	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Thomas Bock	Rationalisierung im Schalungsbau durch Einsatz von Robotern
1994	Boming Zhao	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Volker Kuhne	Ein Verfahren zur Entwicklung eines wissensbasierten Planungssystems für die Terminplanung von Rohbauprojekten im Hochbau
1994	Stefan Plaum	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr	Umweltrelevante organisatorische Anforderungen an Betriebe der Bauwirtschaft – Lösungsmöglichkeiten, aufgezeigt am Beispiel der Baurestmassenbehandlung

Jahr	Verfasser	Referent und Korreferent	Titel der Dissertation
1993	Hellwig Kamm	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Reinhard Seeling	Materialwirtschaftliche Steuerung im Baubetrieb, Analyse und Verbesserung baubetrieblicher Beschaffungsvorgänge
1991	Michael Hölzgen	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Erhaltungskosten von Brücken
1991	Henning Hager	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Claus Jürgen Diederichs	Untersuchung von Einflussgrößen und Kostenänderungen bei Beschleunigungsmaßnahmen von Bauvorhaben
1990	Dirk Reister	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr. rer. pol. Karl Robl	Entwicklung eines Verfahrens zur projektübergreifenden Personaleinsatzoptimierung
1989	Lothar Ruf	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dipl.-Ing. Hansjakob Führer	Integrierte Kostenplanung von Hochbauten
1989	Christoph Motzko	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dipl.-Ing. Klaus Simons	Ein Verfahren zur ganzheitlichen Erfassung und rechnergestützten Einsatzplanung moderner Schalungssysteme
1989	Lothar Forkert	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Verfahren zur Prognose von Schadensentwicklungen bei einer kostenoptimierten Brückeninstandhaltung
1989	Gerd Bergweiler	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Eberhard Petzschmann	Strukturmodell zur Darstellung und Regeneration von Kalkulationsdaten
1988	Karl Rose	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Kosten der Erhaltung von Brückenbauwerken
1987	Andreas Lang	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Hans-Gustav Olshausen	Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und Projektsteuerung
1986	Lothar Krampert	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Gert König	Der Einfluss von Arbeitseinsatz und Arbeitstakt auf die Kosten von Hochbauten in Ortbeton
1985	Herrmann Keßler	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Schubert Prof. Dr.-Ing. Wolfram Keil	Der Plan Soll-Ist-Vergleich mit einem Nachweis zeitvariabler Kostenänderung bei einer Bauzeitverschiebung