

Diplomarbeit

# **BIM2Wasteflow: Entwicklung eines BIM basierten Workflows zur Ermittlung zukünftiger Abfallströme im Bauwesen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grads  
Diplom-Ingenieurin  
eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

---

Diploma Thesis

# **BIM2Wasteflow: Development of a BIM-based workflow to determine future waste streams in the construction industry**

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of  
Diplom-Ingenieurin  
of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

von

**Nisha Elisabeth Aschauer**

Matr.Nr.: 01326396

Betreuung: Univ.-Prof.<sup>in</sup> Dipl.-Ing.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> techn. **Iva Kovacic**  
Dipl.-Ing. **Stefan Schützenhofer**  
Institut für Hoch- und Industriebau  
Forschungsbereich Integrale Planung und Industriebau  
Technische Universität Wien,  
Karlsplatz 13/E210-01, 1040 Wien, Österreich

Wien, im März 2025

---

---

## Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Workflow entwickelt, anhand dessen zukünftige Abfallströme im Bauwesen mit Building Information Modeling (BIM) ermittelt werden können. Der Workflow baut auf die aktuelle Norm für Rückbau von Bauwerken, ÖNORM B 3151, auf und wird durch erforderliche Schritte für die Ermittlung von Abfallströmen ergänzt. Für einen zusätzlichen Informationsgewinn werden Experteninterviews zu den Themen BIM in der Rückbauplanung und Abfallwirtschaft geführt.

Um den steigenden Abfall aus dem Bauwesen zu mindern und Ressourcen zu schonen muss der Fokus auf die Kreislaufwirtschaft gelegt werden. Die Digitalisierung soll dabei Arbeitsprozesse erleichtern und verbessern.

Der Workflow konzentriert sich auf den Rückbau von Bestandsgebäuden im Hochbau und baut auf einem fortgeschriebenen As-built-Modell auf. Zunächst erfolgt die Aufbereitung des BIM-Modells, indem alle notwendigen Parameter ergänzt werden. Es folgt eine Erstbewertung auf Baumaterialebene nach ÖNORM B 3151, in der schadstoffbelastete Baumaterialien identifiziert werden sollen. In der vertieften Bewertung werden auf Bauteilebene Bewertungskriterien aufgestellt, die Bewertung wird durchgeführt und anschließend kann eine Einteilung in die Abfallhierarchie erfolgen, um Abfallströme darstellen zu können.

Der Workflow wird anhand eines vom Institut zur Verfügung gestellten Fallbeispiels entwickelt. In der Aufbereitung des Modells werden die Parameter strukturiert. Die Auswertungen nach ÖNORM B 3151 können durch BIM wesentlich präziser gestaltet werden, als es die Norm vorschreibt. Die Aufstellung von Bewertungskriterien in der vertieften Bewertung ist für jedes Projekt individuell aufgrund möglicher Änderungen im Stand der Technik, oder Auflagen für Aufbereitungsanlagen anzupassen. Anhand des Fallbeispiels wird für ein Bauteil Schritt für Schritt die Durchführung der Bewertung demonstriert. Anschließend werden die Ergebnisse der Einteilung in die Abfallhierarchie mit einem Stoffflussdiagramm dargestellt. Es kann festgehalten werden, dass diese Vorgehensweise ausreichend ist, um Abfallströme von Rückbaugebäuden zu ermitteln.

In den Experteninterviews wird festgestellt, dass BIM in der Rückbauplanung noch selten angewendet wird, da noch keine BIM-Modelle von rückzubauenden Gebäuden existieren und die Erstellung eines solchen rein für den Rückbau zu aufwendig und teuer wäre. Die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ist jedoch ein aktuell sehr diskutiertes Thema.

---

## Abstract

In this thesis, a workflow is developed in which future waste streams in the construction industry can be determined using Building Information Modeling (BIM). The workflow is based on the current standard for the deconstruction of buildings, ÖNORM B 3151, and is supplemented with the necessary steps for the determination of waste streams. Expert interviews on the topics of BIM in deconstruction planning and waste management are conducted to obtain additional information.

In order to reduce the increasing amount of waste from the construction industry and protect resources, the focus must be placed on the circular economy. Digitalization should facilitate and improve work processes.

The workflow focuses on the demolition of existing buildings in structural engineering and is based on an updated as-built model. First, the BIM model is prepared by adding all the necessary parameters. This is followed by an initial assessment at building material level in accordance with ÖNORM B 3151, in which pollutant-contaminated building materials are identified. In the in-depth assessment, assessment criteria are established at component level, the assessment is carried out. Afterwards a classification can be made in the waste hierarchy in order to be able to represent waste streams.

The workflow is developed using a case study provided by the institute. The parameters are structured in the preparation of the model. The evaluations according to ÖNORM B 3151 can be made much more precise with BIM than the standard prescribes. The list of assessment criteria in the in-depth assessment must be adapted individually for each project due to possible changes in the state of the art or requirements for treatment plants. Using the case study, the implementation of the assessment is demonstrated step by step for a building component. The results of the classification in the waste hierarchy are then presented in a material flow diagram. It can be stated that this procedure is sufficient for determining waste streams from demolition buildings.

The expert interviews revealed that BIM is hardly ever used in demolition planning, as no BIM models of buildings to be demolished exist yet and creating one purely for demolition would be too complex and expensive. However, the circular economy in the construction industry is currently a much-discussed topic.

---

## Danksagung

Mit dieser Arbeit werde ich das Studium des Bauingenieurwesens an der TU Wien abschließen. An dieser Stelle möchte ich mich bei all den Menschen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt Univ.Prof.<sup>in</sup> Dipl.-Ing.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> techn. Iva Kovacic, die die Betreuung meiner Abschlussarbeit übernommen hat. Ebenso möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Stefan Schützenhofer bedanken, der mich durch ideenreiches Feedback umfangreich betreut hat. Ein besonderer Dank gilt den ExpertInnen, Dipl.-Ing.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> techn. Meliha Honic-Eser, Bmstr. Dipl.-Ing. Mag. Dr.mont. Thomas Kasper, Dipl.-Ing. Lars Oberwinter und Hon.Prof. (FH) Dipl.-Ing. Dr. mont., MSc. (OU) Arne Ragossnig, die ich interviewen durfte. Dadurch sind sehr interessante und informative Gespräche entstanden.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei meinen StudienkollegInnen und der Fachschaft. Die gegenseitige Unterstützung und Motivation haben einen wesentlichen Teil dazu beigetragen das Studium absolvieren zu können.

Danke an meinen Freund, der mich sehr viel während meines Studiums und bei dieser Arbeit unterstützt hat und seine Eltern, die mich stets motiviert haben.

Vor allem möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Studium durch ihre großartige Unterstützung ermöglicht haben, mich fortwährend ermutigt haben und jederzeit ein offenes Ohr für mich hatten.

**Inhaltsverzeichnis**

**Inhaltsverzeichnis** ..... IV

**Abbildungsverzeichnis** ..... VIII

**Tabellenverzeichnis**..... X

**1 Einleitung** ..... 1

1.1 Problemstellung.....1

1.2 Forschungsfragen.....2

1.3 Herangehensweise und Methodik.....3

1.4 Aufbau der Arbeit.....6

**2 Literaturrecherche**..... 8

2.1 Bereits entwickelte Methoden zur Ermittlung von Bau- und Abbruchabfällen.....8

2.1.1 Grenzen der existierenden Methoden..... 11

2.2 Gesetze, Normen, Verordnungen ..... 11

2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz..... 11

2.2.2 Abfallverzeichnisverordnung..... 12

2.2.3 Bundes-Abfallwirtschaftsplan..... 13

2.2.4 Recycling-Baustoffverordnung..... 13

2.2.5 ÖNORM B 3151..... 13

2.2.6 ÖNORM A 6241-2 ..... 14

2.3 Bauperioden und Schadstoffe ..... 15

**3 Building Information Modeling – BIM**..... 19

3.1 BIM-Software ArchiCAD ..... 19

3.1.1 Eingabefelder in ArchiCAD erstellen..... 19

3.1.2 Auswertungen in ArchiCAD erstellen ..... 21

3.1.3 Grafische Überprüfung in ArchiCAD..... 22

3.1.4 Import/ Export von Einstellungen und Auswertungen..... 23

**4 BIM-Workflow**..... 24

4.1 Fallbeispiel ..... 26

4.2 Aufbereitung des BIM-Modells ..... 28

4.2.1 Abfallschlüsselnummern..... 28

4.2.2 Baumaterialien ..... 28

4.2.3 Bauteile ..... 28

4.2.4 Beteiligte Parteien..... 28

4.2.5 Brandschutz ..... 29

4.2.6 Dichten..... 29

4.2.7 Einbaujahr ..... 29

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



4.2.8	Fügung.....	29
4.2.9	Gebäudeerrichtungsjahr .....	30
4.2.10	Geschoße .....	30
4.2.11	Hersteller .....	30
4.2.12	Herstellungsjahr.....	30
4.2.13	Komponenten-Typ .....	30
4.2.14	Lage .....	31
4.2.15	Mehrschichtige Bauteile .....	31
4.2.16	Nutzungsart .....	31
4.2.17	Preis.....	31
4.2.18	Raumstempel.....	31
4.2.19	Schadstoffe .....	32
4.2.20	Schallschutz.....	32
4.2.21	Standort.....	32
4.2.22	Störstoff .....	32
4.2.23	Tragende Funktion.....	33
4.2.24	Wärmeschutz.....	33
4.2.25	Volumen.....	33
4.2.26	Zustand .....	34
4.3	Definition von Bewertungskriterien nach ÖNORM B 3151 .....	37
4.4	Auswertung nach ÖNORM B 3151.....	38
4.4.1	Allgemeine Informationen über Rückbauvorhaben lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 1 .....	38
4.4.2	Objektdaten lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 2.....	38
4.4.3	Materialien tragender Bauteile lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.1 .....	40
4.4.4	Materialien nicht tragender Bauteile lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.2.....	42
4.4.5	Materialien Fassade (z.B. Wärmedämmung) lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.3 ....	44
4.4.6	Materialien Decken lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.4 .....	45
4.4.7	Materialien Dachkonstruktion lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.5 .....	46
4.4.8	Materialien Dacheindeckung lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.6.....	46
4.4.9	Massenabschätzung lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 4.....	47
4.4.9.1	Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell...	48
4.4.9.2	Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell.....	51
4.4.9.3	Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und Entsorgungskonzept.....	54
4.4.10	Schadstoffe lt. ÖNORM B 3151 Anhang B Pkt. 2 .....	56
4.4.11	Störstoffe lt. ÖNORM B 3151 Anhang B Pkt. 3 .....	57
4.5	Eingliederung in Abfallhierarchie aus Erstbewertung .....	57
4.5.1	Entsorgungskonzept Fallbeispiel.....	58
4.5.2	Stoffflussdiagramm Entsorgungskonzept .....	59
4.6	Definition von Bewertungskriterien nach Abfallhierarchie .....	61

4.7	Durchführung der Bewertung (inkl. Zustandsprüfung).....	62
4.8	Auswertung nach Abfallhierarchie.....	64
4.9	Eingliederung in Abfallhierarchie aus vertiefter Bewertung.....	64
4.9.1	Stofffluss Beispiel Fenster.....	65
4.9.2	Grafische Überschreibung Beispiel Fenster.....	66
<b>5</b>	<b>Experteninterviews – Herangehensweise und Ergebnisse .....</b>	<b>67</b>
5.1	BIM in der Rückbauplanung.....	68
5.1.1	Ergebnisse zu BIM in der Rückbauplanung.....	69
5.2	Detaillierungsgrad.....	70
5.2.1	Ergebnisse zu Detaillierungsgrad, Fügung und Zustandsbewertung.....	73
5.3	Abfallhierarchie und Schlüsselnummern.....	74
5.3.1	Ergebnisse zu Abfallhierarchie und Schlüsselnummern.....	77
5.4	Zusammenfassung der Experteninterviews.....	77
<b>6</b>	<b>Diskussion und Ausblick.....</b>	<b>78</b>
6.1	Diskussion der Ergebnisse aus der Literaturrecherche.....	78
6.2	Diskussion der Ergebnisse des entwickelten Workflows.....	79
6.3	Diskussion der Ergebnisse aus den Experteninterviews.....	80
6.4	Ausblick.....	81
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>89</b>
9.1	Auswertungen.....	89
9.2	Grundrisse, Schnitte, Ansichten BIM-Modell.....	108
9.3	Experteninterviews – Niederschrift.....	118
9.3.1	BIM in der Rückbauplanung.....	118
9.3.1.1	Frage 1.....	118
9.3.1.2	Frage 2.....	119
9.3.2	Fügung.....	120
9.3.2.1	Frage 3.....	120
9.3.2.2	Frage 4.....	122
9.3.3	Detaillierungsgrad.....	124
9.3.3.1	Frage 5.....	124
9.3.3.2	Frage 6.....	125
9.3.3.3	Frage 7.....	127
9.3.4	Abfallschlüsselnummern.....	128
9.3.4.1	Frage 8.....	128
9.3.4.2	Frage 9.....	130
9.3.4.3	Frage 10.....	133

---

9.3.5	Zustandsbewertung.....	135
9.3.5.1	Frage 11.....	135
9.3.5.2	Frage 12.....	136
9.3.6	Abfallhierarchie.....	137
9.3.6.1	Frage 13.....	137
9.3.6.2	Frage 14.....	138

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1</b> Zusammensetzung des Gesamtabfallaufkommens im Jahr 2020 (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 48) .....	1
<b>Abb. 2</b> Übersicht der Herangehensweise und Methodik .....	3
<b>Abb. 3</b> Methodik – Literaturrecherche .....	4
<b>Abb. 4</b> Methodik – BIM-Workflow.....	5
<b>Abb. 5</b> Methodik - Experteninterview .....	6
<b>Abb. 6</b> „umgekehrte Pyramide“ der Grundsätze der Abfallwirtschaft (BMK, 2024).....	12
<b>Abb. 7</b> Eigenschaften-Manager .....	20
<b>Abb. 8</b> Elementeneinstellungen .....	20
<b>Abb. 9</b> Element-Attribute der Baustoffe .....	21
<b>Abb. 10</b> Projekt-Info.....	21
<b>Abb. 11</b> Schema-Einstellungen.....	22
<b>Abb. 12</b> grafische Überschreibung zur Überprüfung der Lage .....	23
<b>Abb. 13</b> Symbole für Im- und Exporte von Einstellungen in ArchiCAD.....	23
<b>Abb. 14</b> BIM basierter Workflow für zukünftige Abfallströme von rückzubauenden Gebäuden.	25
<b>Abb. 15</b> Fallbeispiel Modell.....	27
<b>Abb. 16</b> Fallbeispiel Grundriss Regelgeschoß.....	27
<b>Abb. 17</b> Eigenschaften-Manager .....	35
<b>Abb. 18</b> Projekt-Info Seite 1.....	36
<b>Abb. 19</b> Projekt-Info Seite 2.....	37
<b>Abb. 20</b> Einstellungen für Stützen.....	42
<b>Abb. 21</b> Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell .....	51
<b>Abb. 22</b> Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell.....	54
<b>Abb. 23</b> Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und Schad- und Störstofferkundung .....	56
<b>Abb. 24</b> Entsorgungskonzept.....	59
<b>Abb. 25</b> Stoffflussdiagramm Entsorgungskonzept [t].....	60
<b>Abb. 26</b> Stoffflussdiagramm nach Kriterien aus Kapitel 7.5 .....	66
<b>Abb. 27</b> grafische Überschreibungen in der vertieften Bewertung .....	66
<b>Abb. 28</b> Fallbeispiel Grundriss KG .....	109
<b>Abb. 29</b> Fallbeispiel Grundriss EG.....	109
<b>Abb. 30</b> Fallbeispiel Grundriss OG1.....	110
<b>Abb. 31</b> Fallbeispiel Grundriss OG2.....	110
<b>Abb. 32</b> Fallbeispiel Grundriss OG3.....	111
<b>Abb. 33</b> Fallbeispiel Grundriss OG4.....	111
<b>Abb. 34</b> Fallbeispiel Grundriss OG5.....	112
<b>Abb. 35</b> Fallbeispiel Grundriss DG .....	112
<b>Abb. 36</b> Fallbeispiel Grundriss Dach.....	113
<b>Abb. 37</b> Fallbeispiel Schnitt Übersicht .....	113

**Abb. 38** Fallbeispiel Schnitt 01 ..... 114  
**Abb. 39** Fallbeispiel Schnitt 02 ..... 114  
**Abb. 40** Fallbeispiel Schnitt 03 ..... 115  
**Abb. 41** Fallbeispiel Schnitt 04 ..... 115  
**Abb. 42** Fallbeispiel Ansicht Ost ..... 116  
**Abb. 43** Fallbeispiel Ansicht Süd..... 116  
**Abb. 44** Fallbeispiel Ansicht West..... 117  
**Abb. 45** Fallbeispiel Ansicht Nord..... 117

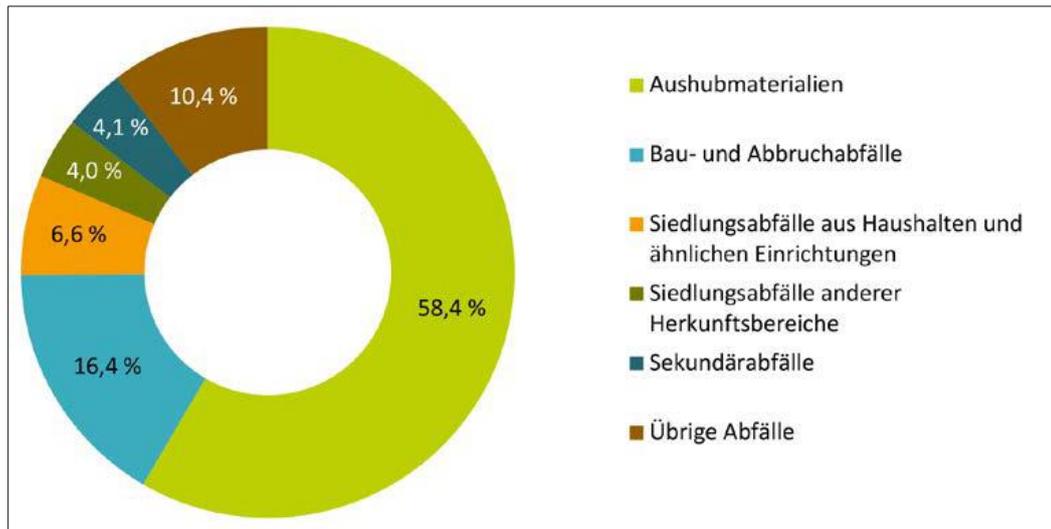
## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1</b> Materialien und Ausführungsarten von Bauteilen nach Bauperioden (Baunetzwissen, 2024a, 2024b, 2024c, 2024d, 2024f, 2024g; <i>Wien Kulturgut: Bauperioden</i> , 2024).....	15
<b>Tab. 2:</b> Verbot von Schadstoffen (RMA, 2011, S. 6ff).....	17
<b>Tab. 3:</b> Grenzwerte für Gesteinskörnungen in Recycling-Baustoffen in mg/kg Trockenmasse ("Recycling-Baustoffverordnung," 2016, Anhang 2).....	18
<b>Tab. 4</b> Parameter für Auswertungen .....	26
<b>Tab. 5</b> Zustandsbewertung.....	34
<b>Tab. 6</b> allgemeine Informationen über Rückbauvorhaben laut BIM-Modell und Schad- und Störstofferkundung.....	38
<b>Tab. 7</b> Objektdaten laut BIM-Modell .....	39
<b>Tab. 8</b> Objektdaten laut Schad- und Störstofferkundung.....	39
<b>Tab. 9</b> Materialien tragender Bauteile laut BIM-Modell .....	41
<b>Tab. 10</b> Materialien des Objektes laut Schad- und Störstofferkundung.....	42
<b>Tab. 11</b> Materialien nicht tragender Bauteile laut BIM-Modell.....	43
<b>Tab. 12</b> Materialien Fassade laut BIM-Modell .....	44
<b>Tab. 13</b> Materialien Decken laut BIM-Modell.....	45
<b>Tab. 14</b> Materialien Dacheindeckung laut BIM-Modell.....	47
<b>Tab. 15</b> Massenabschätzung laut Schad- und Störstofferkundung .....	49
<b>Tab. 16</b> Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell.....	50
<b>Tab. 17</b> Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell .....	52
<b>Tab. 18</b> Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und Entsorgungskonzept .....	55
<b>Tab. 19</b> Eingliederung in Abfallhierarchie aus Erstbewertung .....	58
<b>Tab. 20</b> Fensterliste nach Auswahl aus <b>Kap. 4.3</b> .....	61
<b>Tab. 21</b> Bewertungskriterien für Fenster .....	62
<b>Tab. 22</b> Fensterliste nach Durchführung der Bewertung – 1. Schritt .....	63
<b>Tab. 23</b> Fensterliste nach Auswertung nach Abfallhierarchie .....	64
<b>Tab. 24</b> Fensterliste nach Eingliederung in Abfallhierarchie .....	65
<b>Tab. 25</b> ExpertInnen .....	67
<b>Tab. 26</b> detaillierte Objektdaten laut BIM-Modell.....	89
<b>Tab. 27</b> mehrschichtige Bauteile laut BIM-Modell.....	93
<b>Tab. 28</b> Massen der Baumaterialien laut BIM-Modell .....	96
<b>Tab. 29</b> Massenabschätzung laut Schad- und Störstofferkundung .....	98
<b>Tab. 30</b> Massen laut Entsorgungskonzept.....	98
<b>Tab. 31</b> Entsorgungskonzept .....	99
<b>Tab. 32</b> Schadstoffe laut BIM-Modell.....	101
<b>Tab. 33</b> Schadstoffe laut Schad- und Störstofferkundung.....	103
<b>Tab. 34</b> Störstoffe laut BIM-Modell.....	105
<b>Tab. 35</b> Störstoffe laut Schad- und Störstofferkundung .....	107

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Im Jahr 2020 gab es in Österreich ein Abfallaufkommen von rd. 69,81 Mio. t (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 44). Der zweitgrößte Anteil nach den Aushubmaterialien waren Bau- und Abbruchabfälle mit 16,4 % (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 48), siehe **Abb. 1**.



**Abb. 1** Zusammensetzung des Gesamtabfallaufkommens im Jahr 2020 (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 48)

Seit 2015 ist ein deutlicher Anstieg der Abfälle zu erkennen, der hauptsächlich auf Abfälle der Aushubmaterialien und Bau- und Abbruchabfälle zurückzuführen ist. Diese Abfallarten sind innerhalb von fünf Jahren um 14 %, von rd. 10 Mio. t auf rd. 11,4 Mio. t, gestiegen (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 53). Auch zukünftig ist mit einem Anstieg des Abfalles aus Bau und Abbrüchen zu rechnen. Es wird geschätzt, dass im Jahr 2026 rd. 14,7 Mio. t Bau- und Abbruchabfälle anfallen werden (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 56). In der Bauindustrie fallen 90 % der Abfälle bei Abbruch, Umbau, oder Sanierung von Bauwerken an. Die restlichen 10 % entstehen bei der Neuerrichtung von Bauwerken (Bundesministerium für Klimaschutz, 2021, S. 69; 2023c, S. 25).

Um sich an die Abfallhierarchie des Bundes-Abfallwirtschaftsplanes zu halten, muss Abfall in erster Linie vermieden werden. Ist eine Vermeidung nicht möglich, so soll der Abfall in zweiter Stufe zur Wiederverwendung vorbereitet werden. Recycling ist die dritte Stufe in der Abfallhierarchie, gefolgt von einer sonstigen Verwertung. Als letzte Stufe, die so weit wie möglich zu verhindern ist, ist die Beseitigung von Abfall. (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023c, S. 11)

Zu Abfall zählen bewegliche Sachen, deren Besitzer eine Entledigungsabsicht hat und deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 19). Bau- und Abbruchabfälle sind Abfälle die bei Neubau, Instandhaltung, Renovierung und Abriss von Gebäuden, Straßen, Brücken und anderen Infrastruktureinrichtungen anfallen (Bernhardt et al., 2019, S. 23).

Das Abfallvermeidungsprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz hat unter anderem zum Ziel Emissionen und Schadstoffe zu verringern. (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023c, S. 21) Abfall soll vermieden werden, um die Umwelt zu schonen und die Gesundheit des Menschen zu sichern, jedoch darf zeitgleich das Wirtschaftswachstum nicht behindert werden. Um beides zu vereinen, muss ein Bewusstsein für Umwelt und Nachhaltigkeit geschaffen werden. Dies kann erreicht werden, indem die Kreisläufe des Ressourcenverbrauches weiter geschlossen werden. Derzeit ist ca. die Hälfte aller Stoffströme geschlossen (Achatz et al., 2021, S. 6).

Um den Ressourcenkreislauf im Bauwesen weiter zu schließen, muss der Fokus auf die Bauteilwiederverwendung bei Bauwerksabbrüchen bzw. -rückbau, Sanierungen und Umbauten gelegt werden. Es gibt einen großen Bedarf an Ermittlung von Abfallströmen von Sanierungs- und Abbruchgebäuden. Somit kann der Grad der Wiederverwendung, des Recyclings und des Deponeinfalles von Bauteilen so genau wie möglich im Vorhinein abgeschätzt werden. Eine gute Prognostizierung der Abfallmenge hat eine große Bedeutung für die Abfallwirtschaft, da durch einen nachhaltigen Rückbau Ressourcen eingespart, geschont und effizient genutzt werden können. Kritische Abfallerzeugungsprozesse können mit einer Berechnung von Abbruchabfällen lokalisiert und verbessert werden. Eine Erfassung der wiederzuverwendenden Bauteile ist wesentlich für die Ökobilanzierung in der Baubranche. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft hat die Stadt Wien bereits erste Ideen zu Urban Mining. Die Stadt soll als Rohstoffquelle betrachtet werden (Stadtwerke, 2024; Wien, 2024).

Die Digitalisierung von Prozessen kann die Kreislaufwirtschaft erheblich erleichtern und verbessern. Ein digitales Ökosystem wird beschrieben als eine Vernetzung aller aktiven Marktteilnehmer. Es verknüpft Prozesse, sammelt und teilt das gesamte Know-how. Dieses System soll der Bau- und Immobilienbranche verhelfen in die digitale Welt einzutauchen. So entstehen neue Dienstleistungen und Nutzen. Es kann eine interdisziplinäre Zusammenarbeit stattfinden, wo das Wissen jedes Einzelnen gebündelt wird und schnellere, einfachere und kostengünstigere Lösungen erarbeitet werden. (Jacob & Kukovec, 2022, S. 5) Die Digitalisierung der Abfallwirtschaft erleichtert das Führen einer nachhaltigen Material- und Kreislaufwirtschaft. Sie verbessert die Planung und Umsetzung des Recyclings und unterstützt Bauherren bei der Entscheidungsfindung. (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 469) Mit Building Information Modeling (BIM) können interdisziplinäre Informationen an einen digitalen Gebäudewilling geknüpft werden. Es wird allen Projektbeteiligten, von der Planungsphase über die Nutzung bis zum Abbruch eines Gebäudes, die Einsicht und das gemeinsame Arbeiten an einem BIM-Modell ermöglicht. (Austrian-Standards-International, 2024)

## 1.2 Forschungsfragen

Die Arbeit konzentriert sich auf den Rückbau von Bestandsgebäuden, da im Lebenszyklus eines Gebäudes der meiste Abfall am Ende anfällt und Neubauten in näherer Zukunft nicht rückgebaut werden. Ziel dieser Arbeit ist ein digitaler BIM-basierter Workflow, der möglichst automatisiert Abfallströme von rückzubauenden Gebäuden abschätzt. Der Output soll die Entscheidung für das geeignete Rückbauverfahren erleichtern sowie als Unterstützung für Bauherren dienen, im Voraus eine Wiederverwendungs- und Recyclingrate zu ermitteln. Die Informationen zu Wiederverwendungs- und Recyclingraten können Planer zukünftiger Bauwerke für die Planung eines Wiedereinbaues nutzen. Der Kern der Ausarbeitung befasst sich mit folgenden Fragestellungen:

1. Welche Informationen sind für die Abbildung von Abfallströmen notwendig?
2. Wie können die vorgegebenen Auswertungen nach Norm digitalisiert werden?
3. Welche Auswertungen werden für die Eingliederung in die Abfallhierarchie gebraucht?
4. Wie kann der Abfallstrom nach Eingliederung in die Abfallhierarchie abgebildet werden?

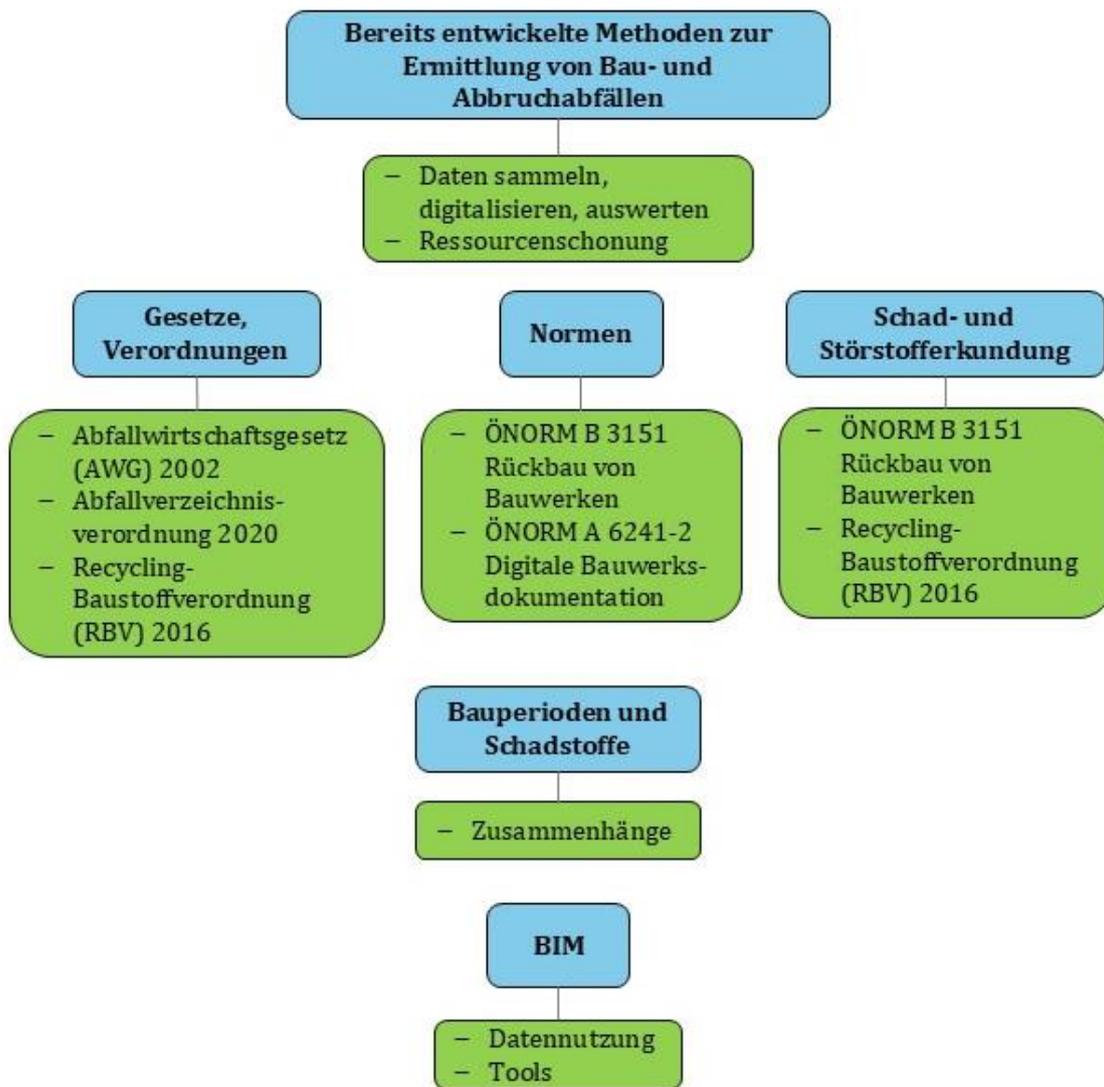
### 1.3 Herangehensweise und Methodik

Die Arbeit kann im Wesentlichen in die Teile Literaturrecherche, BIM-Workflowkonzipierung inklusive Demonstration anhand einer Fallstudie und Experteninterviews zur Verifizierung eingeteilt werden, siehe **Abb. 2**.



**Abb. 2** Übersicht der Herangehensweise und Methodik

- (1) Die Literaturrecherche, siehe **Abb. 3** umfasst einen Überblick über bereits entwickelte Methoden zur Ermittlung von Bau- und Abbruchabfällen. Sie zeigt weiters Gesetze und Normen auf, die sich mit dem Rückbau von Gebäuden und den dabei entstehenden Abfällen befassen. Eine Übersicht von Schadstoffen in verschiedenen Bauperioden wird geschaffen. Es wird aufgezeigt, zu welchem Zweck Building Information Modelling angewendet werden kann und welche Tools speziell für den Workflow benötigt werden.



**Abb. 3** Methodik – Literaturrecherche

- (2) Der Workflow wurde anhand eines Fallbeispiels entwickelt, getestet und verbessert. Zunächst wurden Informationen identifiziert, die für die Abbildung eines Abfallstroms notwendig sind. Diese wurden im Zuge der Aufbereitung des BIM-Modells überprüft und ergänzt. Im nächsten Schritt fanden die benötigten Auswertungen statt. Diese basieren einerseits auf der ÖNORM B 3151 und andererseits auf der Abfallhierarchie des Bundes-Abfallwirtschaftsplans, siehe **Abb. 4**. Im letzten Schritt des Workflows wurde anhand der Auswertungen eine Eingliederung in die Abfallhierarchie dargestellt.

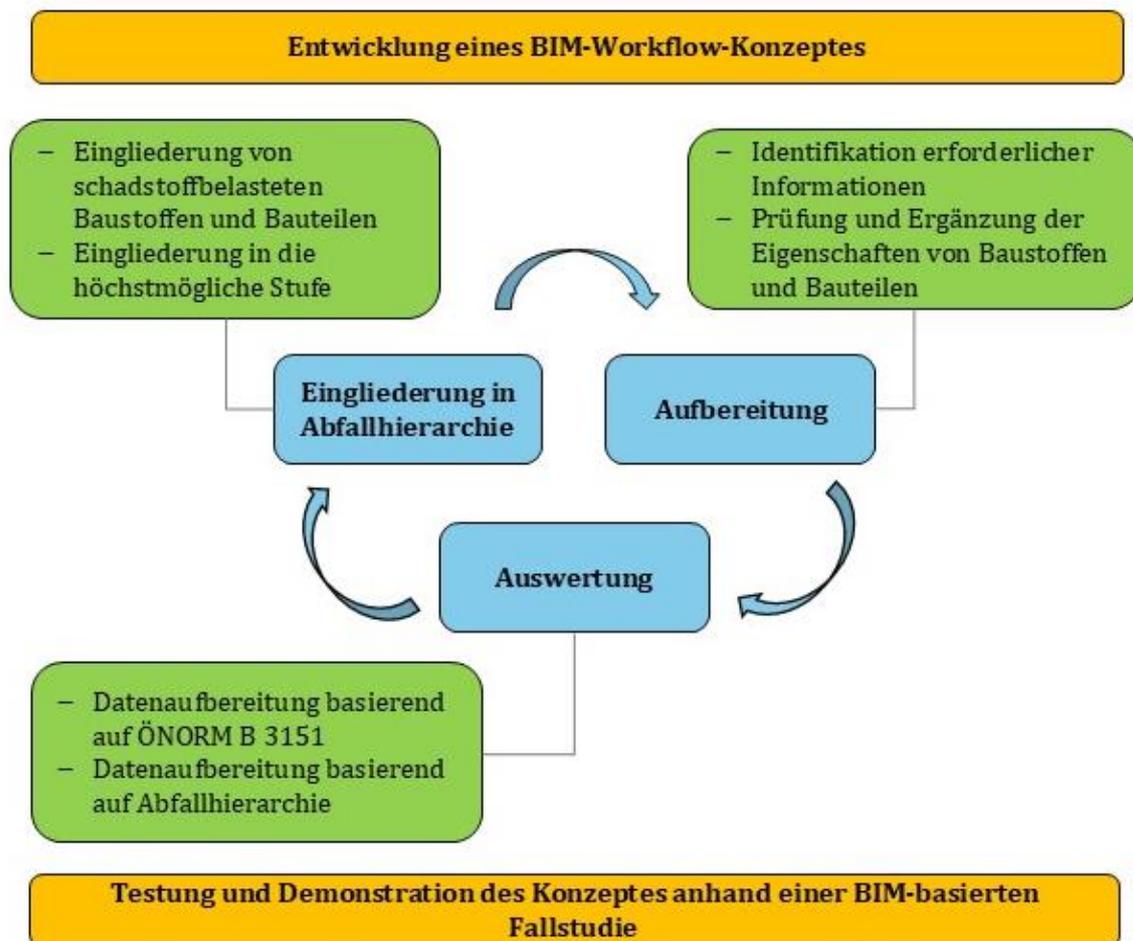
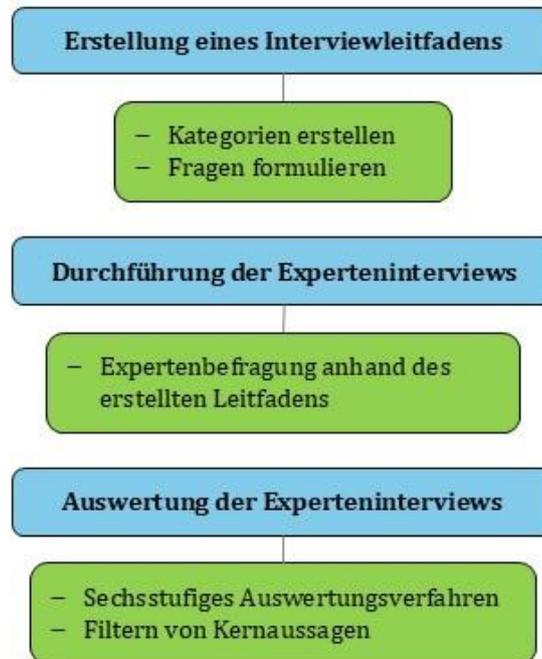


Abb. 4 Methodik – BIM-Workflow

- (3) Für einen zusätzlichen Informationsgewinn wurden Experteninterviews geführt. Es wurden vier ExpertInnen zu den Themen BIM in der Rückbauplanung, Detaillierungsgrad von BIM-Modellen und Abfallhierarchie befragt. Zu diesen Themen wurden anschließend Kernaussagen herausgearbeitet, siehe **Abb. 5**.



**Abb. 5** Methodik - Experteninterview

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Im Kapitel 2 werden bereits entwickelte Methoden zur Ermittlung von Bau- und Abbruchabfällen thematisiert. Es wird beschrieben, wie Daten von Bestandsgebäuden gesammelt, digitalisiert und anschließend kategorisiert werden können. Der mögliche Detaillierungsgrad von digitalisierten Bestandsgebäuden und die Daten, die daraus ausgewertet werden können, werden dargestellt. Weiters werden Methoden vorgestellt, wie der Kreislauf von Bauteilen durch Unterstützung der Digitalisierung verbessert werden kann und wo der Fokus bei der Ressourcenschonung gelegt werden soll. Das Kapitel schließt mit der Beschreibung der Grenzen von existierenden Methoden ab. Kapitel 2.2 befasst sich mit den österreichischen Gesetzen, Normen und Verordnungen, die zur Ermittlung eines Abfallstroms von Gebäuden zu beachten sind. Es wird unter anderem auf die Begriffe der Abfallhierarchie und Bedeutung von Schlüsselnummern eingegangen. Im Kapitel 2.3 werden Schadstoffe in Bauperioden aufgezeigt. Kapitel 3 beschreibt die Bedeutung von Building Information Modelling und im Zuge der Entwicklung des Workflows angewandte Tools für den Informationseintrag und die Darstellung der Auswertungen. Außerdem wird der Export und Import von erstellten Daten beschrieben.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit dem Workflow. Anhand eines Flussdiagrammes wird Schritt für Schritt der Workflow beschrieben und die Ausführung des Workflows anhand von Beispielen aus einem vom Institut zur Verfügung gestellten BIM-Modell demonstriert. Im Anschluss wird der Output des Workflows mittels Stoffflussdiagrammen veranschaulicht.

Die Experteninterviews werden im Kapitel 5 thematisiert. Zunächst wird die Art der Durchführung und Auswertung der Interviews beschrieben und anschließend werden die Themeninhalte der InterviewpartnerInnen zusammengefasst und Kernaussagen dargestellt.

Im Kapitel 6 werden die wesentlichen Erkenntnisse des Workflows im Zuge der Diskussion der Ergebnisse zusammengeführt, sowie ein Ausblick auf weitere mögliche Untersuchungen gegeben. Mit der Zusammenfassung im Kapitel 7 schließt die Arbeit ab. Im Anhang sind weitere Auswertungen sowie Grundrisse, Schnitte und Ansichten des Fallbeispiels zu finden.

## 2 Literaturrecherche

### 2.1 Bereits entwickelte Methoden zur Ermittlung von Bau- und Abbruchabfällen

Ein Artikel aus der Fachzeitschrift „Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft“ beschreibt, wie die Charakterisierung der Materialzusammensetzungen von Gebäuden erfolgen kann. Dafür werden vorhandene Unterlagen, wie etwa Bestandspläne herangezogen. Zur Vorbereitung gehört eine Begehung des abzubrechenden Gebäudes und selektive Beprobungen vor Ort. Wiederkehrende Bereiche mit ähnlicher Ausstattung, wie zum Beispiel Wohneinheiten, oder Stockwerke können einmalig ermittelt und im Anschluss hochgerechnet werden. Für längliche Bauteile, wie Rohre, wird die Art und Anzahl mit einem gedanklichen Schnitt durch eine Ansicht ermittelt und anschließend über die Länge das Volumen erfasst. In einem Kalkulationsprogramm werden die Bauteile, Maße und Materialien eingetragen und mit den jeweiligen Dichten die Masse ermittelt. Ziel dieser Methode ist die Erfassung von Ort und Qualität der Materialien in einem Gebäude. Aus den so ermittelten Materialangaben können Faktoren für Abschätzungen von weiteren Gebäuden gebildet werden. Mit diesen Faktoren kann schnell und überschlagsmäßig der Materialbestand einer Stadt geschätzt werden. (Aschenbrenner et al., 2015, S. 21ff.)

Mit der Bildmatching-basierter Veränderungsdetektion werden indirekt Volumina und Mengen von Abbruchmaterialien geschätzt. Zunächst werden Nachforschungen von Abbruchstandorten aus Abbruchanzeigen getätigt. Anschließend wird aus Orthofotos vor und nach dem Abbruch die abgebrochene Fläche bestimmt. Informationen zu Größe, Nutzung oder Bauperiode werden aus Geodaten von Magistratsabteilungen ermittelt. Ein Abbruchgebäude wird kategorisiert in Wohnen, Gewerbe oder Industrie. Der geschätzte Bruttorauminhalt wird im Anschluss mit spezifischen Materialintensitäten der passenden Gebäudekategorie multipliziert und so das Abbruchvolumen geschätzt. (Fellner et al., 2018, S. 138ff.)

Eine Workflow-Entwicklung in Hongkong verwendet BIM-Modelle aus dem Programm Autodesk Revit Structure und konzentriert sich zunächst auf die Ermittlung und Einteilung von Volumina der Materialien eines Abbruchgebäudes. Da ein Bauteil aus mehreren Materialien bestehen kann, wird parallel dazu eine Einteilung nach Funktion, beispielsweise Fenster, oder Boden, gemacht. Für den Output wurde ein Microsoft Visual Studio 2010 unterstütztes System mit der Programmiersprache C# entwickelt. Die Materialien und Bauteile mit dem jeweiligen Volumen werden in das entwickelte System übertragen. Danach werden drei Faktoren berücksichtigt: Abfallvolumen-Änderungsfaktor, ein Faktor für Materialwiederverwendungs- und Recyclingmengen und eine Einheitenrechnung. Zusätzlich wird bestimmt, ob der Abfall vor Ort inerte und nichtinerte Stoffe eingeteilt wird, oder zu einer Sortieranlage gebracht wird. Anschließend wird die benötigte Anzahl an LKWs für den Abtransport, sowie die anfallenden Kosten dafür errechnet. (Cheng & Ma, 2013, S. 1539ff.)

Ebenfalls in Hongkong wurde für eine Reduktion des Abfalles ein Ansatz zur Quantifizierung des zukünftigen Bauabfallaufkommens bei Neubauten oder größeren Nachrüstungsarbeiten entwickelt, da 2016 ca. 60.000 Tonnen Bauabfall am Tag erzeugt wurde, wovon ca. 4.400 Tonnen auf der Deponie landeten. Diese Quantifizierungen hängen davon ab, ob eine Ausschreibung auf einem konstruktiven Leistungsverzeichnis oder einer funktionalen Leistungsbeschreibung basiert. Für Ersteres können Materialien mit Mengen und Abmessungen aus dem Leistungsverzeichnis und in weiterer Folge Dichten und Volumina ermittelt werden. Abfallprozentsätze von

Materialien für städtische Gebäude verhelfen zur Ermittlung des Abfallvolumens. Für eine funktionale Leistungsbeschreibung kann die Abfallschätzung auf einem Mengenplan des Auftragnehmers erfolgen. Dies setzt bereits die Vergabe an einen Arbeitnehmer voraus. Der Ansatz berücksichtigt unter anderem das Potential einer Wiederverwendung von Verpackungsmaterial, oder Schaltafeln. (T.I. et al., 2019, S. 1003ff.)

Mit einem Bottom-up Ansatz wird der Material- und Komponentenbestand aus öffentlichem Wohnbau in Singapur geschätzt. Als Komponenten werden hier Bauteile nach ihrer Funktion bezeichnet (wie Fenster, Türen, etc.). Der Ansatz basiert auf einem einfachen Modell, das aus einem Gebäudelagerbestand aus Materialien und Komponenten besteht. Von diesem Lager gibt es Material- und Komponentenzuflüsse und Material- und Komponentenabflüsse. Zusätzlich wird der jährliche Anstieg der Wohneinheiten, die Gesamtanzahl der Wohneinheiten und die Anzahl der Abrisse im Gebäudelagerbestand berücksichtigt.

Die Einteilung der Materialien erfolgt in Beton und Stahl. Die Komponenten werden in Türen, Fenster, Bodenfliesen, Einrichtungsmöbel in Nassräumen, Beleuchtungskörper und Küchenteile aufgegliedert. Diese Komponenten haben den größten Anteil eines Abrissgebäudes und können wiederverwendet werden, da zum Zeitpunkt eines Gebäudeabbruches ihre Lebensdauer noch nicht erreicht ist. Der Material- und Komponentenbestand einer Wohneinheit, der in das Berechnungsmodell fließt, basiert auf Erfahrungswerten und wird an die jeweiligen Größen und Grundrisse der Wohneinheiten angepasst. Das Ergebnis zeigt, dass in den letzten Jahren der Gebäudelagerbestand viel Zufluss, jedoch wenig Abfluss erfahren hat. Somit ist der größte Anteil an Material und Komponenten der Stadt Singapur in Gebäuden verbaut und wird nur durch Abbrüche wieder verfügbar. (Arora et al., 2019, S. 239ff)

Eine Machbarkeitsstudie über Urban Mining in Amsterdam konzentriert sich auf den Metallbestand in Wohngebäuden. Die Organisation, die hohe Wiederholung und Standardisierung des Wohnbaus in den Niederlanden ermöglicht strukturelle und regelmäßige Prozesse. Lokale Analysen besagen, dass die Ressourcenrückgewinnung aus Gebäuden bereits so gut wie möglich ist. Jedoch sind grobe Hochrechnungen nicht zuverlässig genug, dies zu bestätigen. Um Prozesse verbessern zu können, braucht es, zum Beispiel durch BIM unterstützte, präzisere Angaben über den Materialbestand in Gebäuden. (Koutamanis et al., 2018, S. 32ff)

Auf der ETH Zürich wurde ein Konzept entwickelt, welches die digitale Kreislaufwirtschaft von Fenstern verbessern soll. Beteiligte Stakeholder müssen für das Funktionieren eines solchen Kreislaufes gebündelt werden. Zu Stakeholdern gehören die Bauteilproduzenten, öffentliche oder private Bauherren, der Planer und der Wiederverwender. Es wurden zwei Maßnahmen für den Kreislauf entwickelt. Zum einen ein Materialpass und zum anderen eine HarvestMap-Plattform. Der Materialpass hat alle relevanten Daten eines Fensters auf einer Block-chain Basis digital hinterlegt. Block-chain ist die digitale, transparente und chronologische Aufzeichnung von Daten. So kann die Historie eines Bauteils aufgenommen und im Materialpass gespeichert werden. Diese Daten können automatisch oder manuell aktualisiert werden, etwa nach einer Wartung oder Reparatur. Je mehr Informationen über ein Bauteil bekannt sind, desto geringer ist das Qualitätsmisstrauen. Erstellt wird der Materialpass von der Produktionsfirma der Fenster. Beim Verkauf eines Fensters an den Kunden bzw. an den Bauherren wird der digitale Materialpass inklusive Wartungsvertrag mitverkauft. Der Bauherr verpflichtet sich den Materialpass zu pflegen, solange das Fenster in seinem Besitz ist. Möchte der Bauherr das Fenster rückbauen, so kann er die digitalen aktuellen Daten des Materialpasses auf die HarvestMap-Plattform stellen. Dort wird das Fenster aufgrund der gepflegten Daten bewertet und als wiederverwendbar

oder als nicht wiederverwendbar eingestuft. Hat das Fenster ein ReUse-Potential, wird es für Planer und zukünftige Bauherren auf der Plattform sichtbar. Verkaufsdaten, wie der Preis, das Verfügbarkeitsdatum oder der Kontakt zum Verkäufer, sind anschließend auf der Plattform sichtbar. Um eine regionale Kreislaufwirtschaft zu fördern, gibt die Plattform bekannt, aus welcher Region die zur Verfügung stehenden Fenster stammen. Zugriff auf die Plattform sollen ausschließlich die oben genannten Stakeholder haben. Für Produzenten ergibt sich neben der Neuherstellung von Bauteilen auch ein nachhaltiger, ökonomischer Absatzmarkt durch die Erstellung und Wartung eines Materialpasses. Diese digitale Kreislaufwirtschaft kann nicht nur bei Fenstern, sondern auch bei anderen Bauteilen angewendet werden. (Borsien et al., 2018, S. 1ff.)

In Deutschland wurde 2020 ein Modell entwickelt, das die Recyclingfähigkeit auf Bauteilebene aus gibt. Eine Auswertung auf Baumaterialebene hat zu wenig Aussage über die Recyclingfähigkeit, da die Fügung von Bauteilen nicht mit einfließt. Die Fügung hat jedoch eine erhebliche Auswirkung auf die Recyclingfähigkeit. Es wird unterschieden zwischen „ohne Schädigung lösbar“, „teilweise mit/ ohne Schädigung lösbar“ und „mit Schädigung lösbar“. Der Output unterscheidet eine Wiederverwendung (Produktrecycling), eine Wiederverwertung als Sekundärmaterial zur stofflichen Nutzung mit gleichwertigem Stoffniveau (Werkstoffrecycling), eine Wiederverwertung als Sekundärmaterial zur stofflichen Nutzung mit minderwertigem Stoffniveau (Downcycling), eine endgültige stoffliche oder energetische Verwertung und eine Beseitigung. Das entwickelte Modell liegt den Baustoffen der ÖKOBAUDAT zugrunde, welche den Verwertungs- und Entsorgungsszenarien aus der Literatur zugeordnet sind. (Ebert et al., 2020, S. 14ff.)

Der 3D Laserscanner kann dafür verwendet werden schnell und einfach ein Bestandsgebäude zu digitalisieren. Damit entsteht ein 3D Modell mit den richtigen Abmessungen. Allerdings kann ein Laserscanner keine sonstigen Informationen wie Material, physikalische Eigenschaften, oder den Zustand aufnehmen. Diese Informationen müssen händisch eingepflegt werden. (Hewelt et al., 2017)

Im Rahmen einer Studie wurden Interviews mit Stakeholdern geführt, die zu Lücken zwischen Theorie und Praxis von der Kreislaufwirtschaft im Gebäudelebenszyklus befragt wurden. Hier wird ebenfalls deutlich, dass es einen großen Bedarf an möglichst genauer Ermittlung von Abbruchmassen gibt, um einen Rückbau effizient gestalten zu können. Kritikpunkte für die Umsetzung waren bestehende Lösungen, die jedoch nur einen Teil der Wertschöpfungskette betreffen und daher die Kreislaufwirtschaft im Gesamten nicht fördern. Wegen des Konkurrenzverhaltens der Unternehmen leidet der Informationsaustausch. Gesetze und Richtlinien sind derzeit mehr hinderlich als förderlich für eine Kreislaufwirtschaft. Die Unternehmen brauchen einen finanziellen Nutzen, um auf eine Kreislaufwirtschaft umzusteigen. Ein nachhaltiger Rückbau erhöht jedoch die Kosten für den Abbruch und damit die Lebenszykluskosten. Die Frage des Eigentums und der Haftung der Wiederverwendung von Abbruchmaterial ist nicht geklärt. Die Schätzungen von Abbruchmassen sind derzeit sehr ungenau, daher ist die genaue Planung von Wiederverwendung und finanzieller Auswirkung nicht möglich. Softwaretools werden nicht flächendeckend eingesetzt und daher auch nur teilweise für die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft genutzt. Es werden drei Oberkategorien für Kriterien für Wiederverwendung und Recycling definiert. In der Kategorie Elemente wird bewertet welche Bauteile für eine Wiederverwendung bzw. Recycling geeignet sind. Der Fokus der Arbeit richtet sich auf diese Kategorie. Die Wieder-

verwendung effizient zu gestalten, wird in der Kategorie Prozess beachtet. Die Kategorie System umfasst gesetzliche Regelungen und soziokulturelle Aspekte. (Hartmann et al.)

### 2.1.1 Grenzen der existierenden Methoden

Die bisherigen Methoden zeigen deutlich, dass der Bedarf an präziseren Angaben für Wiederverwendungs- und Recyclingangaben gegeben ist. Meist werden Mengen mit Faktoren aus der Literatur multipliziert und anschließend hochgerechnet. Das ergibt ungenaue Schätzungen. Selbst in den Niederlanden, wo Recycling von Abbruchmaterial sehr gebräuchlich ist, kann aufgrund zu ungenauer Daten nicht bestätigt werden, dass die Rückgewinnung von Ressourcen bereits maximiert ist.

Sinnvoll erscheint die Unterteilung der Mengenangaben in Material und Funktion von Bauteilen, da für die Wiederverwendung und das Recycling Informationen von Beiden nützlich ist. Die Berücksichtigung der Fügung von Bauteilen ist essenziell für die Demontage und somit auch für die Wiederverwendung.

BIM wurde bei Ermittlungen von Gebäudematerialbeständen bereits angewendet. Es zeigt sich, dass ein CAD-Programm allein nicht ausreicht, um Abbruchmengen zu bewerten. In einem eigens entwickelten Programm aus Honkong liegt der Fokus auf der Menge und den Kosten des Abtransportes von Abbruchgebäuden.

Das Konzept der ETH Zürich bietet für zukünftige Projekte eine große Unterstützung für die Zustandsermittlung von Bauteilen. Bei derzeitigen Abbruchbauwerken lohnt sich der Aufwand eines digitalen Materialpasses für einzelne Bauteile jedoch nicht. Effizienter ist eine Bewertung des Zustandes anhand einer Bestandsaufnahme.

## 2.2 Gesetze, Normen, Verordnungen

### 2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz

Im Abfallwirtschaftsgesetz ist der Bedarf an Ermittlungen zu zukünftigen Abfallströmen gesetzlich verankert. Eine Zielvorgabe aus 2002 besagt, dass ab dem Jahr 2020 mindestens 70 Gewichtsprozent des Abfalles für Wiederverwendung, Recycling und Verwertung aufbereitet werden muss. Diese Vorgabe wurde eingehalten, allerdings ist zu beachten, dass der meiste Abfall verwertet wird und die Wiederverwendung eine sehr geringe Rolle spielt. Die Verwertungsrate von Baurestmassen zwischen den Jahren 2015 und 2020 war durchschnittlich 82,9 % (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023c, S. 118). Laut § 8 AWG 2002 muss mindestens alle sechs Jahre ein Bundes-Abfallwirtschaftsplan vom Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie erstellt werden. ("Abfallwirtschaftsgesetz 2002," 2002)

Im Abfallwirtschaftsgesetz werden die Begriffe der Abfallhierarchie definiert. Demnach ist der Zweck der Abfallvermeidung zu verhindern, dass Abfall entsteht. Bewegliche Sachen werden zu Abfall, wenn deren Besitzer eine Entledigungsabsicht hat, oder sich der Besitzer der Sachen entledigt hat. Weiters entsteht Abfall, wenn die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung von beweglichen Sachen als Abfall erforderlich ist, um im Sinne der Ressourcenschonung die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen. Die Verwertung ist ein Verfahren, bei dem Abfälle einem ökologisch und ökonomisch sinnvollen Zweck zugeführt werden. Die Wiederverwendung, das Recycling und eine sonstige Verwertung zählen zur Verwertung, ebenso eine Vor-

behandlung zu diesen Verwertungsverfahren. Wird ein Produkt für den ursprünglich eingesetzten Zweck wieder eingesetzt ist das eine Wiederverwendung. Bei der Vorbereitung zur Wiederverwendung werden Abfälle so geprüft, gereinigt oder repariert, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wiederverwendet werden können. Abfälle, die für den ursprünglichen, oder für einen anderen Zweck aufbereitet werden fallen unter das Verwertungsverfahren Recycling. Die Rückgewinnung von Stoffen und Materialien (stoffliche Verwertung) gehört ebenfalls zum Recycling. Zur sonstigen Verwertung zählen die thermische Verwertung und die energetische Verwertung. Beseitigt werden kann Abfall unter anderem durch Deponierung oder durch Verbrennung. Im Anhang 2 des Abfallwirtschaftsgesetzes befinden sich nicht erschöpfende Listen für Verwertungs- und Beseitigungsmethoden. Die Abfallhierarchie beinhaltet jedoch nur die fünf Stufen nach **Abb. 6**. ("Abfallwirtschaftsgesetz 2002," 2002, S. 6ff)



**Abb. 6** „umgekehrte Pyramide“ der Grundsätze der Abfallwirtschaft (BMK, 2024)

### 2.2.2 Abfallverzeichnisverordnung

Das BMK hat ein Abfallverzeichnis zu veröffentlichen, das Abfallarten definiert. Jeder Abfallart wird eine Schlüsselnummer und eine Abfallbezeichnung zugeordnet. Spezifikationen von Abfallarten werden durch weitere Codestellen der Schlüsselnummer und durch eine Zusatzbemerkung gekennzeichnet. ("Abfallverzeichnisverordnung," 2020, S. 1, 2) Folgende Spezifikationen sind definiert:

5. 77 - gefährlich kontaminiert
6. 88 - ausgestuft
7. 91 - verfestigt, immobilisiert oder stabilisiert

Gefährliche Abfälle werden bezeichnet mit:

- g - gefährlich
- gn - gefährlich, nicht ausstufbar

Die Einteilungsstufe des angegebenen Abfalls wird gekennzeichnet mit ("Abfallverzeichnisverordnung," 2020, S. 398):

- GR - Gruppe
- UG - Untergruppe
- AA - Abfallart

### 2.2.3 Bundes-Abfallwirtschaftsplan

Der Bundes-Abfallwirtschaftsplan gliedert sich in drei Teile. Teil eins gibt einen Überblick über die Abfallwirtschaft, sowie eine Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Der zweite Teil beinhaltet Leitlinien zur Abfallverbringung und der dritte Teil ein Abfallvermeidungsprogramm. (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, 2023b, 2023c)

### 2.2.4 Recycling-Baustoffverordnung

Laut § 4 RBV muss in Abhängigkeit der Abfallmenge und dem Bruttorauminhalt vor dem Abbruch eines Bauwerkes eine orientierende oder umfassende Schad- und Störstofferkundung durchgeführt werden. In dieser Schad- und Störstofferkundung sollen jene Bauteile definiert werden, die später wiederverwendet werden können, um die Trennung während des Rückbaues zu vereinfachen. Die Durchführung der Schad- und Störstofferkundung erfolgt gemäß ÖNORM B 3151. Ein Rückbau, anders als ein Abbruch, muss laut § 5 RBV erfolgen, wenn mehr als 750 t Bau- oder Abbruchabfälle anfallen. Der Rückbau erfolgt ebenfalls gemäß ÖNORM B 3151. Bei Abbruchtätigkeiten besteht laut § 6 RBV eine Trennpflicht die besagt, dass gefährliche Stoffe vor Ort von nicht gefährlichen Stoffen zu trennen sind. ("Recycling-Baustoffverordnung," 2016)

### 2.2.5 ÖNORM B 3151

Prinzipiell kann eine Bauwerksbeseitigung auf zwei Arten erfolgen, dem Abbruch und dem Rückbau. Der Abbruch ist ein Trennverfahren, bei dem nicht ausdrücklich der Materialbestand berücksichtigt wird. Beim Abbruch kommen Methoden wie Abgreifen, Demolierung oder Eindrücken zur Anwendung. (Austrian-Standards-International, 2022a, S. 4) Der Rückbau wird im Allgemeinen in umgekehrter Reihenfolge zu einer Errichtung ausgeführt. Alle erreichbaren Wertstoffe, sowie Schad- und Störstoffe werden rückgebaut, sodass das Bauwerk wieder einen rohbauähnlichen Zustand erreicht. Dabei wird darauf geachtet, dass Bauteile so demontiert werden, dass sie wiederverwendbar bzw. wiederverwertbar sind. Eine Vermischung oder Verunreinigung der Baustoffe soll möglichst vermieden werden. Schad- und Störstoffe müssen abgetrennt werden ohne andere Bauteile dabei zu beschädigen. (Austrian-Standards-International, 2022a, S. 6)

Ein Schadstoff wird definiert als „Stoff, der entweder selbst oder im Zusammenwirken mit anderen Stoffen oder durch seine Abbauprodukte oder Emissionen Mensch oder Umwelt schädigen oder beeinträchtigen oder zu einer Wertminderung bzw. Nutzungseinschränkung von Bauwerken führen kann“ (Austrian-Standards-International, 2022a, S. 6). Schadstoffe müssen vor einem Abbruch entfernt werden. Ein Störstoff gilt als „Material, das die vorgesehene Behandlung, einen Behandlungsschritt, die Wiederverwendung oder Verwertung verhindert oder erschwert“ (Austrian-Standards-International, 2022a, S. 6). Es gibt keine Verpflichtung Störstoffe

vor dem Abbruch zu entfernen, sie haben keine negative Auswirkung auf die Gesundheit oder die Umwelt. Sind sie jedoch bei der Wiederverwendung oder Verwertung hinderlich, so empfiehlt es sich die entsprechenden Störstoffe vor dem Abbruch zu entfernen (Müller, 2018, S. 21).

Nach der Schad- und Störstofferkundung muss im Rückbaukonzept die Art der Trennung und Entfernung der Schad- und Störstoffe angegeben werden. Das Rückbaukonzept beschreibt auch die Bauteile, die wiederverwendet werden sollen und die Art der Demontage dieser Bauteile. (Austrian-Standards-International, 2022a, S. 25)

Eine Unterscheidung von Baustoff und Baumaterial ist in der Alltagssprache und in der Literatur nicht eindeutig. In dieser Arbeit dient der Begriff Baumaterial als Oberbegriff von ein oder mehreren Stoffen. Beton, Stahl oder Aluminium sind somit als Baumaterial anzusehen. Baustoffe haben eine einzigartige und identische Zusammensetzung und sind daher homogen. Diese Definition wurde aus einschlägiger Literatur übernommen (Brunner & Rechberger, 2017, S. 51ff). Die aus der Norm übernommenen Begriffe Schadstoff und Störstoff können sowohl als Baustoffe als auch als Baumaterialien verstanden werden. Das für die Entwicklung des Workflows verwendete Programm ArchiCAD verwendet den Begriff Baustoffe, daher werden in Auswertungen und Beschreibungen aus dem Programm Baustoffe angeführt, die jedoch als Baumaterialien zu betrachten sind. Die Zuweisung von Schlüsselnummern aus der Abfallverzeichnisverordnung erfolgt nach Definition dieser Arbeit auf Baumaterialebene.

#### 2.2.6 ÖNORM A 6241-2

Die ÖNORM A 6241-2 für digitale Bauwerksdokumentation definiert einige für das Arbeiten mit BIM wichtige Begriffe (Austrian-Standards-Institute, 2015, S. 4):

8. Globally Unique Identifier (GUID) ist ein eindeutiger Code, der automatisch generiert wird. Er wird im Bauwesen für eindeutige Zuordnungen in BIM-Modellen angewendet.
9. Industrie Foundation Classes (IFC) ist ein Dateiformat, mit dem ein Austausch von BIM-Modellen in verschiedenste Programme erfolgen kann.
10. Der Level of Detail (LOD) gibt den Detaillierungsgrad von Objekten in einem BIM-Modell an. Je nach Planungsphase ist der LOD niedrig (Vorentwurfsphase) oder hoch (As-Built-Modell).

Eine genaue Definition der einzelnen Detaillierungsgrade gibt es in der Norm nicht. Das BauNetzwissen schlägt fünf Detaillierungsstufen vor, von LOD 100 bis LOD 500 (Baunetzwissen, 2023). Dimensionen werden für ein BIM-Modell definiert, um bestimmte Gebäudedaten zu ordnen und auszuwerten. Die 6D Nachhaltigkeit „bewertet Bauwerke hinsichtlich ihrer umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Qualität unter Berücksichtigung der technischen Eigenschaften und Funktionalität.“ (Austrian-Standards-Institute, 2015, S. 8)

## 2.3 Bauperioden und Schadstoffe

Ein Abbruch eines Gebäudes ist nur dann sinnvoll, wenn keine Nutzungsmöglichkeiten mehr vorhanden sind. Meist geschieht dies, wenn die Lebensdauer eines Bauwerkes erreicht ist. Das betrifft hauptsächlich Altbauten. Die Kenntnis des Errichtungszeitpunktes und des Gebäudetyps hilft, auf welche Materialien und Schadstoffe es beim Rückbau zu achten gilt.

**Tab. 1** Materialien und Ausführungsarten von Bauteilen nach Bauperioden (Baunetzwissen, 2024a, 2024b, 2024c, 2024d, 2024f, 2024g; *Wien Kulturgut: Bauperioden*, 2024)

	<b>Gründerzeit</b>	<b>Zwischenkriegszeit 20er und 30er Jahre</b>	<b>Nachkriegszeit 50er Jahre</b>	<b>Nachkriegszeit 60er Jahre</b>	<b>Nachkriegszeit 70er Jahre</b>	<b>80er Jahre</b>
<b>Dach</b>	k. A.	k. A.	Dachstühle sehr gering dimensioniert	Flachdächer mit betonter Attika	k. A.	geneigt, Eindeckung mit Ton- oder Betondachsteinen
<b>Fassade</b>	häufig mit Stuckornament	einfachen Putzfassaden	Vorhangfassaden	Betonfassaden konstruktivistisch und nur als Rasterfassaden ausgebildet	Vorhangfassaden	Putzfassaden, hinterlüftete Fassaden aus Stein, Ziegel und Blech
<b>Außenwände</b>	Vollziegelmauerwerk Wandstärken von 30 – 90 cm	Ziegel- oder Bimsmauerwerk Wandstärken zwischen 25 und 38 cm	Ziegel-, Schlacke- oder Bimsmauerwerk Wandstärken zwischen 24 und 30 cm	Mauerwerk und Beton Minimale Querschnitte	Stahlbetonplattenbausystem	Beton oder Ziegelmauerwerk teilweise zweischalig Wandstärken ca. 40 cm
<b>Ge- schoß- decken</b>	Holzbalken	Holzbalken dünner Stahlbeton	Holzbalken massiv mit Verbundestrich	Betondecken mit schwimmendem Estrich	Stahlbetonplattenbausystem	Betondecken mit schwimmendem Estrich

<b>Kellerdecke</b>	massiv (Gewölbe oder preu- ßische Kap- pen)	Stahlbeton	k. A.	k. A.	Stahlbetonplat- tenbausystem	k. A.
<b>Fenster</b>	Holz Einfach- oder Kas- tenfenster	Eckfenster	Nadelholz Einfach- vergla- sung	Holz, ganz vereinzelt schon Alumini- um Einfach- verglasung	Fensterflügel mit großen Formaten, häu- fig undicht und verzogen Schlechte Wär- medämmung der Fenster	Holz-, Kunst- stoff- oder Alumini- um Isolierver- glasung
<b>Balkon</b>	k. A.	k. A.	Kleine Balkone als aus- kragende Betonplat- te	Balkone und Loggi- en als Be- tonkon- struktion ohne thermi- sche Trennung	k. A.	Betonkon- struktion mit ther- mischer Trennung
<b>Stiege</b>	k. A.	k. A.	massiv	massiv	k. A.	massiv
<b>Hei- zung</b>	k. A.	Einzelöfen	Einzel- ofenhei- zung	Zentral- heizung	Zentralheizung	k. A.
<b>Wär- me- schutz</b>	k. A.	sehr gering vorhanden	-	-	wärmegeämm- te Konstruktio- nen aus Schaumbeton oder zwei- und dreischaligen Platten	mittelmä- ßig
<b>Schall- schutz</b>	k. A.	sehr gering vorhanden	k. A.	-	k. A.	mittelmä- ßig
<b>sonsti- ges</b>	k. A.	Kellerwän- de aus Stampfbe- ton auskragen- de Bauteile	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Schadstoffe, die zum Errichtungszeitpunkt eines Bauwerkes noch nicht als solche eingestuft waren, müssen bei einem Rückbau identifiziert und entfernt werden. Auch bei einer Sanierung können Bauteile mit zum Zeitpunkt des Einbaues nicht definierten Schadstoffen eingebaut worden sein. Einbauzeiträume und Einbauverbote von Schadstoffen sind in **Tab. 2** aufgelistet.

**Tab. 2:** Verbot von Schadstoffen (RMA, 2011, S. 6ff)

Schadstoff	Einsatzzeitraum	Verbot in Österreich	Anwendungsbeispiele
Asbest	ab 1939 Hitze-, Brand- und Schallisierungen von 1970 bis Ende 1980 im Dachbereich bis 1990 Asbestzement bis 1990	ab 1978 (Spritzasbest) ab 1990 Verwendung von Asbest generell	Spritzasbest Mörtel Leichtbauplatten Dachabdeckung Trennwände Fensterbänke Rohre
Blei	Rohre vor 1938 Wasserleitungsrohre bis 1970	Blei in Wandfarben	Rohre Bleche Dachdeckungen keramische Produkte
Cadmium	bis 1990	ab 1991	Farben, Emaile und Kunststoffe Fenster, Türen, Rohre Mauersteine Stahlbeton
Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW)	FCKW-haltige Dämmstoffe ab 1960 bis 1990	Verbot	PU-Sandwichelemente XPS-Platten PU-Hartschaumplatten kaschiert PU-Rohrschaum
künstliche Mineralfaser (KMF) mit geringer Biolöslichkeit	Keramikfasern ab 1970er	ab 1998 nur noch „neue“ KMF-Dämmstoffe, kein explizites Verbot der alten künstlichen Mineralfaser (Hammerl et al., 2018)	Wärmedämmung
Pentachlorphenol (PCP)	ab 1960 bis 1980	ab 1991	Holzschutzmittel Spachtel und Vergussmassen Fugendichtungsmittel
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	ab 1955 bis 1975 Fugendichtmasse ab 1960er bis 1970er PCB-Kondensatoren ab 1936 bis 1983	ab 1989	Fugen- Dichtungsmassen Farben, Lacke Klebstoffe Kabelummantelung

	Farben und Lacken ab 1965 bis 1975		
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	ab 1950 bis 1980 Parkettkleber bis 1990	ab 1991	Teerkleber Fußbodenbeläge Teerpappen Teerkork zur Wärmedämmung Schutzanstriche Bituminierte Dichtungs- und Dachbahnen

Für die umweltrelevante Qualitätssicherung eines Recycling-Baustoffes gilt es Grenzwerte von Schadstoffvorkommen in Bauteilen einzuhalten. Diese Schadstoffe befinden sich in überwiegend unkritischen Bauteilen und können nicht sichtbar, oder sichtbar, aber nicht demontierbar sein. Sie sind in bereits eingebauten Materialien enthalten, oder entstehen während der Nutzung eines Bauwerkes, zum Beispiel bei einem Brand oder Hochwasser. Müller (Müller, 2018, S. 47) unterscheidet hier zwischen primären und sekundären Schadstoffen. Überschreitet der Konzentrationsgehalt des Schadstoffes den Grenzwert, muss das Bauteil beseitigt werden, siehe **Tab. 3**.

**Tab. 3:** Grenzwerte für Gesteinskörnungen in Recycling-Baustoffen in mg/kg Trockenmasse ("Recycling-Baustoffverordnung," 2016, Anhang 2)

	für ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz		für Beton ab der Festigkeitsklasse C 12/15 und C 8/10 ab der Expositions-klasse XC1
	Qualitätsklasse		
Inhaltsstoff	U-A	U-B	H-B
Chrom ges.	0,6	1	1
Kupfer	1	2	2
Nickel	0,4	0,6	
Ammonium-N	4	8	8
Chlorid	800	1000	1000
Nitrit-N	2	2	
Sulfat	2500	6000	6000
TOC	100	200	200
Blei	150	150/500	150/500
Chrom ges.	90/300	90/700	90/700
Kupfer	90/300	90/500	90/500
Nickel	60/100	60	60
Quecksilber	0,7	0,7	0,7
Zink	450	450	450
KW-Index	150	200	200
Σ16PAK	12	20	20

### 3 Building Information Modeling – BIM

Building Information Modelling (BIM) stellt einen gemeinschaftlichen Prozess dar, mit dem der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerkes mithilfe eines digitalen Modells, sowie mit Daten und Sensorik, dargestellt wird. Alle Projektbeteiligten haben so eine arbeitsaktuelle, gemeinsame Datengrundlage und die Planung, Errichtung, Nutzung und der Rückbau können stetig optimiert werden. (Austrian-Standards-International, 2024)

Die Literatur bestätigt, dass der Detailierungsgrad und die Datenprofile jedoch noch nicht ausreichend vorhanden sind, um den gesamten Material- und Stoffkreislauf digital abzubilden und Abfallströme zu ermitteln um Recycling optimieren zu können (Achatz et al., 2021, S. 23; Hillebrandt et al., 2021, S. 32f). Ziel dieser Arbeit ist die Identifikation von Problemfeldern und Datenlücken, sowie ein BIM gestützter Workflow zur Datendurchgängigkeit mit dem Fokus auf das Ende eines Gebäudelebenszyklus.

#### 3.1 BIM-Software ArchiCAD

Der Workflow wurde anhand eines vom Institut bereitgestellten Fallbeispiels in ArchiCAD 27 entwickelt. ArchiCAD ist eine CAD/BIM-Software, die von dem Unternehmen Graphisoft für das Bauwesen entwickelt wurde. Die im Workflow getroffenen Einstellungen, hinzugefügten Eingabefelder, Auswertungen und Bewertungen sollen jedoch eine allgemeine Hilfestellung zur Darstellung von digitalen Abfallströmen darbieten, die für jede BIM-Software angewendet werden kann.

##### 3.1.1 Eingabefelder in ArchiCAD erstellen

Es wurde mit dem Arbeitsumgebungs-Profil „Profil Architektur 27“ gearbeitet, das bereits einige Eingabefelder für Klassifizierungen und Eigenschaften von Baumaterialien und Bauteile voreingestellt hat. Die Eingabefelder, die nicht in diesem Profil, jedoch für die Ermittlung des digitalen Abfallstroms relevant sind, wurden im Zuge dieser Arbeit erstellt. Es wurden zwei Arten von Eingabefeldern eingerichtet, Eigenschaften von Baumaterialien und Bauteilen und allgemeine Projektinformationen. Bauteile werden in ArchiCAD als Elemente bezeichnet.

Eingabefelder für Eigenschaften von Baumaterialien und Elementen wurden über den Eigenschaften-Manager erstellt, siehe **Abb. 7** am Beispiel für das Einbaujahr. Dort können Gruppierungen für zusammenpassende Eigenschaften erfolgen, **Abb. 7-(1)**. Für eine neu erstellte Eigenschaft wird der Datentyp der Eingabe ausgewählt, **Abb. 7-(2)**, und abschließend die Verfügbarkeit für Klassifizierungen gefiltert, **Abb. 7-(3)**. Ist die Einrichtung des Eingabefeldes erfolgt, erscheint dieses nun in den Elementeinstellungen und in den Element-Attributen der Baustoffe, siehe **Abb. 8** und **Abb. 9**.

Die projektbezogenen Informationen wurden unter der Projekt-Info eingestellt, siehe **Abb. 10**. Dort besteht ebenfalls die Möglichkeit zusammenpassende Informationen zu gruppieren, **Abb. 10-(1)**. Die erstellten Eingabefelder für den Workflow werden in den Unterkapiteln des Kapitels 4 aufgelistet.

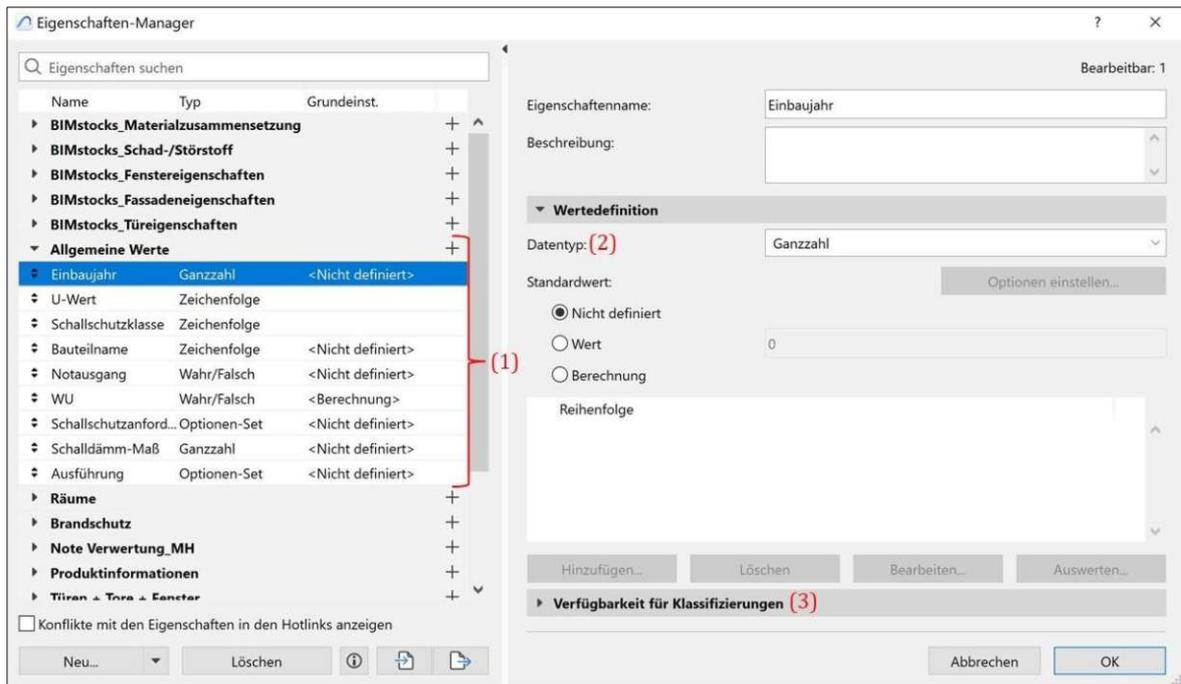


Abb. 7 Eigenschaften-Manager

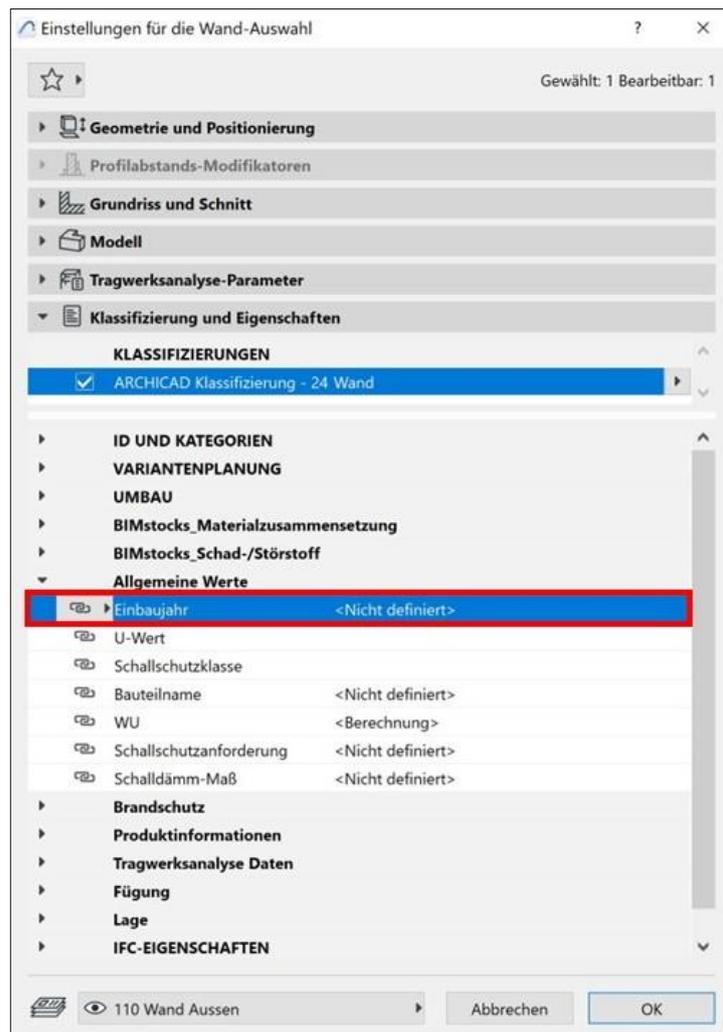


Abb. 8 Elementeinstellungen

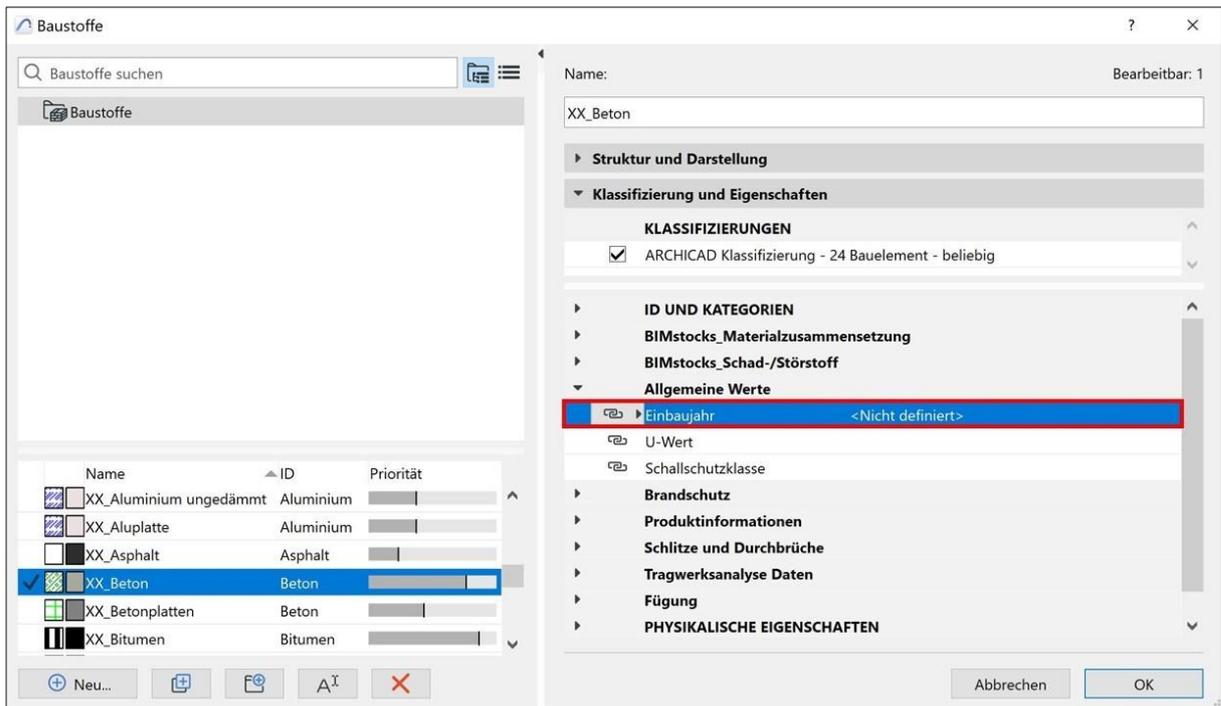


Abb. 9 Element-Attribute der Baustoffe

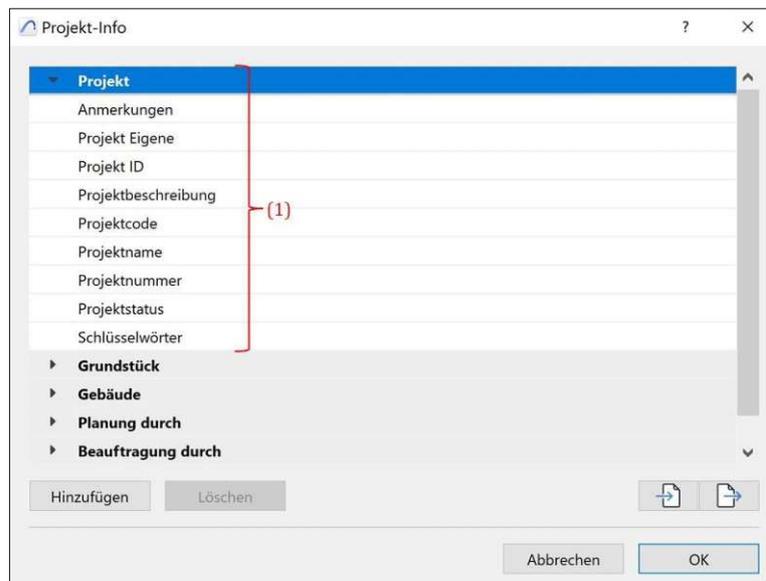


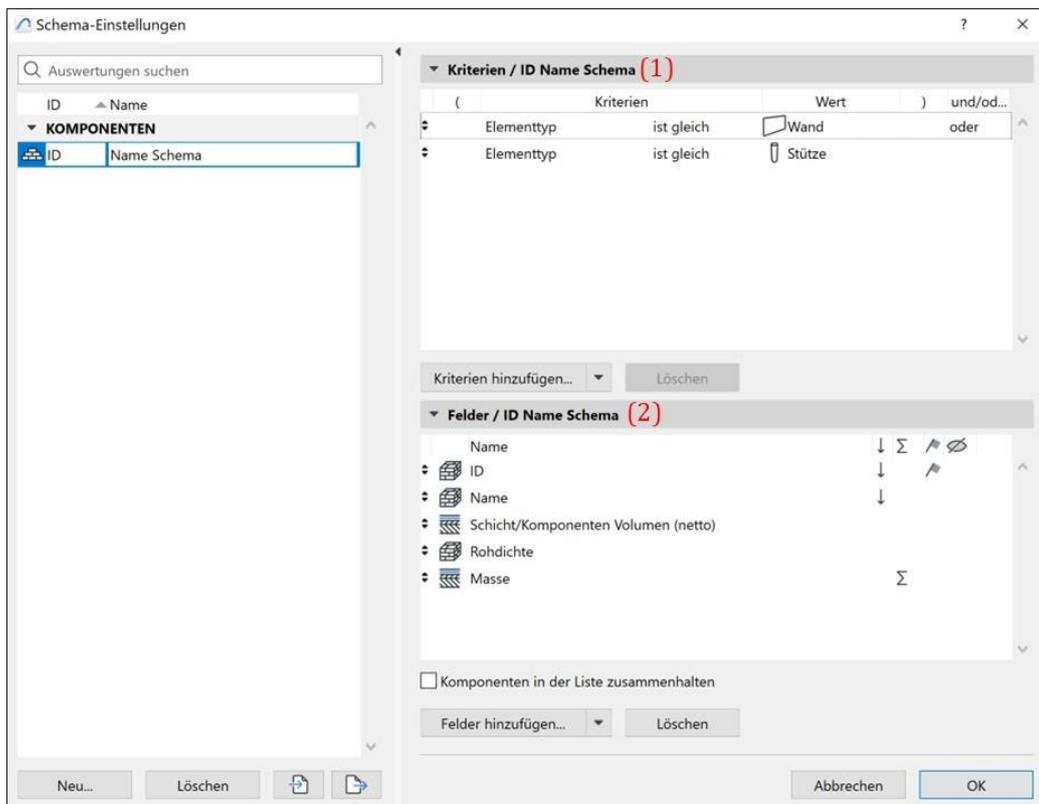
Abb. 10 Projekt-Info

### 3.1.2 Auswertungen in ArchiCAD erstellen

ArchiCAD wertet interaktive Listen aus. Wird ein Parameter in der Liste abgeändert, so ändert sich das Modell und umgekehrt. Es werden drei verschiedene Arten von Auswertungen unterschieden, Element-, Komponenten- und Oberflächenauswertungen. Elementauswertungen geben Eigenschaften einfacher Konstruktionselemente aus. Komponenten werden in ArchiCAD als Bestandteile eines Bauteiles definiert. Jede Schicht eines mehrschichtigen Bauteiles ist eine separate Komponente, selbst wenn mehrere Schichten aus demselben Baumaterial bestehen. Komponentenauswertungen können Parameter über alle Komponenten mehrschichtigen Bau-

teile auflisten. Für die Aufzählung von Bekleidungen und sichtbaren Flächen kommen Oberflächenauswertungen zur Anwendung. (Grafisoft, 2024, S. 1863f)

Um Auswertungen in ArchiCAD zu erzeugen, müssen zunächst im Dialogfenster Schema-Einstellungen Kriterien definiert werden, die die auszugebenden Elemente, Komponenten oder Oberflächen filtern, siehe **Abb. 11-(1)**. Im Anschluss sind im Felder-Panel Parameter der gefilterten Elemente, Komponenten oder Oberflächen anzugeben. Im Eigenschaften-Manager erstellte Parameter, wie im **Kap. 3.1** beschrieben, können im Felder-Panel ausgewählt werden, siehe **Abb. 11-(2)**. Die Schema-Einstellungen selbst sind ebenfalls interaktiv. Werden beispielsweise in den Kriterien nur Wände ausgewählt, so stehen im Feld-Panel neben allgemeinen Parametern nur Parameter von Wandelementen zur Verfügung. (Grafisoft, 2024, S. 1871f)



**Abb. 11** Schema-Einstellungen

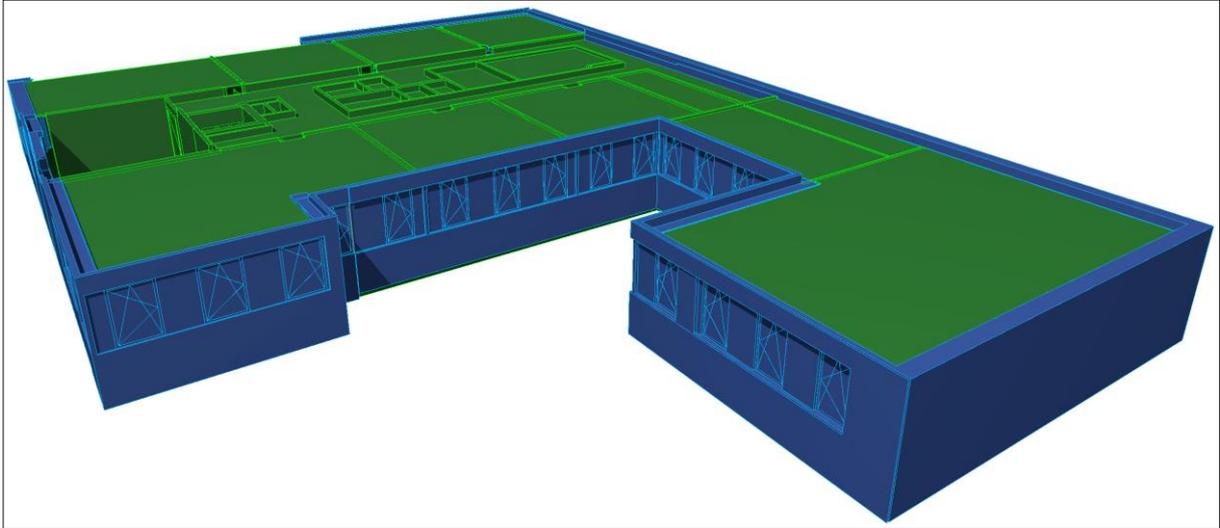
Die Flächen- und Volumenberechnung erfolgt mit dem Flächenberechnungstool. Dies ist insbesondere für die Ermittlung des Brutto-Rauminhaltes relevant. Dafür müssen sog. Morphe modelliert werden (Grafisoft, 2024, S. 4380). Rauminhalte gibt es nach ÖNORM B 1800 in den Bereichen A (überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen), B (überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen) und C (nicht überdeckt) (Austrian-Standards-Institute, 2013, S. 9f). Morphe können im Flächenberechnungstool nach diesen Bereichen gefiltert und ausgewertet werden.

### 3.1.3 Grafische Überprüfung in ArchiCAD

Für eine schnelle Überprüfung des Modells kann die grafische Überschreibung angewendet werden. Gefiltert werden kann beispielsweise nach der Lage von Bauteilen. Besonders in der 3D-Ansicht ist mit solch einer Filterung schnell zu erkennen, ob ein Bauteil falsch zugeordnet wur-

de. **Abb. 12** zeigt das erste Obergeschoß des Fallbeispiels mit der grafischen Überschreibung nach der Lage innen (grün) und außen (blau).

Die richtige Zuteilung von Elementen zu Ebenen dient der logischen Trennung von Elementen (Grafisoft, 2024, S. 293). Ebenen-Kombinationen verhelfen ebenfalls die Vollständigkeit von Bauteilen schnell und einfach zu überprüfen.



**Abb. 12** grafische Überschreibung zur Überprüfung der Lage

### 3.1.4 Import/ Export von Einstellungen und Auswertungen

In ArchiCAD können Einstellungen von einem Projekt exportiert und in andere Projekte importiert werden. So kann eine Vorlage mit den benötigten Einstellungen für den digital unterstützten Rückbau erstellt werden. Es werden folgend Einstellungen aufgelistet, die im Zuge der Erstellung dieses Workflows benutzt wurden und exportiert werden können:

- Attribute von
  - Baumaterialien
  - mehrschichtigen Bauteilen
  - Ebenenkombinationen
- Eigenschaften von Baumaterialien und Bauteilen
- grafische Überschreibungen
- Einstellungen für Auswertungen

Einstellungen können mit dem Export-Symbol, wie in **Abb. 13** rechtes Symbol, exportiert, an einem beliebigen Ort gespeichert und in einem anderen Projekt mit dem Import-Symbol importiert werden.



**Abb. 13** Symbole für Im- und Exporte von Einstellungen in ArchiCAD

## 4 BIM-Workflow

Im Zuge dieser Arbeit wurde ein BIM basierter Workflow entwickelt, der zukünftige Abfallströme im Bauwesen ermittelt, siehe **Abb. 14**. Da der größte Abfall während des Rückbaues von Gebäuden entsteht, konzentriert sich dieser Workflow auf die Rückbauphase (Kovacic, 2022, S. 28). Als Grundlage dient ein fortgeschriebenes As-built-Modell. Ein As-built-Modell enthält alle eingebauten Baumaterialien und Bauteile, aktualisiert über die Nutzungsphase, etwaige Umbauten und Sanierungen. Zu Beginn des Workflows wird das BIM-Modell mit allen notwendigen Informationen und Parametern, sofern nicht vorhanden, aufbereitet, siehe **Tab. 4**.

Nach der Aufbereitung folgt die Erstbewertung. Es werden zunächst nach der Rückbaunorm ÖNORM B 3151 Bewertungskriterien definiert, die Schad- und Störstoffe identifizieren. Anschließend werden nach Norm Auswertungen für die Objektbeschreibung gemacht. Unter anderem werden hier Objektdaten, wie Brutto-Rauminhalt und Geschoßanzahl, sowie Informationen über Materialien bestimmter Bauteile, etwa Materialien der tragenden Bauteile pro Geschoß und Schad- und Störstoffe ausgewertet. Auswertungen aus einem BIM-Modell können wesentlich präziser erfolgen, als es die Norm vorschreibt. Baumaterialien, die Schadstoffe beinhalten, werden im Zuge des Workflows nicht weiteruntersucht, sondern werden direkt in die Abfallhierarchie eingegliedert. Schadstoffe können nicht mehr in die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden, weshalb sie in der Abfallhierarchie höchstens der vorletzten Stufe, der sonstigen Verwertung, zugeteilt werden können. Die Erstbewertung untersucht auf Baumaterialebene, um Bauteile mit enthaltenen Schadstoffen zu identifizieren.

In der vertieften Bewertung können alle schadstofffreien Bauteile betrachtet werden. Für die höchstmögliche Verwertungsstufe im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist eine vertiefte Bewertung auf Bauteilebene notwendig. Die Gliederung in die Abfallhierarchie kann jedoch in Abhängigkeit der weiteren Verwendung sowohl als Baumaterial oder als Bauteil erfolgen. Es werden Bewertungskriterien definiert, deren Erfüllung im Anschluss bei der Durchführung der Bewertung geprüft wird. Da die Erfüllung nicht rein im BIM-Modell geprüft werden kann, muss im Zuge der Durchführung der Bewertung eine Zustandsprüfung vor Ort gemacht werden. Anschließend kann eine Auswertung nach Abfallhierarchie erfolgen. Bei der Eingliederung von Baumaterialien und Bauteilen von rückzubauenden Gebäuden nach der vertieften Bewertung kann in der Abfallhierarchie höchstens die Stufe zur Vorbereitung zur Wiederverwendung erreicht werden, da die Abfallvermeidung wegfällt, sobald die Entscheidung für einen Rückbau fällt.

Um die Schritte im Workflow zu veranschaulichen, wurde vom betreuenden Institut ein BIM-Modell zur Verfügung gestellt, anhand dessen zunächst die Aufbereitung des BIM-Modells beschrieben wurde. Weiters wurde nach ÖNORM B 3151 die Erstbewertung durchgeführt und im Anschluss mittels eines Bauteils (Fenster) die vertiefte Bewertung demonstriert. Nach beiden Schritten im Workflow wurde aufgezeigt, wie die Einteilung in der Abfallhierarchie dargestellt werden kann.

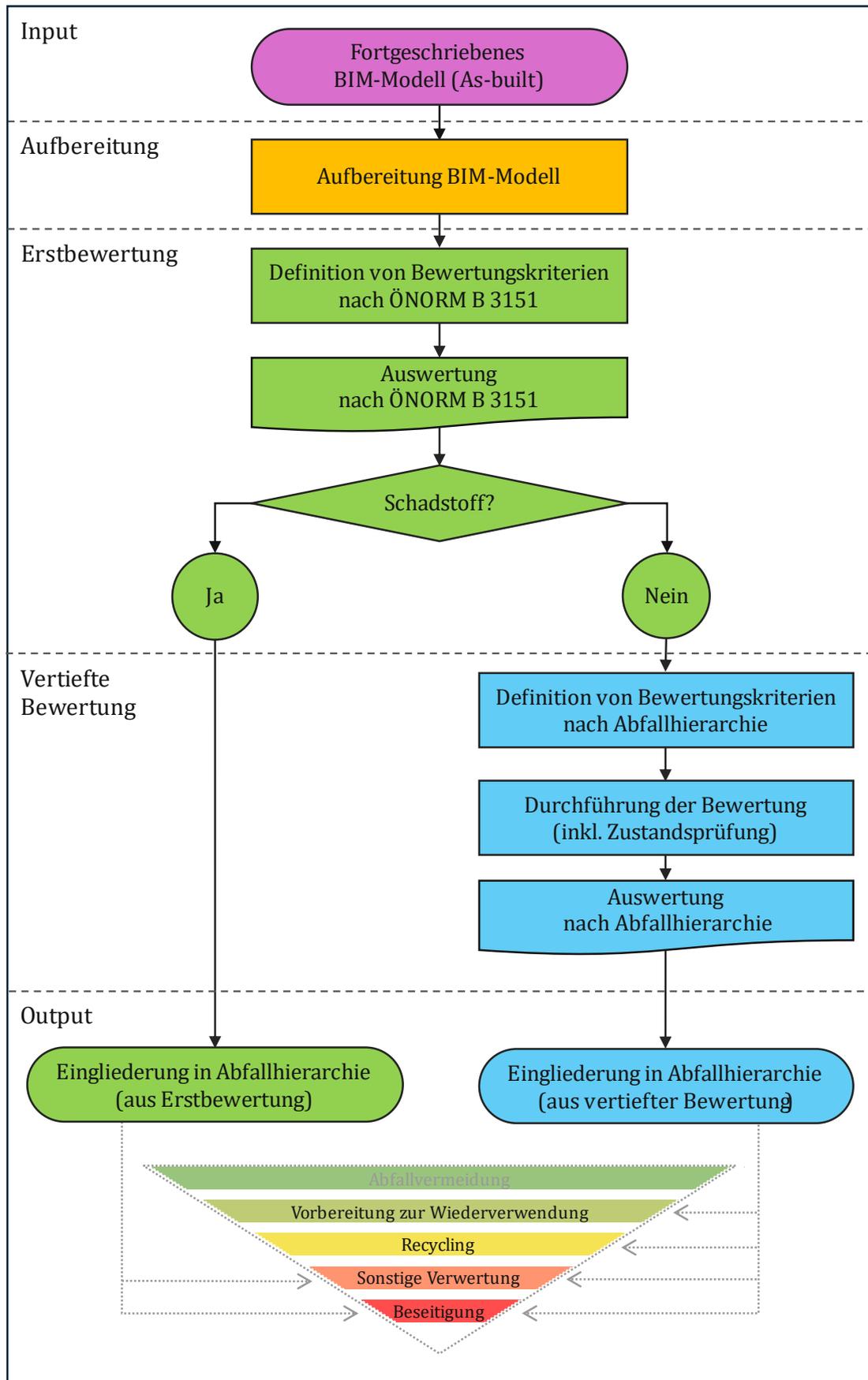


Abb. 14 BIM basierter Workflow für zukünftige Abfallströme von rückzubauenen Gebäuden

Tab. 4 Parameter für Auswertungen

für Erstbewertung	für vertiefte Bewertung
Baumaterialien	Abfallschlüsselnummern
Bauteile	Brandschutz
Beteiligte Parteien	Einbaujahr
Dichten	Fügung
Gebäudeerrichtungsjahr	Hersteller
Geschoße	Herstellungsjahr
Komponenten-Typ	Preis
Lage	Raumstempel
Mehrschichtige Bauteile	Wärmeschutz
Nutzungsart	Zustand
Schadstoffe	
Schallschutz	
Standort	
Störstoff	
Tragende Funktion	
Volumen	

#### 4.1 Fallbeispiel

Bei dem vom Institut zur Verfügung gestellten Fallbeispiel handelte es sich um ein in 1990 errichtetes Gebäude in der Katastralgemeinde Leopoldstadt. Im Zuge einer Dokumentation für eine Schad- und Störstofferkundung wurde im April 2021 eine Bestandsaufnahme durchgeführt. Auf Basis einer Scan-Datenaufnahme sowie eines Ground Penetrating Radars (GPR) wurde ein BIM-Modell erstellt. Die Schad- und Störstofferkundung wurde auf konventionellem Wege erstellt, die Schätzungen daraus sind nicht ident mit den Auswertungen aus dem BIM-Modell. Unterschiede werden in den Auswertungen der Erstbewertung beschrieben. Das Gebäude wurde als Büro genutzt und hatte einen Bruttorauminhalt von 8.600 m<sup>3</sup>. Es erstreckte sich im Südosten bis in das zweite Obergeschoß, während der restliche Teil des Gebäudes bis in das sechste Obergeschoß reichte. Die Bauart des Gebäudes war eine massive Stahlbetonkonstruktion. Das Dach war als Flachdach ausgeführt. Grundrisse, Schnitte und Ansichten zu diesem Gebäude sind im Anhang **Abb. 28** bis **Abb. 45** zu finden.



Abb. 15 Fallbeispiel Modell

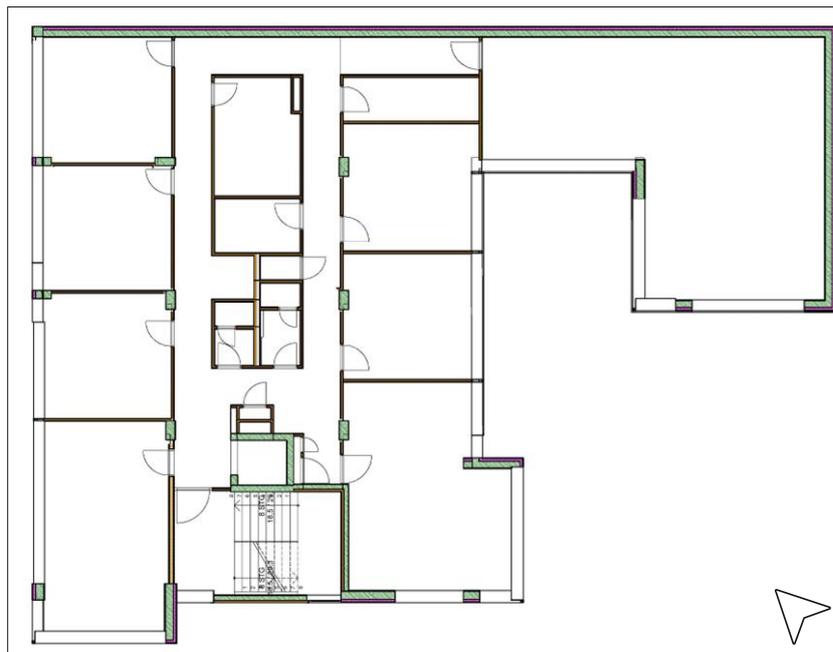


Abb. 16 Fallbeispiel Grundriss Regelgeschoß

## 4.2 Aufbereitung des BIM-Modells

Um aussagekräftige Auswertungen machen zu können, sollte ein BIM-Modell möglichst viele Informationen enthalten, die als Hilfestellung zur Entwicklung eines Rückbaukonzeptes dienen und die zu einer Einschätzung der weiteren Verwendung von rückgebauten Bauteilen beitragen. In den folgenden Kapiteln werden die ausgewählten Parameter aus **Tab. 4** für den Workflow beschrieben und aufgezeigt, wie diese für das Fallbeispiel im BIM-Modell eingepflegt wurden.

### 4.2.1 Abfallschlüsselnummern

Gemäß §1 Abs 3a AWG müssen zur Vorbereitung der Wiederverwendung, Recycling oder sonstiger Verwertung Abfälle getrennt gesammelt werden, sodass sie nicht mit anderen Materialien oder Eigenschaften vermischt werden. Abfallarten werden in der Abfallverzeichnisverordnung nach Abfallschlüsselnummern deklariert ("Abfallverzeichnisverordnung," 2020). Für den Eintrag der Abfallschlüsselnummern wurde in den Eigenschaften-Manager und den Element-Attributen der Baustoffe ein Eingabefeld für die Abfallschlüsselnummer eingerichtet, siehe **Abb. 17**.

### 4.2.2 Baumaterialien

Baumaterialien werden für die Errichtung von Gebäuden genutzt. Baumaterialien können natürlich sein, wie Holz und Kies, oder künstlich sein, wie Stahl und Glas. Eingesetzte Baumaterialien müssen einer Prüfung unterzogen worden sein. Die Wahl von Baumaterialien ist von Faktoren, wie Standort, Budget und Art der Baukonstruktion abhängig. Die Eigenschaften von Baumaterialien tragen maßgeblich zur Tragfähigkeit und Funktionalität von Gebäuden bei. (*Baustoff*, 2024) Zur Berechnung von Materialmengen, wie es auch in der ÖNORM B 3151 gemacht wird, ist die Kenntnis von Baumaterialien und ihren Dichten notwendig (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 4). In ArchiCAD können Baumaterialien, ihre Eigenschaften und die Darstellung im Modell unter den Element-Attributen verändert und hinzugefügt werden.

### 4.2.3 Bauteile

Ein Bauteil im Bauwesen ist nach ÖNORM EN ISO 10209 definiert als „Bestandteil einer Ausrüstung, das nicht weiter zerlegt werden kann, ohne seine grundlegenden Eigenschaften zu verlieren“ (Austrian-Standards-International, 2022b). Bauteile haben einen einheitlichen Aufbau und eine einheitliche Konstruktionsbauweise. Ein Gebäude setzt sich aus vielen verschiedenen Bauteilen zusammen. Die Art und Anzahl der Bauteile eines Gebäudes sind eine wichtige Information zur Erstellung eines Rückbaukonzeptes, sowie für eine Einsatzplanung der weiteren Verwendung (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 3). In ArchiCAD werden Bauteile als Elemente bezeichnet. Elementtypen sind zum Beispiel Wände, Decken, Treppen, Türen, Fenster. Die Zuteilung der Elemente in der Software sollte in Folge der Modellerstellung erfolgen.

### 4.2.4 Beteiligte Parteien

Für die Kontaktaufnahme sind Name und Anschrift des Bauherrn und des Rückbauplaners notwendig. Kontaktdaten von Rückbaufirma und Gutachtern können angeführt werden, soweit sie bekannt sind. Beteiligte Parteien sind in der Projekt-Info einzutragen, siehe **Abb. 18** und **Abb. 19**.

#### 4.2.5 Brandschutz

Baumaterialien müssen bezüglich des Brandschutzes Forderungen an das Brandverhalten erfüllen und Bauteile müssen Forderungen an die Brandbeständigkeit erfüllen (Bölcskey & Bruckner, 2013, S. 150). Besonders für Bauteile, die einen Brandabschnitt bilden ist die Kenntnis über den Brandschutz wesentlich. Der Planer hat für einen Neubau einen Brandschutzplan zu erstellen der den Anforderungen des Baurechtes entspricht. BIM ermöglicht eine effiziente und nachhaltige Brandschutzplanung. Dafür müssen Materialeigenschaften, die über die Brennbarkeit von Bauteilen entscheiden digital erfasst sein. Wiederverwendete Baumaterialien und Bauteile müssen hinsichtlich des Brandschutzes auf Instandhaltung und Wirksamkeit geprüft werden. In BIM hinterlegte Daten erleichtert die Überprüfung der Einhaltung von Brandschutzkriterien. (Jacob & Kukovec, 2022, S. 35, 425ff) Informationen über den Brandschutz von Elementen können in ArchiCAD in den jeweiligen Eigenschaften-Manager versehen werden, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.6 Dichten

Wie in **Kap. 4.2.2** bereits erwähnt ist für die Ermittlung des Gewichts von Baumaterialien die Dichte und das Volumen des Baumaterials anzugeben (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 4). Die Dichte in  $\text{kg/m}^3$  kann in der Vorlage der Element-Attribute von Baustoffen unter den physikalischen Eigenschaften eingetragen werden.

#### 4.2.7 Einbaujahr

Der Zeitpunkt des Einbaues eines Bauteils kann Informationen über den technischen Zustand geben. Im Vergleich mit dem Gebäudeerrichtungsjahr kann das Einbaujahr Hinweise auf einen vorgenommenen Austausch im Zuge einer Sanierung liefern. Entsprach das Bauteil beim Einbau der damaligen Norm kann es nach Überprüfung des Zustandes wiederverwendet werden (Abegg & Streiff, 2021, S. 26). Für das Einbaujahr gibt es in der ArchiCAD Vorlage kein Eingabefeld. Für den Workflow wird ein Eingabefeld in den Eigenschaften-Manager unter den Produktinformationen erstellt, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.8 Fügung

Der Rückbau von Bauteilen kann in einem Stück, oder in Teilen erfolgen. Je detaillierter die zur Verfügung stehenden Informationen in einem digitalen Modell, umso besser kann die Art des Rückbaues von Bauteilen geplant werden. Der Detaillierungsgrad von digitalen Bauteilen ist oft nicht ausreichend, um den tatsächlichen Rückbau digital abbilden zu können. Um dies zu verbessern, müssten Hersteller einen hohen digitalen Informationsgrad ihrer Produkte zur Verfügung stellen und Planer alle Produktinformationen in das Modell einpflegen. Das dabei entstehende Datenvolumen eines Projektes würde rasant ansteigen. Die Fügung kann sowohl auf Elementebene als auch auf Baumaterialebene angewendet werden. Für den Workflow wurde die Einteilung der Fügung von dem deutschen Modell aus **Kap. 2** (Ebert et al., 2020) übernommen, das drei verschiedene Arten verwendet, um die Lösbarkeit der Fügung zu beschreiben:

- ohne Schädigung lösbar
- teilweise mit Schädigung lösbar
- mit Schädigung lösbar

#### 4.2.9 Gebäudeerrichtungsjahr

Das Gebäudeerrichtungsjahr gibt Auskunft über das Gebäudealter und die Bauperiode (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 2.2). Bauperioden werden typische Baumaterialien zugeordnet, wie bereits in **Kapitel 2.3** erwähnt. In den ArchiCAD Standardvorlagen gibt es kein Eingabefeld für das Gebäudeerrichtungsjahr, weshalb hierfür in der Projekt-Info das Eingabefeld Errichtungsjahr eingerichtet wurde, siehe **Abb. 18**.

#### 4.2.10 Geschoße

Geschoße werden für die Beschreibung der Höhenlage von Bauteilen angegeben. Die Geschoßhöhe ergibt sich aus der Lage der Rohdeckenoberkante eines Geschoßes bis zur Lage der Rohdeckenoberkante des darüber liegenden Geschoßes. In den Objektdaten und in sämtlichen Auswertungen werden Geschoße angeführt. Geschoße werden mit ihrer Höhe und Bezeichnung definiert. Die Zugehörigkeit von Bauteilen zu Geschoßen wird in einer BIM-Modellierung automatisch vergeben.

#### 4.2.11 Hersteller

Für detaillierte Informationen, einen Nachkauf, oder Kauf von Ersatzteilen von Baumaterialien oder Bauteilen ist es wichtig den Hersteller der Produkte zu kennen. Das Konzept der ETH Zürich, siehe **Kap. 2**, schlägt vor, dass der Hersteller während der gesamten Lebensdauer eines Bauteiles zuständig für die Wartung des Materialpasses ist. Dies bestätigt, dass der Hersteller von verbauten Produkten in einem BIM-Modell eingetragen sein sollte. Der Hersteller kann in der ArchiCAD Vorlage der Eigenschaften-Manager und der Element-Attribute der Baustoffe eingetragen werden, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.12 Herstellungsjahr

Das Herstellungsjahr eines Baumaterials oder Bauteiles kann sich vom Einbaujahr unterscheiden. Gibt es Grenzen der Weiterverwendung bezüglich des Herstellungsalters von Baumaterialien oder Bauteilen, kann dies über den digitalen Eintrag von Herstellungsjahren errechnet werden. Das Herstellungsjahr ist weiters wichtig für den Wiederverkaufspreis, siehe **Kap. 4.2.17**. Für den Workflow wurde ein Eingabefeld für das Herstellungsjahr in den Eigenschaften-Manager unter den Produktinformationen und weiters in den Element-Attributen der Baustoffe eingerichtet, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.13 Komponenten-Typ

Der Komponenten-Typ bestimmt, welche Komponenten eines mehrschichtigen Bauteiles zum Kern oder zur Beschichtung eines Elementes gehören. Gibt es Komponenten, die weder Kern noch Beschichtung sind, wie eine Wärmedämmung in einer Außenwand, werden sie der Kategorie Andere zugeordnet. Der Komponenten-Typ ist in den Element-Attributen der mehrschichtigen Bauteile festzulegen. Für Stützen erfolgt die Definition des Kernes und einer Ummantelung in den Elementeeinstellungen.

#### 4.2.14 Lage

Ob ein Bauteil innen oder außen liegt, wird durch die Lage bestimmt. Außen liegende Bauteile sind dem Wetter ausgesetzt. Die Himmelsrichtung gibt eine detailliertere Aussage über die Beanspruchung des Wetters, wie häufiger Wind und Regen, oder dauerhafte Sonneneinwirkung. Erdberührte Bauteile werden durch den Frost- und Tauwechsel des Bodens beansprucht. Die Lage ist ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Beurteilung der Lebensdauern von Bauteilen (*Die Lebensdauer von Bauteilen*, 2024). Die Eingabefelder für Ausrichtung und Erdberührung wurden hinzugefügt, siehe **Abb. 17**. Für die Lage gibt es in den Elementeneinstellungen zwei Optionen:

- Innen
- Außen

#### 4.2.15 Mehrschichtige Bauteile

Eine qualitativ hochwertige Bauwerksdokumentation erfordert die Kenntnis aller Schichten eines Bauteiles (Austrian-Standards-Institute, 2016). Für Auswertungen, wie die Massenermittlung oder die Schad- und Störstofferkundung, sind Informationen über jede Schicht eines Bauteils notwendig. Bestehen Bauteile aus mehreren Schichten, können diese in den Einstellungen der mehrschichtigen Bauteile definiert werden. Dort kann jeder Schicht ein Baumaterial mit dessen Eigenschaften, die Dicke und der Komponenten-Typ zugeteilt werden. Ein Auszug der Bauteile und ihre Schichten des Fallbeispiel ist in **Tab. 27** im Anhang zu finden.

#### 4.2.16 Nutzungsart

Wie ein Gebäude vor einem Rückbau genutzt wurde, kann Aussagen über den Zustand des Gebäudes geben (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 2.5ff). Für wiederverwendbare Bauteile kann dieselbe Nutzung für das neue Gebäude von Bedeutung sein. Für die Nutzungsart wurde in der Projekt-Info ein Eingabefeld erstellt, siehe **Abb. 18**.

#### 4.2.17 Preis

Die digitale Erfassung von Preisen schafft eine Preistransparenz. Die Kenntnis über Preis und Herstellungsjahr eines Baumaterials oder Bauteiles ist für einen Weiterverkauf eine gute Hilfestellung zu Einschätzung des Wiederverkaufspreises. Der Wiederverkaufspreis kann auf einer Plattform wie von der ETH Zürich vorgestellt, siehe **Kap. 2**, für Interessenten sichtbargemacht werden (Borsien et al., 2018). In den Eigenschaften-Manager der Produktinformationen und in den Element-Attributen der Baustoffe gibt es bereits ein Eingabefeld für den Preis, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.18 Raumstempel

Der Raumstempel gibt Informationen über die Raumnutzung und die Raumgröße. Für den Rückbau ist vor allem die Kenntnis über die Lage und Anzahl von Nassräumen relevant (Mack, 2022, S. 82). Die Raumnutzung wird in ArchiCAD als Raumkategorie bezeichnet. Für den Workflow wurde die Standardvorlage „Raumstempel ON 27“ verwendet.

#### 4.2.19 Schadstoffe

Die Definition des Schadstoffes wurde im **Kapitel 2.2.5** beschrieben. Schadstoffe müssen im Zuge eines Rückbauvorhabens vor dem tatsächlichen Rückbau identifiziert und aus dem Gebäude entfernt werden, um eine Vermischung mit nicht kontaminierten Baumaterialien und Bauteilen und zu vermeiden (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang B, Pkt. 2). In einem gepflegten As-built-Modell kann die Identifizierung von Schadstoffen sehr einfach und schnell erfolgen, da alle verbauten Baumaterialien bereits mit Art und Einbauort protokolliert wurden. Probebohrungen sind aufgrund der Schadstoffidentifizierung nicht mehr notwendig. Ein Eingabefeld für Schadstoffe wurde für die Eigenschaften-Manager und in den Element-Attributen der Baustoffe erstellt, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.20 Schallschutz

Schallschutz wird eingeteilt in Luftschallschutz und Körperschallschutz. Der Luftschallschutz als Vermeidung eines Schalldurchgangs durch ein Bauteil ist Aufgabe der Schalldämmung. Beim Körperschallschutz wird die Weitergabe des Schalls durch direkte akustische Anregung eines Bauteils so weit wie möglich unterbunden. Eine Geräuschkämmung trägt zum Gesundheitsschutz bei. Schallschutz in Gebäuden findet baulich vor allem in Trennwänden, Treppenhäusern, Trenndecken und Außenbauteilen statt. (Bölcskey & Bruckner, 2013, S. 134ff) Die Schallschutzeigenschaften sind wie der Brandschutz relevant für den Stand der Technik bei einem Wiedereinbau von Bauteilen (Porth & Schüttrumpf, 2022, S. 162). Schallschutzeigenschaften können für Elemente in den Eigenschaften-Manager unter den allgemeinen Werten eingetragen werden, dafür wird die Vorlage von ArchiCAD verwendet, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.21 Standort

Der Gebäudestandort kann für die Zustandsbewertung von Bauteilen aufgrund der Witterungslage eine Rolle spielen (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 1.2). Für Distanzberechnungen zu Wiedereinbaustandorten, Aufbereitungsanlagen oder Deponieanlagen ist die Kenntnis des Standortes erforderlich. In weiteren Schritten, die nicht Teil dieser Arbeit sind, können mit dieser Information auch Kosten für diverse Transporte ermittelt werden. In der Projekt-Info wurde für den Workflow die Katastralgemeinde für die Standortsangabe ausgefüllt, siehe **Abb. 18**.

#### 4.2.22 Störstoff

Im **Kapitel 2.2.5** wird die Definition des Störstoffes beschrieben. Störstoffe können, wie die Schadstoffe in einem As-built-Modell ohne Probenahmen vor Ort in Art und Einbauort identifiziert werden. Sind sie für den Rückbau hinderlich, müssen sie vorher identifiziert und entfernt werden (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang B, Pkt. 3). Störstoffe können sowohl Baumaterialien als auch Bauteile sein. Daher wurde für den Workflow sowohl ein Eingabefeld in den Eigenschaften-Manager der Baustoffe als auch in den Elementeigenschaften erstellt, siehe **Abb. 17**.

#### 4.2.23 Tragende Funktion

Für die Rückbauplanung ist die Kenntnis der tragenden Funktion von Bauteilen essenziell (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Pkt. 3.1f). Nicht tragende Bauteile können ohne Verlust der Tragfähigkeit eines Gebäudes entfernt werden und haben in der Regel geringere Querschnitte. Der Abbau von tragenden Bauteilen erfordert eine genauere Planung, um die Tragfähigkeit des Gebäudes während des Rückbaues jederzeit zu gewährleisten. Die tragende Funktion wird in der Standardvorlage in den Elementeigenschaften eingetragen, siehe. Es gibt drei Optionen für die tragende Funktion:

- Nicht definiert (muss bei einer Überprüfung des BIM-Modells definiert werden)
- Nicht tragende Elemente
- Tragende Elemente

#### 4.2.24 Wärmeschutz

Die Aufgabe des Wärmeschutzes ist die Nutzer vor extremen klimatischen Einwirkungen zu schützen, den Betrieb von Heiz- und Klimaanlage zu reduzieren und das Gebäude selbst vor sonst entstehenden Feuchteschäden zu schützen (Bölcskey & Bruckner, 2013, S. 98). Um Hüllflächen wärmeschutztechnisch zu bewerten wird der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) angewendet. Für die entsprechenden Bauteile, wie Wände, Fenster oder Dach, gibt es Grenzwerte des U-Wertes, die nach Stand der Technik eingehalten werden müssen. Für einen Wiedereinbau muss geprüft werden, ob die wärmeschutztechnischen Anforderungen der Bauteile erfüllt werden. Der digitale Eintrag der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Bauteilen erleichtert die Beurteilung. (Jacob & Kukovec, 2022, S. 234) Für den U-Wert gibt es ein Eingabefeld in der Standardvorlage der Eigenschaften-Manager, siehe **Abb. 17**. Der U-Wert wird in  $W/m^2K$  angegeben.

#### 4.2.25 Volumen

Wie in **Kapitel 4.2.2** und **4.2.6** bereits erwähnt, wird das Volumen von Baumaterialien benötigt um das Gewicht und die Massen der Baumaterialien zu ermitteln (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang A, Kap. 4). Die Kenntnis der Abmessungen von Bauteilen einerseits für den Abtransport relevant und andererseits eine große Hilfestellung für die Planung einer Weiterverwendung. Das Volumen von Baumaterialien wird in ArchiCAD durch die Erstellung von 3D-Elementen automatisch aufgenommen.

#### 4.2.26 Zustand

Für die Zustandsbewertung wurde ein Benotungssystem eingeführt, angelehnt an Prüf- und Teilnoten des BAW-Merkblattes (Bödefeld & Kloé, 2018, S. 5). Die zu vergebenden Noten und ihre Bedeutungen können der **Tab. 5** entnommen werden. Der Zustand ist für die Eingliederung in die Abfallhierarchie ausschlaggebend.

**Tab. 5** Zustandsbewertung

<b>Note</b>	<b>Zustandsbezeichnung</b>	<b>Zustandsbeschreibung</b>
1,0 - 1,4	sehr guter Zustand	neuwertig - keine Gebrauchsspuren, Mängel oder Veränderungen
1,5 - 2,4	guter bis befriedigender Zustand	leichte Gebrauchsspuren, keine Beschädigung des Produkts, keine Mängel, keine Funktionseinschränkung
2,5 - 3,4	ausreichender Zustand	deutliche Gebrauchsspuren, kann Mängel aufweisen, kann funktionseingeschränkt sein
3,5 - 4,0	nicht ausreichender bzw. ungenügender Zustand	Gebrauchsspuren und Mängel zu groß, Lebensdauer erreicht

Eigenschaften-Manager			
Eigenschaften suchen			
Name	Typ	Grundeinst.	
▼ <b>Allgemeine Werte</b>			+
aktuelles Jahr	Ganzzahl	2024	
▼ <b>Brandschutz</b>			+
Brandschutz	Wahr/Falsch	Falsch	
Brandschutz-Wert	Zeichenfolge		
Dämmung	Wahr/Falsch	Falsch	
Dämmung Index	Ganzzahl	0	
Selbstschließend	Wahr/Falsch	Falsch	
Rauchschutztür	Wahr/Falsch	Falsch	
Rauchschutz Wert	Ganzzahl	0	
Brandschutz-Ausdruck	Zeichenfolge	< Berechnung >	
Tragfähigkeit (R)	Wahr/Falsch	Falsch	
Raumabschluss (E)	Wahr/Falsch	Wahr	
Wärmedämmung (I)	Wahr/Falsch	Falsch	
Wärmedämmungs-Index	Optionen-Set		
Brandschutz Minuten	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Selbstschließend (C)	Wahr/Falsch	Falsch	
Selbschließend Wert	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Rauchdichtheit (S)	Optionen-Set		
▼ <b>Produktinformationen</b>			+
Alter	Ganzzahl	< Berechnung >	
Artikelnummer	Zeichenfolge	< Nicht definiert >	
Barrierefrei	Wahr/Falsch	< Nicht definiert >	
Einbaujahr	Ganzzahl	< Nicht definiert >	
Hersteller	Zeichenfolge	< Nicht definiert >	
Herstellungsjahr	Ganzzahl	< Nicht definiert >	
Preis	Zahl	< Nicht definiert >	
▼ <b>Lage</b>			+
Ausrichtung	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Erdberührt	Wahr/Falsch	< Nicht definiert >	
▼ <b>Rückbau</b>			+
Abfallschlüsselnummer	Zeichenfolge	< Nicht definiert >	
Abfallhierarchie	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Fügung	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Zustand	Zahl	1,0000	
▼ <b>Schad-/Störstoffe</b>			+
Schadstofferkundung	Zeichenfolge		
Störstofferkundung	Zeichenfolge		
▼ <b>Schallschutz</b>			+
Schalldämm-Maß	Ganzzahl	< Nicht definiert >	
Schallschutzanforderung	Optionen-Set	< Nicht definiert >	
Schallschutzklasse	Zeichenfolge		
▼ <b>Wärmeschutz</b>			+
U-Wert	Zahl	0,0000	

Abb. 17 Eigenschaften-Manager

Projekt-Info

Projekt	
Projektname	AA_Projektmusternummer
Projektbeschreibung	
Projekt ID	
Projektcode	
Projektnummer	AA_Projektmusternummer
Projektstatus	
Schlüsselwörter	
Anmerkungen	
Projekt Eigene	
Grundstück	
Grundstücksname	
Grundstücksbeschreibung	
Grundstück ID	AA_Muster ID
Grundstück Komplette Adresse	AA_Musteradresse 00 0000 AA_Musterort
Grundstück Bruttoumfang	
Brutto-Grundstücksfläche	
Katastralgemeinde	
Einlagezahl	
Grundstücksnummer	AA_Grundstückmusternummer
Grundstück Eigene	
Gebäude	
Gebäudename	
Gebäudebeschreibung	
Gebäude ID	
Gebäude Eigene	
Errichtungsjahr	1990
Nutzungsart	Bürogebäude

Hinzufügen    Löschen     

Abbrechen    OK

Abb. 18 Projekt-Info Seite 1

Projekt-Info

▼ **Planung durch**

Planer:in Kompletter Name	AA_Mustervorname Planer AA_Musternachname Planer
Planer:in ID	
Planer:in Rolle	
Planer:in Abteilung	
CAD-Fachkraft Kompletter Name	
Planer:in Firma	AA_Musterfirma Planer
Planer:in Firmennummer	
Planer:in Komplette Adresse	AA_Musteradresse Planer 00 0000 AA_Musterort Planer
Planer:in E-Mail	AA_Muster E-mail Planer
Planer:in Telefonnummer	1234 / 123 45 67
Planer:in Fax	
Planer:in Web	
Kontakt Eigene	

▼ **Beauftragung durch**

Auftraggeber:in Kompletter Name	AA_Mustervorname Auftraggeber AA_Musternachname Auftraggeber
Auftraggeber:in Firma	AA_Musterfirma Auftraggeber
Auftraggeber:in Komplette Adresse	AA_Musteradresse Auftraggeber 00 0000 AA_Musterort Auftraggeber
Auftraggeber:in E-Mail	AA_Muster E-mail Auftraggeber
Auftraggeber:in Telefon	1234 / 123 45 67
Auftraggeber:in Fax	
Auftraggeber Eigener Eintrag	

Hinzufügen    Löschen   

Abbrechen    **OK**

Abb. 19 Projekt-Info Seite 2

### 4.3 Definition von Bewertungskriterien nach ÖNORM B 3151

Für die Auswertungen nach ÖNORM B 3151 müssen Schad- und Störstoffe identifiziert werden. Die Erstellung der Eingabefelder für Schad- und Störstoffe erfolgte im Zuge der Aufbereitung des BIM-Modells. Im nächsten Schritt müssen diese Felder befüllt werden. Das Vorhandensein von Schad- und Störstoffen ist für jeden Rückbau individuell zu bestimmen, wobei laut Norm zu beachten ist, dass Störstoffe die Wiederverwendbarkeit von Baumaterialien und Bauteilen nicht gefährden dürfen und Schadstoffe darüber hinaus Mensch und Umwelt nicht schädigen dürfen. In einem fortgeschriebenen BIM-Modell sind alle Materialien bereits digital hinterlegt, wodurch das Identifizieren der Schad- und Störstoffe rein digital im BIM-Modell erfolgen kann. Die definierten Schad- und Störstoffe für das Fallbeispiel sind in den Auswertungen **Tab. 32** und **Tab. 34** im Anhang zu finden.

## 4.4 Auswertung nach ÖNORM B 3151

Die Auswertungen stützen sich auf den Anhang A der ÖNORM B 3151 (Austrian-Standards-International, 2022a). In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Auswertungen anhand des BIM-Modells beschrieben und eventuell auftretende Differenzen zur Schad- und Störstofferkundung des Fallbeispiels aufgezeigt.

### 4.4.1 Allgemeine Informationen über Rückbauvorhaben lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 1

Die allgemeinen Informationen sind wichtig für alle Projektbeteiligten des Rückbaus. Zu den allgemeinen Informationen gehören Daten über das rückzubauende Gebäude, die beteiligten Parteien, die Rückbaufirma, die bisherige Nutzungsart des Gebäudes und das Errichtungsjahr, siehe **Tab. 6**. Diese Informationen wurden einem Masterlayout hinzugefügt, sodass sie automatisch ausgefüllt werden, sobald die Daten in den Projekt-Infos eingetragen wurden.

Das Fallbeispiel wurde 1990 erbaut und als Büro genutzt. Alle weiteren Informationen wurden aus Datenschutzgründen nicht ausgefüllt.

**Tab. 6** allgemeine Informationen über Rückbauvorhaben laut BIM-Modell und Schad- und Störstofferkundung

Objektbeschreibung	
Errichtungsjahr	1990
Nutzung	Bürogebäude

### 4.4.2 Objektdaten lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 2

Für die richtige Zeit- und Einsatzplanung an Personal und Geräten für den Rückbau ist die Kenntnis der Objektdaten erforderlich. Die Objektdaten, wie der Brutto-Rauminhalt (BRI), die Anzahl der Geschoße und die Geschoßhöhen, können aus der Auswertung der Flächenberechnung herausgelesen werden, siehe **Tab. 7**. Die detaillierte Auswertung befindet sich im Anhang, siehe **Tab. 26**. Die Bedeutung der Bereiche A, B und C wurde in **Kap. 3.1.2** erläutert.

Der errechnete Brutto-Rauminhalt des Modells mit  $8.993 \text{ m}^3$  und der geschätzte Brutto-Rauminhalt aus der Schad- und Störstofferkundung von ca.  $8.600 \text{ m}^3$ , siehe **Tab. 8**, haben eine Abweichung von unter 10 %. Die Differenz könnte an Konstruktionsfehlern des Modells oder an Schätzungsfehlern der Erkundung liegen. Die Anzahl der Geschoße werden in der Schad- und Störstofferkundung mit einem Untergeschoß, einem Erdgeschoß und sechs Obergeschoßen festgehalten. Im Modell wird das Untergeschoß als Kellergeschoß KG bezeichnet und das sechste Obergeschoß als Dachgeschoß DG. Zusätzlich hat das Modell aus Konstruktionsgründen ein Geschoß, das als Dach bezeichnet wird. Die Geschoßhöhen werden in der Schad- und Störstofferkundung in allen Geschoßen mit 2,90 m (FBOK bis FBOK) angegeben. In der Auswertung der Flächenberechnung des Modells beträgt die Regelgeschoßhöhe 2,9 m. Abweichungen der Regelgeschoßhöhe gibt es im Kellergeschoß. Hier ist die Geschoßhöhe 3,18 m, ausgenommen im Raum 3 in der Skizze mit der Geschoßhöhe 2,94 m. Der südöstliche Teil des Gebäudes reicht nur bis in das zweite Stockwerk. Ein Flachdach für diesen Teil wurde daher im dritten Geschoß modelliert und ergibt somit in der Auswertung eine Geschoßhöhe von 0,29 m. Die Decke des fünften Obergeschoßes besteht ebenfalls teilweise aus einem Flachdach, weshalb in der Auswertung im sechsten Obergeschoß eine Geschoßhöhe von 0,36 m aufgelistet wird. Die Höhe des obersten

Dachs, ebenfalls als Flachdach ausgeführt wird mit einer Geschoßhöhe von 0,7 m angegeben. (Vgl. Schnitte **Abb. 38** bis **Abb. 41** und Ansichten **Abb. 42** bis **Abb. 45** im Anhang)

Die Modell-Auswertung gibt automatisch auch die Bruttogrundflächen der jeweiligen Geschoße aus. Eine Regel-Bruttogrundfläche gibt es nicht, da das Gebäude zwei Erker, im Westen ab dem zweiten Stockwerk und im Süden ab dem ersten Stockwerk, aufweist. Weiters hat das Gebäude einen Teil im Südosten, der nur bis in das zweite Stockwerk reicht und eine Terrasse im sechsten Obergeschoß. Die kleinste Bruttogrundfläche befindet sich in den oberen Stockwerken mit 296 m<sup>2</sup> und die größte Bruttogrundfläche im zweiten und dritten Obergeschoß mit 473 m<sup>2</sup>, wobei ein Teil der Fläche im dritten Obergeschoß als Terrasse ausgeführt ist. Da das Dach als eigenes Geschoß modelliert wurde, wird es extra ausgewertet und hat eine Bruttogrundfläche von 192 m<sup>2</sup>. (Vgl. Grundrisse **Abb. 28** bis **Abb. 35**, Ansichten **Abb. 42** bis **Abb. 45** und Schnitte **Abb. 38** bis **Abb. 41** im Anhang)

**Tab. 7** Objektdaten laut BIM-Modell

	Höhe [m]	Brutto-Grundfläche A [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Grundfläche B [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Grundfläche C [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Volumen A [m <sup>3</sup> ]	Brutto-Volumen B [m <sup>3</sup> ]	Brutto-Volumen C [m <sup>3</sup> ]
-1. KG	2,94 - 3,18	463,64	0,00	0,00	1472,32	0,00	0,00
0. EG	2,95	455,14	0,00	0,00	1344,65	0,00	0,00
1. OG1	2,95	463,14	0,00	0,00	1368,12	0,00	0,00
2. OG2	2,95	473,38	0,00	0,00	1396,46	0,00	0,00
3. OG3	0,29 - 2,95	473,38	0,00	0,00	925,41	0,00	0,00
4. OG4	2,95	296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00
5. OG5	2,95	296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00
6. DG	0,36 - 2,93	296,16	0,00	0,00	617,22	0,00	0,00
7. Dach	0,00 - 0,70	192,10	0,00	0,00	121,90	0,00	0,00
Gesamtsumme		3409,26	0,00	0,00	8993,40	0,00	0,00

Brutto-Grundfläche A+B+C [m <sup>2</sup> ]	3409,26
Brutto-Volumen A+B+C [m <sup>3</sup> ]	8993,40

**Tab. 8** Objektdaten laut Schad- und Störstofferkundung

<b>2. Objektdaten</b>			
<b>Daten des für den Rückbau bestimmten Bauwerks(teils)</b>			
2.1. Brutto-Rauminhalt [BRI in m <sup>3</sup> ]	ca. 8.600		
	UG	EG	OG
2.3. Anzahl Geschoße	1	1	6
2.4. Geschoßhöhe (FBOK bis FBOK)	2,9 m	2,9 m	2,9 m

#### 4.4.3 Materialien tragender Bauteile lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.1

Von Interesse dieser Auswertung sind die Kernbaumaterialien der vertikalen tragenden Bauteile, um die Bauweise des Gebäudes bestimmen zu können. Für diese Auswertung wurde nach der Kernkomponente von tragenden vertikalen Bauteilen, wie Wände und Stützen, gefiltert. Horizontale Bauteile werden in der Auswertung für Materialien der Decken extra angeführt. Für eine korrekte Auswertung müssen sowohl die tragende Funktion als auch der Kernbaumaterialien aller Elemente richtig zugeordnet worden sein. Es wurden in der Auflistung der Element-Typ und die Lage der Bauteile angezeigt, um besser auf die Konstruktionsart schließen zu können.

Aus **Tab. 9** kann geschlossen werden, dass es sich im Fallbeispiel um eine massive Stahlbetonbauweise handelt. Die Auswertung zeigt im Fundamentgeschoß Wände an, da die Fundamente als Wand modelliert wurden. Stützen sind von Kellergeschoß (KG) bzw. vom Erdgeschoß (EG) bis zum obersten Geschoß durchmodelliert worden, weshalb die Stützen nur in diesen zwei Geschoßen angezeigt werden. In jedem Stockwerk, außer im Dach, gibt es innenliegende tragende Wände, die massenmäßig sowohl beim Beton, durchschnittlich 17,7 t, als auch beim Stahl, durchschnittlich 0,6 t, viel kleiner sind als in den Außenwänden. Dies lässt auf einen tragenden Kern schließen. Die Außenwände im Kellergeschoß haben die größte Massenangabe mit 228 t Beton. Dies liegt an den dickeren Wänden und an wenigen kleinen Fenstern. Auf Grund der Erker ergeben sich in den drei Geschoßen über dem Kellergeschoß abweichende Massenangaben der Außenwände von 114,6 t bis 165 t Beton. Ab dem dritten Obergeschoß (OG3) ist die Masse der Außenwände viel geringer, da ein Teil des Gebäudes im zweiten Obergeschoß (OG2) endet. Die Wände bis zum Flachdach sind der Grund der etwas höheren Masse im dritten Stockwerk mit 98 t Beton im Vergleich zu den beiden darüber liegenden Stockwerken mit 81,5 t Beton. Der Massenunterschied der Außenwände zwischen dem fünften Obergeschoß mit 81,5 t und dem Dachgeschoß mit 48,7 t liegt an der Terrasse im Dachgeschoß, wodurch sich die Außenwände reduzieren. Die Wände bis zum Flachdach werden im Dach mit 3,7 t angegeben. Der massenmäßige Bewehrungsgrad beträgt 3,0 %. Einzig die Stützen vom Kellergeschoß beginnend haben einen Bewehrungsgrad von 7,0 %. Die Schad- und Störstofferkundung gibt lediglich die Materialienart der tragenden Bauteile mit Stahlbeton an, siehe **Tab. 10**.

Mit einem BIM-Modell können für die Rückbauplanung schnell und einfach detailliertere Informationen ausgegeben werden, jedoch müssen hierfür Bezeichnungen mit Bedacht gewählt werden. Im BIM-Modell wurden der Beton und die Bewehrung eines Stahlbetons als getrennte Komponenten in mehrschichtigen Bauteilen angeführt. So können Beton und Bewehrung in den Auswertungen auch getrennt angegeben werden. Jedoch wurde die Bewehrung in den Baumaterialien als Stahl ohne sonstige Information, wie etwa der Streckgrenze, benannt. In der Auswertung könnte dies zu dem Irrglauben führen, dass massive Stahlbauteile vorhanden sind. Die Aufteilung Beton und Bewehrung führt weiters bei Stützen im Modell zu dem Problem, dass der Kern als Beton definiert wurde und eine Ummantelung als Bewehrung ebenfalls als Kern angegeben wurde, siehe **Abb. 20**. Allerdings fehlt folgend die Möglichkeit eine Beschichtung zuzuordnen, da das Eingabefeld bereits für die Bewehrung benötigt wird.

Tab. 9 Materialien tragender Bauteile laut BIM-Modell

ID	Name	Element-Typ	Lage	Ursprungsgeschoss Name	Masse
<b>Beton</b>					
	XX_Beton	Wand	Außen	Fundament	97637,56
	XX_Beton	Stütze	Innen	KG	77331,65
	XX_Beton	Wand	Außen	KG	228281,35
	XX_Beton	Wand	Innen	KG	14033,86
	XX_Beton	Stütze	Innen	EG	12684,39
	XX_Beton	Wand	Innen	EG	18490,85
	XX_Beton	Wand	Außen	EG	114621,29
	XX_Beton	Wand	Außen	OG1	144700,14
	XX_Beton	Wand	Innen	OG1	18348,68
	XX_Beton	Wand	Außen	OG2	165258,15
	XX_Beton	Wand	Innen	OG2	18344,39
	XX_Beton	Wand	Außen	OG3	98019,70
	XX_Beton	Wand	Innen	OG3	18314,63
	XX_Beton	Wand	Außen	OG4	81578,11
	XX_Beton	Wand	Innen	OG4	18313,41
	XX_Beton	Wand	Außen	OG5	81627,60
	XX_Beton	Wand	Innen	OG5	18314,63
	XX_Beton	Wand	Außen	DG	48693,29
	XX_Beton	Wand	Innen	DG	17419,79
	XX_Beton	Wand	Außen	Dach	3685,11

**1 295 698,59 kg**

<b>Stahl</b>					
	XX_Stahl	Wand	Außen	Fundament	3159,26
	XX_Stahl	Stütze	Innen	KG	5170,26
	XX_Stahl	Wand	Außen	KG	7433,69
	XX_Stahl	Wand	Innen	KG	511,96
	XX_Stahl	Stütze	Innen	EG	300,70
	XX_Stahl	Wand	Innen	EG	593,36
	XX_Stahl	Wand	Außen	EG	3749,49
	XX_Stahl	Wand	Außen	OG1	4839,60
	XX_Stahl	Wand	Innen	OG1	582,93
	XX_Stahl	Wand	Außen	OG2	5393,4
	XX_Stahl	Wand	Innen	OG2	586,08
	XX_Stahl	Wand	Außen	OG3	3189,5
	XX_Stahl	Wand	Innen	OG3	582,66
	XX_Stahl	Wand	Außen	OG4	2659,10
	XX_Stahl	Wand	Innen	OG4	589,80
	XX_Stahl	Wand	Außen	OG5	2661,06
	XX_Stahl	Wand	Innen	OG5	582,66
	XX_Stahl	Wand	Außen	DG	1580,03
	XX_Stahl	Wand	Innen	DG	570,72
	XX_Stahl	Wand	Außen	Dach	111,19

**44 847,44 kg****1 340 546,03 kg**

Tab. 10 Materialien des Objektes laut Schad- und Störstofferkundung

3. Materialien des Objektes	UG	EG	OG
3.1. Tragende Bauteile	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
3.2. Nichttragende Bauteile	Trockenbau	Trockenbau	Trockenbau
3.3. Fassade (z.B. Wärmedämmung)	-	tlw. Wellblech, tlw. gedämmt mit Glaswol- le oder EPS	tlw. Wellblech, tlw. ge- dämmt mit Glaswolle oder EPS
3.4. Decken	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
3.5. Dachkonstruktion	-	-	Flachdach
3.6. Dacheindeckung	-	-	Kies, XPS-Dämmung, Dachpappe

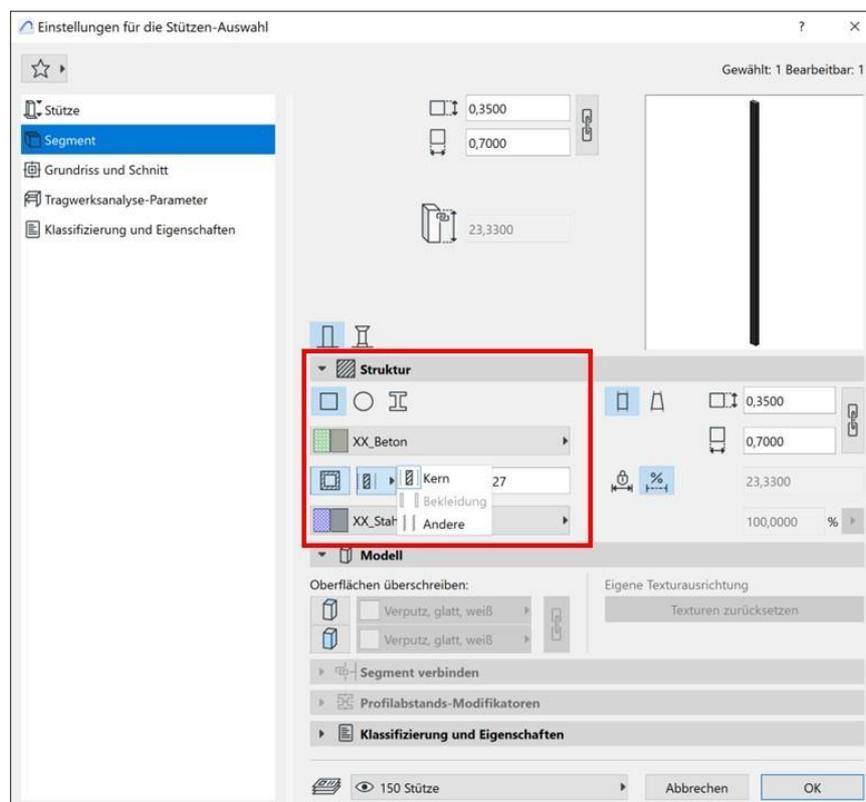


Abb. 20 Einstellungen für Stützen

#### 4.4.4 Materialien nicht tragender Bauteile lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.2

Nicht tragende Bauteile können abgebaut werden, ohne dass die Konstruktion des Gebäudes gefährdet wird. Die Kenntnis von tragenden und nicht tragenden Bauteilen und deren Materialien ist für ein Rückbaukonzept erforderlich. Wie auch für die Auswertung der Materialien der tragenden Bauteile wurden die Element-Typen und die Lage der Bauteile ausgegeben, um die Konstruktionsart der nicht tragenden Bauteile identifizieren zu können. Es wurde nach den Kernkomponenten von innenliegenden Bauteilen gefiltert.

Nicht tragende Wände wurden als Gipskartonwände ausgeführt, siehe Tab. 11. Sie kommen in allen Geschoßen vor. Die meisten Gipskartonwände befinden sich im ersten Obergeschoß mit 4,4 t und die wenigsten Gipskartonwände gibt es im Dachgeschoß mit 2,3 t. Nicht tragende Decken gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen. Über Nassräumen befinden sich abgehängte

Aluplatten. Das Kellergeschoß beinhaltet keine Nassräume. Im Erdgeschoß ist das Aufkommen der abgehängten Aluplatten am größten mit 0,07 t. Alle darüber liegenden Stockwerke haben 0,06 t an abgehängten Aluplatten. Die Anordnung der Nassräume ist in diesen Stockwerken überall gleich, siehe Grundriss **Abb. 28** bis **Abb. 35** im Anhang. Die zweite Art von abgehängten Decken besteht aus künstlichen Mineralfaserplatten und werden vom Erdgeschoß bis ins Dachgeschoß eingesetzt, wo keine Nassräume sind. Das größte Vorkommen an abgehängten künstlichen Mineralfaserplatten befindet sich im zweiten Obergeschoß mit 2,6 t und das kleinste Vorkommen gibt es im Dachgeschoß mit 0,8 t. In der Schad- und Störstofferkundung werden Materialien nicht tragender Bauteile als Trockenbau angeführt, siehe **Tab. 10**. Die Angabe von Trockenbau ist nicht aussagekräftig, da Trockenbau nur nicht tragende Bauteile beschreibt. Die Materialien von nicht tragenden Bauteilen werden dadurch nicht beschrieben.

**Tab. 11** Materialien nicht tragender Bauteile laut BIM-Modell

ID	Name	Element-Typ	Ursprungsgeschoss Name	Masse
<b>Aluminium</b>				
	XX_Aluplatte	Decke	EG	72,98
	XX_Aluplatte	Decke	OG1	56,83
	XX_Aluplatte	Decke	OG2	56,83
	XX_Aluplatte	Decke	OG3	56,83
	XX_Aluplatte	Decke	OG4	56,83
	XX_Aluplatte	Decke	OG5	56,83
	XX_Aluplatte	Decke	DG	56,83
				<b>413,94 kg</b>
<b>Gipskarton</b>				
	XX_Gipskarton	Decke	KG	470,85
	XX_Gipskarton	Wand	KG	2836,70
	XX_Gipskarton	Wand	EG	3804,40
	XX_Gipskarton	Wand	OG1	4372,00
	XX_Gipskarton	Wand	OG2	4079,09
	XX_Gipskarton	Wand	OG3	2634,57
	XX_Gipskarton	Wand	OG4	2624,22
	XX_Gipskarton	Wand	OG5	2641,61
	XX_Gipskarton	Wand	DG	2312,74
				<b>25 776,10 kg</b>
<b>Mineralwolle</b>				
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	EG	2030,73
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	OG1	2082,66
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	OG2	2660,20
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	OG3	1500,41
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	OG4	1240,72
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	OG5	1239,02
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Decke	DG	839,36
				<b>11 593,13 kg</b>
				<b>37 783,17 kg</b>

#### 4.4.5 Materialien Fassade (z.B. Wärmedämmung) lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.3

Die Fassade ist die Außenhülle eines Gebäudes und hat schützende, konstruktive, energetische und optische Aufgaben (Baunetzwissen, 2024e). Tragende Stahlbetonwände sind Außenwände und keine Fassade. Die Wärmedämmung gibt Hinweise auf den vorliegenden Feuchteschutz und in weitere Folge Hinweise auf den Zustand der Gebäudehülle. Handelt es sich um eine vorgehängte Fassade ist diese im Rückbaukonzept zu berücksichtigen. Die Kenntnis von Materialien der Fassade ist zudem wichtig für die weitere Einsatzplanung von Fassadenelementen. Für die Auswertung wurden Baumaterialien des Komponenten-Typs Andere von außenliegenden Wänden und Fassadenelementen ausgewählt, die nicht erdberührt sind.

Die Fassade dieses Fallbeispiels besteht aus der Wärmedämmung, siehe **Tab. 12**. Der größte Teil der Wärmedämmung ist mit EPS ausgeführt und reicht vom Erdgeschoß bis in das Dachgeschoß, siehe Schnitte **Abb. 38** bis **Abb. 41** im Anhang rosa gekennzeichnete Fassade. Aufgrund der größten Außenfläche im zweiten Obergeschoß befindet sich hier die meiste EPS-Wärmedämmung eines Geschoßes mit 0,5 t. Die kleinste Außenfläche befindet sich im Dachgeschoß und weist dort 0,1 t EPS- Wärmedämmung auf. Ab dem ersten Obergeschoß befindet sich an der Außenwand des Stiegenhauses eine Mineralglaswolle. Sie ist im Schnitt **Abb. 38** im Anhang an der orangenen gekennzeichneten Fassade zu erkennen. Die Mineralglaswolle ist in der Fassade um ein Vielfaches geringer vertreten als die EPS-Wärmedämmung. Die Schad- und Störstofferkundung gibt teilweise ein Wellenblech als Fassade an, dass im Modell nicht ausgewertet wird. Die EPS-Wärmedämmung und die Mineralglaswolle stimmen mit der Schad- und Störstofferkundung überein, vgl. **Tab. 10**.

**Tab. 12** Materialien Fassade laut BIM-Modell

ID	Name	Ursprungsgeschoss Name	Masse
<b>Mineralwolle</b>			
	XX_Mineralwolle Glaswolle	OG1	26,00
	XX_Mineralwolle Glaswolle	OG2	23,36
	XX_Mineralwolle Glaswolle	OG3	23,36
	XX_Mineralwolle Glaswolle	OG4	23,36
	XX_Mineralwolle Glaswolle	OG5	23,36
	XX_Mineralwolle Glaswolle	DG	25,24
			<b>144,69 kg</b>
<b>Styropor</b>			
	XX_EPS	EG	392,93
	XX_EPS	OG1	469,46
	XX_EPS	OG2	545,74
	XX_EPS	OG3	320,07
	XX_EPS	OG4	272,18
	XX_EPS	OG5	272,29
	XX_EPS	DG	137,79
			<b>2 410,44 kg</b>
			<b>2 555,13 kg</b>

#### 4.4.6 Materialien Decken lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.4

Die Bauweise der tragenden horizontalen Bauteile ist relevant für die Art des Rückbaues. Gefiltert wurde nach den Kernkomponenten von innenliegenden tragenden Decken und Trägern.

Tragende horizontale Träger kommen in dieser Gebäudekonstruktion nicht vor. Die tragenden Decken des BIM-Modells bestehen aus Stahlbeton und sind mit einer Betonmasse von 1.762,7 t stärker vertreten als die tragenden vertikalen Bauteile mit 1.295,7 t, siehe **Tab. 13** und **Tab. 9**. Der Bewehrungsgrad bezogen auf die Masse von Beton zu Stahl beträgt wie bei den tragenden Bauteilen 3,0 %. Das Kellergeschoß hat den größten Anteil an Betonmasse aller Geschosse mit 443,5 t. Dies ist auf die Dicke der Bodenplatte zurückzuführen. Die Bodenplatte ist im Bereich der Terrasse des dritten Obergeschoßes 0,5 m dick und in den restlichen Bereichen 0,35 m bzw. 0,3 m dick. Die Decken in den Stockwerken haben im Bereich des tragenden Kerns sowie im Stiegenhaus eine Dicke von 24 cm. In den anderen Bereichen beträgt die Deckendicke in den Stockwerken 18 cm. Die Decke, die das Dach trägt, weist eine Dicke von 18 cm auf. Die unterschiedlichen Deckendicken sind in den Schnitten **Abb. 38** bis **Abb. 41** im Anhang ersichtlich. Die Massenunterschiede der Decken in den Stockwerken sind abermals auf die Erker und die unterschiedliche Stockwerksanzahl zurückzuführen, siehe **Tab. 13**. Die Schad- und Störstofferkundung gibt für Materialien der Decken Stahlbeton an, siehe **Tab. 10**. Die Angabe von Stahl für die Bewehrung könnte fälschlicherweise wie in der Auswertung des **Kap. 4.4.3** auf massive Stahlbauteile hinweisen.

**Tab. 13** Materialien Decken laut BIM-Modell

ID	Name	Element-Typ	Ursprungsgeschoss Name	Masse
<b>Beton</b>				
	XX_Beton	Decke	KG	443511,88
	XX_Beton	Decke	EG	195644,84
	XX_Beton	Decke	OG1	216212,29
	XX_Beton	Decke	OG2	217449,18
	XX_Beton	Decke	OG3	219946,37
	XX_Beton	Decke	OG4	129578,68
	XX_Beton	Decke	OG5	129570,11
	XX_Beton	Decke	DG	126012,10
	XX_Beton	Decke	Dach	84759,98
				<b>1 762 685,47 kg</b>
<b>Stahl</b>				
	XX_Stahl	Decke	KG	14295,01
	XX_Stahl	Decke	EG	6190,98
	XX_Stahl	Decke	OG1	6997,07
	XX_Stahl	Decke	OG2	7051,81
	XX_Stahl	Decke	OG3	7059,19
	XX_Stahl	Decke	OG4	4080,98
	XX_Stahl	Decke	OG5	4084,86
	XX_Stahl	Decke	DG	3960,79
	XX_Stahl	Decke	Dach	2801,67
				<b>56 522,35 kg</b>
				<b>1 819 207,82 kg</b>

#### 4.4.7 Materialien Dachkonstruktion lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.5

Für das Rückbaukonzept ist die Kenntnis über die Bauweise der Dachkonstruktion erforderlich. Ausgewertet wurden Kernkomponenten von tragenden außenliegenden Dach-, Schalen- oder Deckenelementen, die über dem Erdgeschoß liegen.

Die Dachkonstruktionen wurden nicht auswertbar modelliert. Decken im dritten Geschoß, im Dachgeschoß und im Dach fungieren im Modell sowohl als tragende Decken als auch als Dachkonstruktion der Terrassen bzw. des Daches und wurden in der Auswertung der Decken aufgelistet siehe **Tab. 13**. Das Material der Dachkonstruktion ist somit Stahlbeton. Aus den Schnitten **Abb. 38** bis **Abb. 41** und Ansichten **Abb. 42** bis **Abb. 45** im Anhang ist zu erkennen, dass es sich um ein Flachdach handelt. Die Angabe eines Flachdaches ist auch in der Schad- und Störstofferkundung zu finden, siehe **Tab. 10**. Die Form des Daches gibt jedoch keine Auskunft über Materialien der Dachkonstruktion.

Die Art des Daches ist im Modell nicht filterbar, lediglich der Aufbau bei richtiger Eingabe und Modellierung. Die Dachneigung, die Hinweise auf die Art des Daches geben könnte, ist filterbar, jedoch im Fallbeispiel aufgrund fehlender Modellierung nicht auswertbar.

#### 4.4.8 Materialien Dacheindeckung lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 3.6

Für die Materialeinsatzplanung und den Rückbau von Dachbauteilen ist die Kenntnis über die Materialien der Dacheindeckung notwendig. Die Filterung wurde gleich der Filterung von Materialien der Dachkonstruktion gesetzt, jedoch wurden anstatt der Kernkomponenten der Komponenten-Typ Andere abgefragt.

Die Dacheindeckungen bestehen aus Bitumen (Dachpappe), XPS-Dämmung, einem Vlies und einer Schotterschüttung, siehe **Tab. 14**. Die Terrasse im dritten Obergeschoß, sowie das Dach werden mit Betonplatten umrandet. Die Dacheindeckung im Dachgeschoß besteht aus demselben Aufbau inklusive Betonplatten, lediglich ein kleiner Teil der Terrasse schließt mit der Schotterschüttung ab, daher liegen die meisten Betonplatten im Dachgeschoß mit 6,1 t. Die Terrassenumrandungen benötigen weniger Betonplatten, am Dach 2,7 t und im dritten Obergeschoß 1,1 t. Die anderen Materialien weisen die geringste Masse im Dachgeschoß auf und im dritten Obergeschoß und am Dach jeweils mehr als das doppelte der Massen im Dachgeschoß, wobei das dritte Obergeschoß die größten Massen aufweist. Die Angaben der Schad- und Störstofferkundung stimmen mit dieser Auswertung bis auf das Vlies überein, vgl. **Tab. 10**. Das Vlies wurde in der Erkundung nicht aufgelistet.

Tab. 14 Materialien Dacheindeckung laut BIM-Modell

ID	Name	Ursprungsgeschoss Name	Masse
<b>Beton</b>			
	XX_Betonplatten	OG3	1104,37
	XX_Betonplatten	DG	6109,15
	XX_Betonplatten	Dach	2651,84
			<b>9 865,36 kg</b>
<b>Bitumen</b>			
	XX_Bitumen	OG3	1669,78
	XX_Bitumen	DG	748,20
	XX_Bitumen	Dach	1536,99
			<b>3 954,98 kg</b>
<b>Diverse Kunststoffe</b>			
	XX_Vlies	OG3	9,06
	XX_Vlies	DG	4,11
	XX_Vlies	Dach	8,46
			<b>21,62 kg</b>
<b>Naturstein</b>			
	XX_Schotterschüttung	OG3	19072,10
	XX_Schotterschüttung	DG	6501,67
	XX_Schotterschüttung	Dach	17225,25
			<b>42 799,03 kg</b>
<b>Styropor</b>			
	XX_XPS	OG3	1233,11
	XX_XPS	DG	559,23
	XX_XPS	Dach	1151,19
			<b>2 943,53 kg</b>
			<b>59 584,52 kg</b>

#### 4.4.9 Massenabschätzung lt. ÖNORM B 3151 Anhang A Pkt. 4

Die Kenntnis der Massen ist für die Zeit- und Einsatzplanung im Rückbau notwendig. Die Entscheidung der weiteren Verwendung von Materialien wird durch das Wissen der Massen unterstützt. Ausgewertet wurden hierfür die Massen aller Elementtypen.

Der Schad- und Störstofferkundung liegt ein Entsorgungskonzept bei, in dem ebenfalls Massen angegeben werden. Den Massen aus dem Entsorgungskonzept wurden Abfallschlüsselnummern zugeteilt. Im Fallbeispiel können daher drei verschiedene Massenangaben ausgewertet werden:

- Massenabschätzung nach Schad- und Störstofferkundung
- Massen aus BIM-Modell
- Massenabschätzung aus Entsorgungskonzept

Jede dieser drei Massenangaben erfolgte nach einer anderen Baumaterialzuteilung. Die Schad- und Störstofferkundung listet in der Massenabschätzung sechs Bestandteile auf, wobei Beton, sonstige mineralische Bestandteile, Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften - Steinwolle und Polystyrol bzw. Polystyrolschaum als Hauptbestandteile definiert

wurden, siehe **Tab. 15**. Die Auswertung des Modells erfolgte detailreicher, da die Schichten und Komponenten aller Bauteile schnell und einfach aufgelistet werden können, siehe **Tab. 28**. Für das Entsorgungskonzept gibt es 13 Baumaterialkategorien nach Abfallschlüsselnummern. Um die Massenangaben vergleichen zu können wurden jeweils die Baumaterialienkategorien von zwei Massenangaben betrachtet und möglichst passend zugeordnet. Der Vergleich der Massen und die Zuordnung der Baumaterialienkategorien wird in **Tab. 16**, **Tab. 17** und **Tab. 18** dargestellt.

#### 4.4.9.1 Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell

Im Modell wird jedes Baumaterial einer Überkategorie, genannt ID, zugeordnet, wie in **Tab. 28** im Anhang dargestellt. Damit ist zu erkennen, dass das Baumaterial "Kunststein" aus Beton besteht, da er der ID Beton zugeordnet wurde. Wie in der Auflistung der mehrschichtigen Bauteile, **Tab. 27** im Anhang, zu sehen, ist die innerste Schicht der Dachaufbauten eine Bitumenbahn. Es wird angenommen, dass die Masse des Bitumens im Zuge der Schad- und Störstofferkundung nicht getrennt von der Stahlbetondecke, auf der der Dachaufbau liegt, ausgewertet werden konnte. Gleiches gilt für die Bewehrung des Stahlbetons, die in den Baustoffen des Modells mit Stahl bezeichnet wurde. Die Massen des Bitumens, des Kunststeins, des Betons und der Betonplatten wurden gemeinsam mit dem Stahl mit der Kategorie Beton in der Massenabschätzung der Schad- und Störstofferkundung gegenübergestellt. Die Massen der Kategorie Beton unterscheiden sich um 5 %.

Zur Kategorie Polystyrol wurden die Kunststoffe der Folie und des Vlieses und die Dämmstoffe EPS und XPS zugeordnet. Die Auswertung des Modells listet 2 t mehr Polystyrol auf als die Schad- und Störstofferkundung. Estrich, Fliesen und Schotterschüttung zählen zu sonstigen mineralischen Bestandteilen. Für den Außenputz wurde die Annahme getroffen, dass es sich um einen Kalk-Zement-Putz handelt. Daher wurde der Außenputz zu sonstigen mineralischen Bestandteilen gezählt. In der Modellauswertung gibt es um 34 % mehr Masse der sonstigen mineralischen Bestandteile als in der Schad- und Störstofferkundung. Zu Metall gehören Aluplatten von Außenwänden und abgehängten Decken, sowie Bleche und Metallrahmen von abgehängten Decken und Innenwänden. Das Modell listet um 54 % mehr Masse an Metall auf, als die Schad- und Störstofferkundung. In dieser Kategorie gibt es den größten Massenunterschied im Vergleich der Auswertungen aus dem Modell und der Schad- und Störstofferkundung. Alle Baustoffe mit der ID Mineralwolle wurden der Kategorie Mineralabfälle zugeteilt. Heraklit, eine langfaserige Holzwolle, zählt gleichfalls zu Mineralabfällen. Die Massen der Mineralabfälle im Modell sind um 51 % größer als die Massen der Mineralabfälle in der Schad- und Störstofferkundung. Der Gipskarton der nicht tragenden Innenwände wurde dem Gips zugeordnet. Es wurde die Annahme getroffen, dass es sich bei dem Innenputz um einen Gipsputz handelt, weshalb der Innenputz zur Kategorie Gips zählt. Die Massen des Gipses sind im Modell um 32 % stärker vertreten als in der Schad- und Störstofferkundung. Der im Modell als Teppich angegebener Baustoff kann zu keinen Bestandteilen der Schad- und Störstofferkundung passend zugeordnet werden, weshalb für den Massenvergleich die Kategorie Sonstiges auf der Seite der Schad- und Störstofferkundung eingeführt wurde.

Die Gesamtsumme von Massen im Modell unterscheidet sich nach dieser Zuordnung von den Massen in der Schad- und Störstofferkundung lediglich um 1 %, siehe **Tab. 16**. Die Differenzen der einzelnen Kategorien in Relation zur Gesamtmasse wurden in einem Diagramm dargestellt,

siehe **Abb. 21**. In diesem ist zu erkennen, dass die einzelnen Differenzen der Massen im Gesamten nur geringen Ausmaßes sind.

**Tab. 15** Massenabschätzung laut Schad- und Störstofferkundung

4. Angaben den Rückbau betreffend		
4.1. Massenabschätzung		
Bestandteile	Abschätzung der Masse [t]	Hauptbestandteil
Asphalt		<input type="checkbox"/>
Beton	3 520	<input checked="" type="checkbox"/>
Mauerwerk		<input type="checkbox"/>
sonstige mineralische Bestandteile	250	<input checked="" type="checkbox"/>
Holz		<input type="checkbox"/>
Metall	4	<input type="checkbox"/>
Kunststoff		<input type="checkbox"/>
Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften - Steinwolle	30	<input checked="" type="checkbox"/>
Polystyrol, Polystyrolschaum	4	<input checked="" type="checkbox"/>
Gips	57	<input type="checkbox"/>
Summe (Anm. relevant für die Schad- / Störstofferkundung)	3 865	

Tab. 16 Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell

Baustoffkategorie laut Schad- und Störstofferkundung	Massen laut Schad- u. Störstofferkundung [t]	Baustoffkategorie laut BIM-Modell	Massen laut BIM-Modell [t]	Massen laut BIM-Modell [t]	Abweichung
Beton	3 520	XX_Beton	3 230	3 361	-5%
		XX_Betonplatten	10		
		XX_Kunststein	8		
		XX_Bitumen	4		
		XX_Stahl	110		
sonstige mineralische Bestandteile	250	XX_Estrich	250	380	34%
		XX_Fliesen	10		
		XX_Schotterschüttung	43		
		XX_Putz außen	77		
Metall	4	XX_Aluplatte	6	9	54%
		XX_Blech	0		
		XX_Metallrahmen	0		
		XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	2		
Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften - Steinwolle	30	XX_Heraklith	1	61	51%
		XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	3		
		XX_künstliche Mineralfaserplatten	12		
		XX_Mineralwolle	16		
		XX_Mineralwolle Glaswolle	0		
		XX_Mineralwolle Steinwolle	30		
Polystyrol, Polystyrolschaum	4	XX_Folie	0	6	33%
		XX_Vlies	0		
		XX_EPS	3		
		XX_XPS	3		
Gips	57	XX_Gipskarton	54	84	32%
		XX_Putz innen	29		
sonstiges	-	XX_Teppich	20	20	100%
<b>Gesamt</b>	<b>3 865</b>			<b>3 920</b>	<b>1%</b>

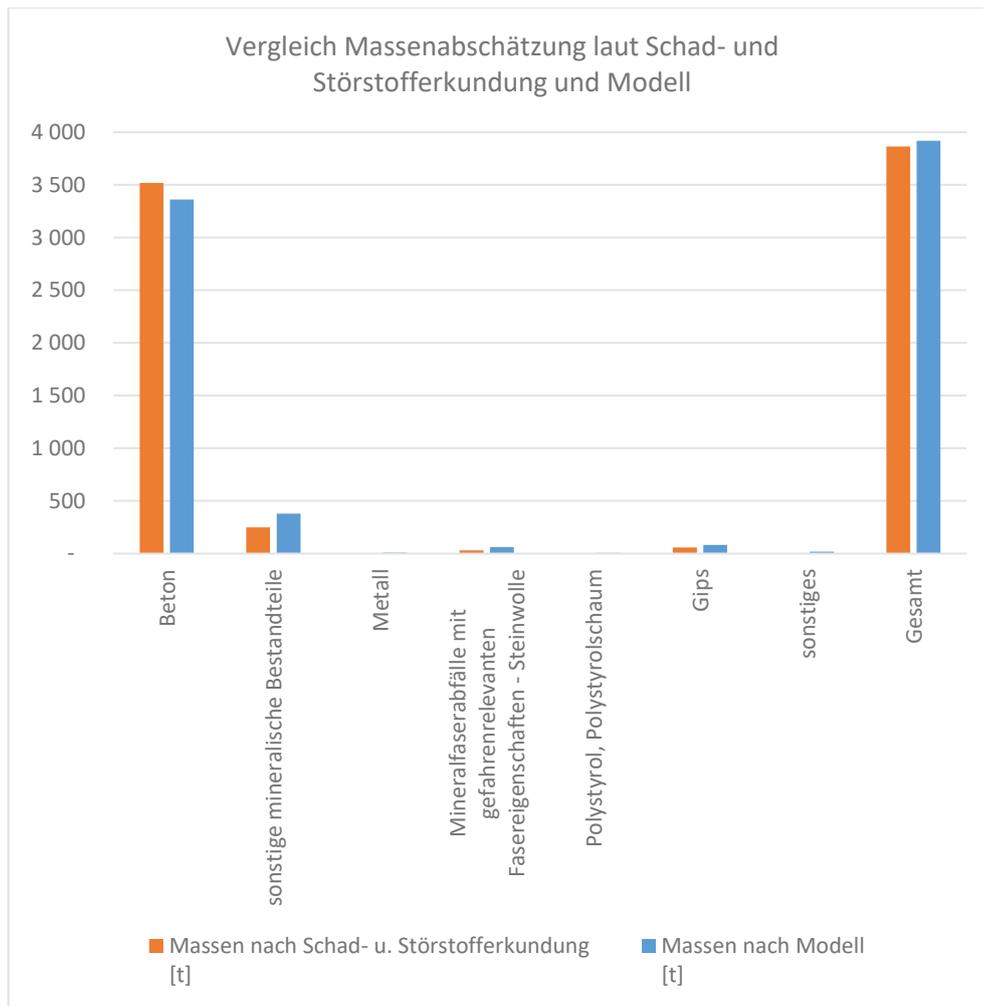


Abb. 21 Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und BIM-Modell

#### 4.4.9.2 Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell

Zur Massenabschätzung lt. ÖNORM gibt es in der Schad- und Störstoffzuordnung zusätzlich eine genauere Auflistung der Baustoffe des Gebäudes eingeteilt in Abfallschlüsselnummern. Dieser Auflistung nach Abfallschlüsselnummern wurden ebenfalls die Massen des Modells gegenübergestellt, siehe **Tab. 18**.

Die detaillierte Auflistung lässt eine abgeänderte Zuordnung der Massen aus dem Modell zu. So gibt es für Bitumen eine eigene Abfallschlüsselnummer, zu der das gesamte Bitumen des Modells zugeordnet wurde, anstatt das Bitumen wie in der Schad- und Störstofferkundung zum Beton zuzuordnen. Die Differenz der Kategorie Beton zwischen den Massen der Aufteilung nach Abfallschlüsselnummern und der Massen des Modells bleibt dadurch aufgerundeter Weise bei 5%. Es entsteht eine neue Kategorie der Bitumenmasse, die sich im Vergleich um 1% unterscheidet. Für Mineralfasern und Mineralwolle gibt es eine präzisere Unterscheidung in künstliche Mineralfaserabfällen (u. a. Heraklith) und Trennung von Steinwolle und Glaswolle. Die größte Differenz in diesem Vergleich tritt bei den künstlichen Mineralfaserabfällen mit 71% Unterschied in den Massen auf. Die Massen der Steinwolle stimmen bis auf 1% überein und die Glaswolle weist im Modell um 1 t mehr Masse auf als in der Massenaufstellung nach Abfallschlüsselnummern. Die Schotteranschüttung kann der Abfallschlüsselnummer der Kategorie Bauschutt ohne Mörtel- und Verputzanteile zugeordnet werden. Das Modell listet 21% mehr Masse an

Bauschutt ohne Mörtel- und Verputzanteile auf als die Auflistung nach Abfallschlüsselnummern. Die XPS-Dämmung zählt im Gegensatz zur EPS-Dämmung zu einem gefährlich kontaminierten Baustoff und wurde einer eigenen Polystyrol-Kategorie mit Abfallschlüsselnummer zugeordnet. Die Massen der XPS-Dämmung im Modell und in der Abfallschlüsselnummernauflistung stimmt damit bis auf 2 % überein. Die restliche Dämmung und der Kunststoff bilden weiterhin eine Kategorie und weisen einen Unterschied der Massen von 30 % auf. Für Teppich gibt es eine eigene Kategorie Baustellenabfälle (kein Bauschutt). Masse an Teppich gibt es im Modell um 18 % weniger als in der Abfallschlüsselnummernauflistung. Die restlichen Baustoffe des Modells wurden in die gleichen Kategorien wie bei der Gegenüberstellung des Modells zur Schad- und Störstofferkundung zugeordnet. Die Gesamtmasse der Abfallschlüsselnummernauflistung unterscheidet sich um weniger als 1 % zu den Massen des Modells.

Auch in dieser Gegenüberstellung wurde ein Diagramm zur übersichtlichen Darstellung der Massen im Gesamten erstellt, siehe **Abb. 22**. Die Aufteilung der Baustoffe erfolgte nach Abfallschlüsselnummern. In Relation zur Gesamtmasse sind die Unterschiede der einzelnen Baustoffmassen nicht von Bedeutung.

**Tab. 17** Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell

Abfall-schlüssel-nummer	Baustoffkategorie laut Entsorgungskonzept	Massen laut Entsorgungskonzept [t]	Baustoffkategorie laut BIM-Modell	Massen laut BIM-Modell [t]	Massen laut BIM-Modell [t]	Abweichung
31409	Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	250	XX_Estrich	250	337	26%
			XX_Fliesen	10		
			XX_Putz außen	77		
31409-18	Bauschutt (keine Baustellenabfälle) - nur Mischungen aus ausgewählten Abfällen aus Bau- und Abbruchmaßnahmen, ohne Mörtel- und Verputzanteile	34	XX_Schotterschüttung	43	43	21%
31427	Betonabbruch	3 520	XX_Beton	3 230	3 357	-5%
			XX_Betonplatten	10		
			XX_Kunststein	8		
			XX_Stahl	110		
31437-41 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - künstliche Mineralfaserabfälle	8	XX_Heraklith	1	28	71%
			XX_künstliche Mineralfaserplatten	12		
			XX_Mineralwolle	16		
31437-42 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Steinwolle	30	XX_Mineralwolle Steinwolle	30	30	1%

31437-43 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Glaswolle	2	XX_künstliche Mine- ralfaser (Glaswolle)	3	3	34%
			XX_Mineralwolle Glaswolle	0		
31438	Gips	57	XX_Gipskarton	54	84	32%
			XX_Putz innen	29		
35315	NE-Metallschrott, NE- Metalleballagen	4	XX_Aluplatte	6	9	54%
			XX_Blech	0		
			XX_Metallrahmen	0		
			XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	2		
54912	Bitumen, Asphalt	4	XX_Bitumen	4	4	-1%
57108	Polystyrol, Polysty- rolschaum	4	XX_Folie	0	3	-30%
			XX_Vlies	0		
			XX_EPS	3		
57108-77 (g)	Polystyrol, Polysty- rolschaum - gefähr- lich kontaminiert	3	XX_XPS	3	3	-2%
57116	PVC-Abfälle und Schäume auf PVC- Basis	0		-	-	0%
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	23	XX_Teppich	20	20	-18%
	<b>Gesamt</b>	<b>3 939</b>			<b>3 920</b>	<b>0%</b>

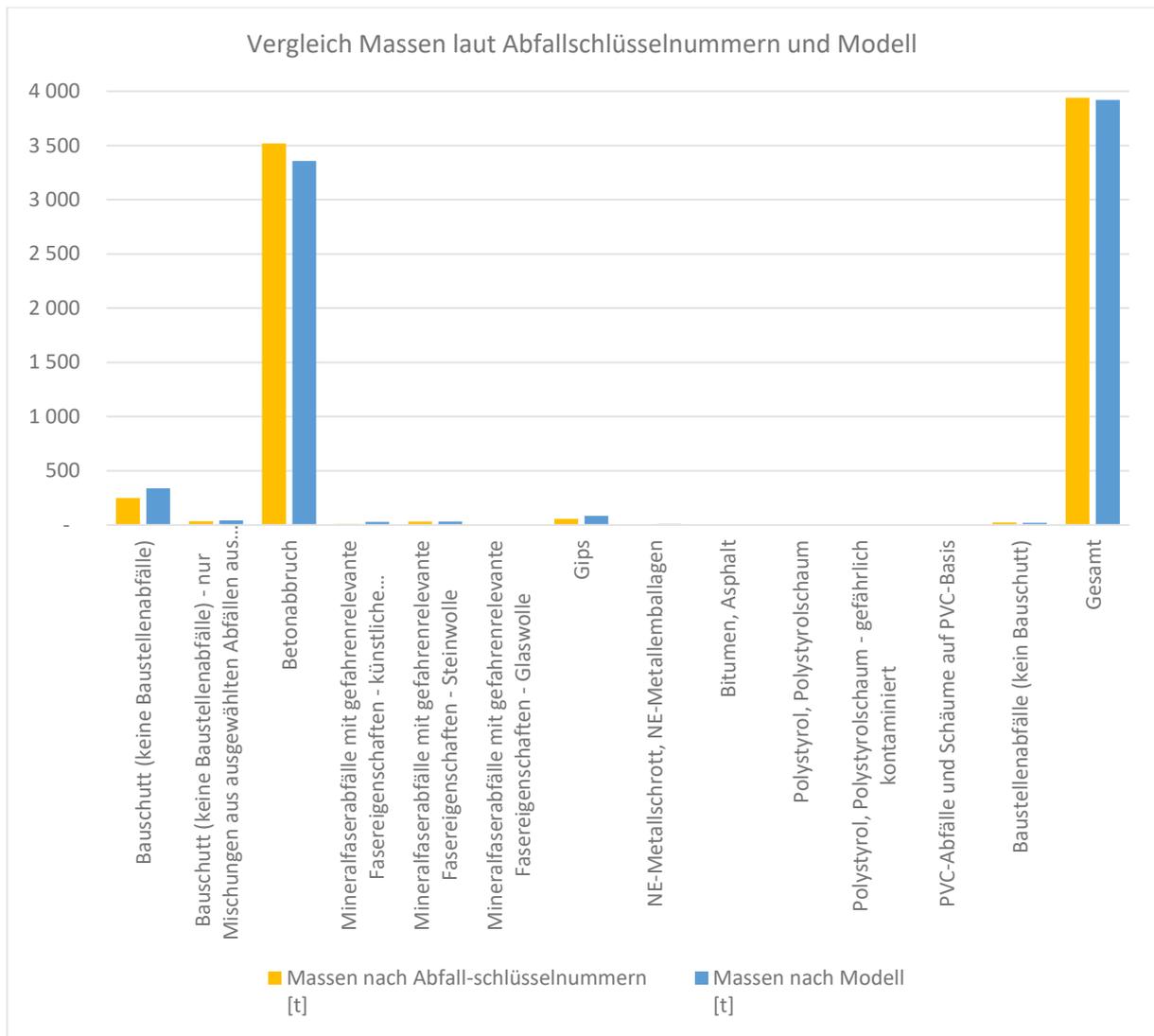


Abb. 22 Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und BIM-Modell

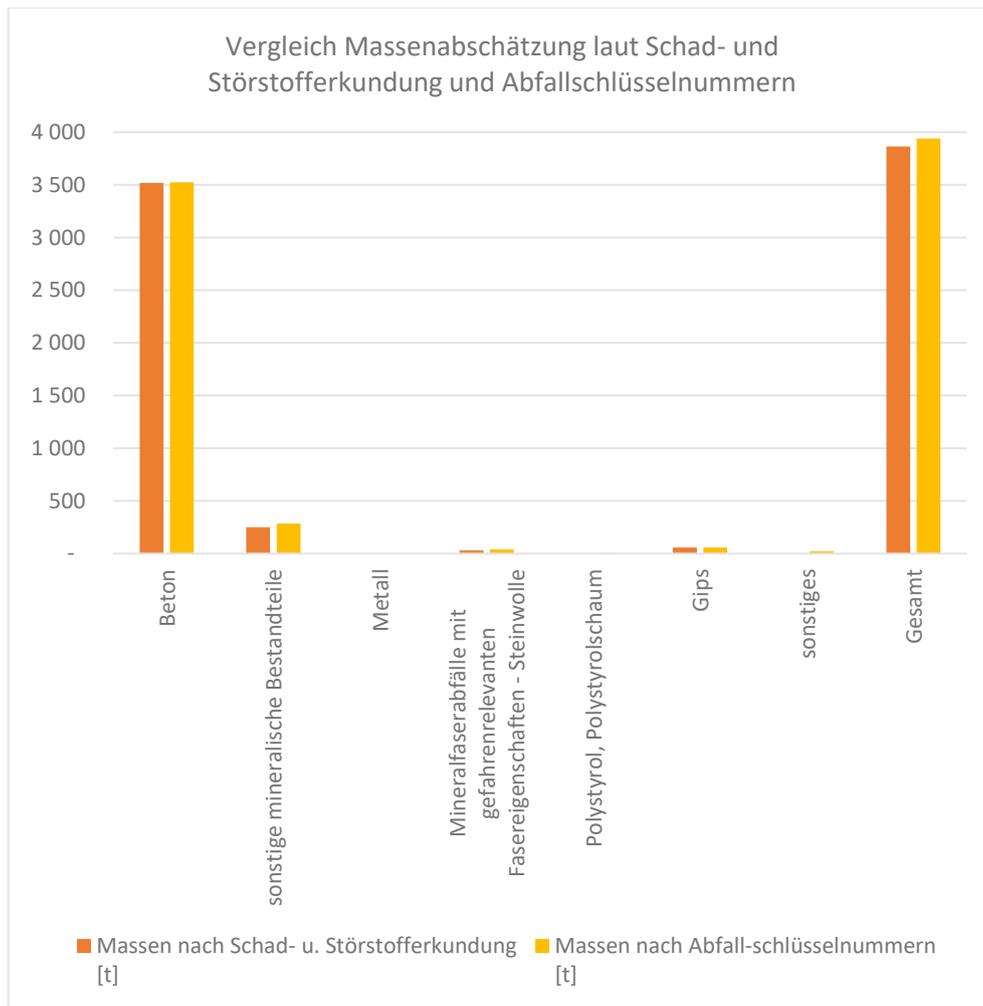
#### 4.4.9.3 Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und Entsorgungskonzept

Die Gesamtsumme der Massen des Modells stimmt sowohl mit der Schätzung und der Schad- und Störstofferkundung als auch mit den Abfallschlüsselnummern bis auf einen Unterschied kleiner 1 % zusammen. Gründe für die Differenzen könnten sich aus Ungenauigkeiten ergeben, da für die erste Massenabschätzung ein Laserscanner im Gebäude zur Anwendung kam. Anschließend wurden die digitalisierten Bauteile mit Schichten versehen. Die Information der Bauteilschichten wurde aus Plänen und Probenahmen genommen. Weiters lässt sich nicht nachvollziehen welche Dichten für die Massenabschätzungen in der Schad- und Störstofferkundung herangezogen wurden, wodurch eine weitere Fehlersuche nicht möglich ist.

Vergleicht man die Massenabschätzung der Schad- und Störstofferkundung mit der Auflistung der Abfallschlüsselnummern, so kommt die größte Abweichung in der Kategorie Polystyrol mit 43 % mehr Abfall in der Abfallschlüsselnummernauflistung vor, siehe **Tab. 18**. Die genaue Aufteilung nach Abfallschlüsselnummern hat um 2 % mehr Gesamtmasse als die Massenschätzung in der Schad- und Störstofferkundung. Ursachen für die Differenzen können wie in den anderen Gegenüberstellungen Ungenauigkeiten und verschiedene Annahmen von Dichten sein.

**Tab. 18** Vergleich Massenangaben laut Schad- und Störstofferkundung und Entsorgungskonzept

Baustoffkategorie laut Schad- und Störstofferkundung	Massen laut Schad- u. Störstoff-erkundung [t]	Baustoffkategorie laut Entsorgungskonzept	Massen laut Entsorgungskonzept [t]	Massen laut Entsorgungskonzept [t]	Abweichung
Beton	3 520	Betonabbruch	3 520	3 524	0%
		Bitumen, Asphalt	4		
sonstige mineralische Bestandteile	250	Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	250	284	12%
		Bauschutt (keine Baustellenabfälle) - nur Mischungen aus ausgewählten Abfällen aus Bau- und Abbruchmaßnahmen, ohne Mörtel- und Verputzanteile	34		
Metall	4	NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen	4	4	0%
Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften - Steinwolle	30	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - künstliche Mineralfaserabfälle	8	40	25%
		Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Steinwolle	30		
		Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Glaswolle	2		
Polystyrol, Polystyrolschaum	4	Polystyrol, Polystyrolschaum	4	7	43%
		Polystyrol, Polystyrolschaum - gefährlich kontaminiert	3		
Gips	57	Gips	57	57	0%
sonstiges		Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	23	23	100%
<b>Gesamt</b>	<b>3 865</b>			<b>3 939</b>	<b>2%</b>



**Abb. 23** Vergleich Massenangaben laut Entsorgungskonzept und Schad- und Störstofferkundung

In den Diagrammen **Abb. 21**, **Abb. 22** und **Abb. 23** ist zu sehen, dass der massenmäßige größte Anteil der Baustoffe der Stahlbeton ist. Zu dem zweitgrößten Anteil zählen sonstige mineralische Baustoffe, die einen weitaus geringeren Anteil als der Stahlbeton haben. Der Anteil der restlichen Baustoffe ist im Vergleich sehr gering. Die Information eines dominierenden Baustoffes kann wichtig sein, für die Schätzung von Rückbauzeit und Rückbaukosten.

Zu diesem Kapitel lässt sich abschließend feststellen, dass die Massenabschätzung der Schad- und Störstofferkundung zufriedenstellend mit der Auswertung des Modells übereinstimmt. Ein vollständig aufbereitetes BIM-Modell kann demnach eine Schad- und Störstofferkundung in Rahmen einer Massenabschätzung ersetzen.

#### 4.4.10 Schadstoffe lt. ÖNORM B 3151 Anhang B Pkt. 2

Schadstoffe müssen vor dem Rückbau identifiziert und entfernt werden. Sie müssen gesondert von anderen Materialien gelagert und entsorgt werden. Gefiltert wurden alle Elemente, die einen Schadstoff in den Element-Eigenschaften aufweisen. Ausgewertet wurde nach Element-Typ und Stockwerk, um schnell und einfach den Standort von Schadstoffen bestimmen zu können.

Lt. **Tab. 32** befindet sich 0,5 t Heraklith in der Decke im Erdgeschoß und im zweiten Obergeschoß. Glaswolle, die sich in der künstlichen Mineralfaser der Dämmung befindet, zählt zu POP-Abfällen und kommt in allen Geschoßen in Wänden und in der Dachkonstruktion des Dachge-

schoßes mit insgesamt 2,9 t vor. Die künstlichen Mineralfaserplatten in den abgehängten Decken zählen zu Schadstoffen und sind vom Erdgeschoß bis zum Dachgeschoß mit 11,6 t vertreten. Die Glaswolle in den Außenwänden des Stiegenhauses erstreckt sich vom ersten Obergeschoß bis in das Dachgeschoß mit 0,1 t. Die Innenwände vom Kellergeschoß bis in das Dachgeschoß und eine Decke im Erdgeschoß sind mit 30,4 t des Schadstoffes Steinwolle gedämmt. Der Schadstoff EPS befindet sich in der Dämmung der Außenwände vom Kellergeschoß bis in das Dachgeschoß mit 3,0 t. Die Masse an schädlicher XPS-Dämmung beträgt 2,9 t und kommt in den Decken der Außenflächen im dritten Obergeschoß, im Dachgeschoß und im Dach vor. Das Vorkommen von Heraklith wird in der Schad- und Störstofferkundung siehe **Tab. 33**, in der Decke des Kellergeschoßes angegeben, da hier von Decken über den jeweiligen Geschoßen gesprochen wird. Im Modell wird von den Decken im selben Geschoß gesprochen. Die XPS-Dämmung wird für das Dach aufgelistet, hier wird nicht explizit erwähnt, dass sich Dächer auf drei verschiedenen Ebenen befinden. Nicht modellierte Bauteile wie Leuchtstoffröhren, Klimaanlage, Kühlschränke und Feuerlöscher scheinen in der Schad- und Störstofferkundung auf, jedoch nicht in der BIM Auswertung.

#### 4.4.11 Störstoffe lt. ÖNORM B 3151 Anhang B Pkt. 3

Störstoffe dürfen der Wiederverwendung von Bauteilen nicht im Wege stehen. Es wird empfohlen, Störstoffe wie die Schadstoffe vor einem Rückbau aus dem Gebäude zu entfernen. Ausgewertet wurden alle Elemente mit einem eingetragenen Störstoff in den Element-Eigenschaften.

Die bituminöse Dachpappe kommt in allen Dächern vor und beträgt insgesamt 3,9 t siehe **Tab. 34**. Nicht tragende Innenwände aus Gipskarton vom Kellergeschoß bis zum Dachgeschoß und abgehängten Decken aus Gipskarton des Kellergeschoßes müssen vor dem Rückbau entfernt werden und weisen eine Masse von 51,1 t auf. Künstliche Mineralfaserplatten in den abgehängten Decken kommen auch in der Auswertung der Schadstoffe vor. Diese 11,6 t an künstlichen Mineralfaserplatten sind daher als Schadstoffe zu werten. Die 2,0 t an Stahlteilen der abgehängten Decken zählen zu den Störstoffen und müssen aus allen Geschoßen vom Keller bis zum Dachgeschoß entfernt werden. Der zu entfernender Teppich des Fußbodenaufbaus beträgt 19,5 t und befindet sich in allen Geschoßen. Unstimmigkeiten zur Schad- und Störstofferkundung, siehe **Tab. 35**, abgesehen von Bauteilen, die nicht modelliert wurden und daher mit dem BIM-Modell nicht ausgewertet werden können, gibt es bei dem Teppich, der im Modell im Kellergeschoß und lt. Erkundung erst im Erdgeschoß vorkommt. EPS-Dämmung und Glaswolle werden in der Erkundung als Störstoff und Schadstoff angeführt. Fenster und Türen werden nur in der Schad- und Störstofferkundung als Störstoff aufgelistet. Diese Bauteile sind im Modell nicht als solche kategorisiert worden. Fenster und Türen müssen jedoch vor einem Rückbau entfernt werden.

#### 4.5 Eingliederung in Abfallhierarchie aus Erstbewertung

Störstoffe müssen nicht für die vertiefte Bewertung im Workflow ausgeschlossen werden, da sie je nach Bewertungskriterien auch in höhere Stufen der Abfallhierarchie eingeteilt werden können. Da Störstoffe jedoch für den Rückbau oder für die Wiederverwendung anderer Bauteile hinderlich sein können, sollten sie vor dem Rückbau entfernt werden. Alle Baumaterialien und Bauteile, die Schadstoffe beinhalten, werden direkt in die Abfallhierarchie eingeteilt, siehe **Tab. 19**, da diese höchstens die vierte Stufe erreichen können.

Tab. 19 Eingliederung in Abfallhierarchie aus Erstbewertung

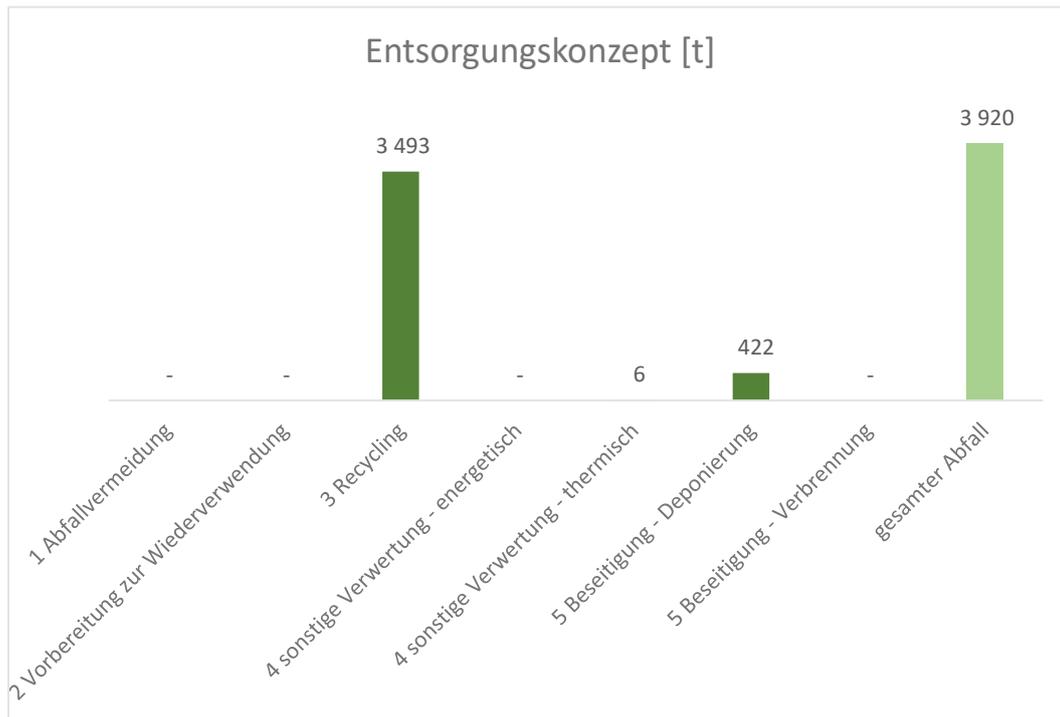
ID	Name	Masse	Element-Typ	Abfallschlüsselnummer	Behandlungsart
<b>Heraklith</b>					
	XX_Heraklith	528,07	Decke	31437-41 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
<b>Mineralwolle</b>					
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	54,82	Dach	31437-43 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	2827,98	Wand	31437-43 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
	XX_künstliche Mineralfaserplatten	11593,1	Decke	31437-41 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
	XX_Mineralwolle Glaswolle	144,68	Wand	31437-43 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
	XX_Mineralwolle Steinwolle	1905,8	Decke	31437-42 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
	XX_Mineralwolle Steinwolle	28532,56	Wand	31437-42 (gn)	5 Beseitigung - Deponierung
<b>Styropor</b>					
	XX_EPS	3044,23	Wand	57108	4 sonstige Verwertung - thermisch
	XX_XPS	2943,53	Decke	57108-77 (g)	4 sonstige Verwertung - thermisch
<b>51 574,87 kg</b>					

#### 4.5.1 Entsorgungskonzept Fallbeispiel

Das Rückbaukonzept der ÖNORM B 3151 fordert lediglich grobe Angaben über die Wiederverwendung von Bauteilen (Austrian-Standards-International, 2022a, Anhang C Pkt. 4). Angaben über sonstige Einteilungen nach Abfallhierarchie werden nicht verlangt. Für das Fallbeispiel gibt es neben dem Rückbaukonzept ein Entsorgungskonzept, in dem konkrete Baumaterialien mit zugehöriger Abfallschlüsselnummer und Massenangabe aufgelistet wurden. Diese Angaben wurden in das BIM-Modell eingepflegt und mit einer Auswertung nach Entsorgungsart aufgelistet, siehe **Abb. 24**. Die Entsorgungsarten entsprechen der Abfallhierarchie nach BMK mit im Zuge dieser Arbeit zugewiesenen Stufennummern und weiterer Unterteilung wie folgt:

- 1 Abfallvermeidung
- 2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
- 3 Recycling
- 4 sonstige Verwertung - energetisch
- 4 sonstige Verwertung - thermisch
- 5 Beseitigung - Deponierung
- 5 Beseitigung - Verbrennung

Die genaue Zuteilung der Baumaterialien ist in **Tab. 31** Entsorgungskonzept zu finden. Nach Abfallhierarchie dargestellt wurde das Entsorgungskonzept in **Abb. 24**. Wie dort zu sehen, wurde kein Baumaterial nach Verwertungsart Abfallvermeidung oder Vorbereitung zur Wiederverwendung eingestuft. Die höchste Stufe in dieser Abfallhierarchie, der Baumaterialien zugewiesen wurden, ist das Recycling. Dem Recycling wurde gleichzeitig die größte Masse mit knappen 3 500 t zugeteilt. Zur sonstigen thermischen Verwertung kommen etwa 6 t und auf der Deponie beseitigt werden rund 420 t. Diese Einteilung ist nicht im Sinne einer Kreislaufwirtschaft, da die Massen von der ersten bis zur letzten Stufe in der Abfallhierarchie immer geringer werden sollten.



**Abb. 24** Entsorgungskonzept

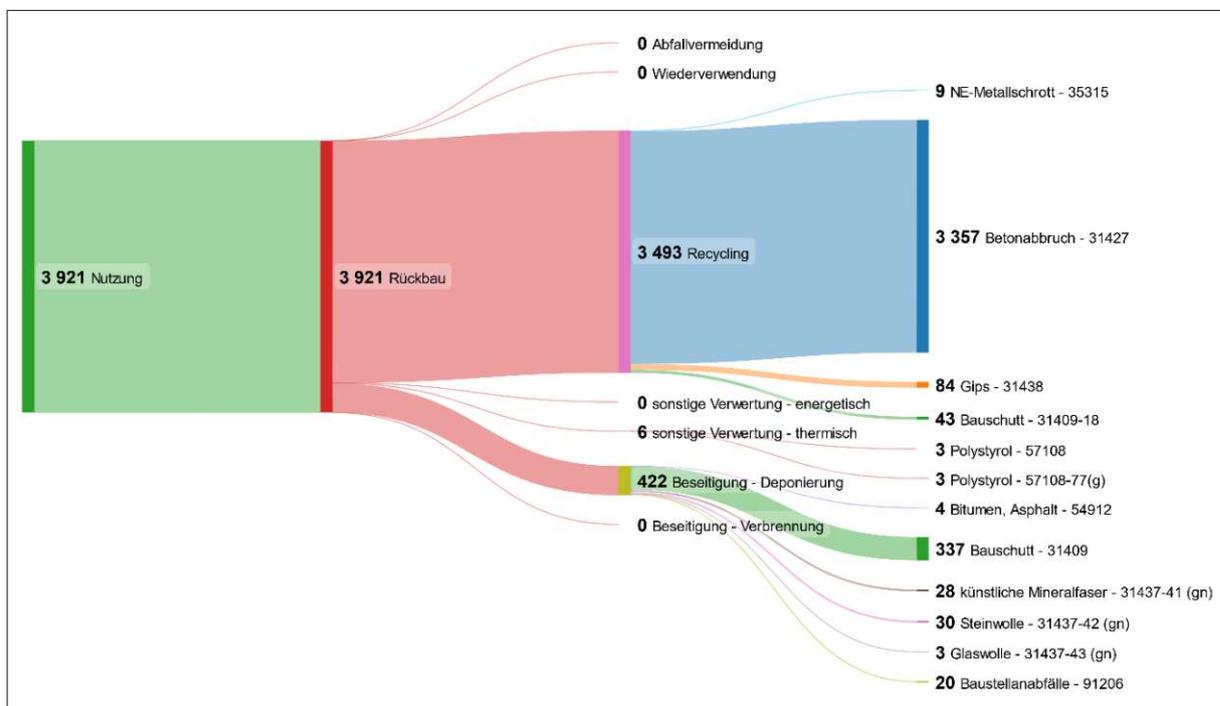
#### 4.5.2 Stoffflussdiagramm Entsorgungskonzept

Um die Zuteilung nach Abfallhierarchie zu visualisieren, wurden die Baumaterialien aus dem BIM-Modell mit der gleichen Schlüsselnummer zusammengefasst und in einem Stoffflussdiagramm dargestellt, siehe **Abb. 25**. Stoffflussdiagramme wurden in dieser Arbeit mithilfe des SankeyMATIC Tools erstellt, (Bogart, 2024). Der Stofffluss beginnt mit der Nutzung. Hier wird angenommen, dass während der Nutzung des Gebäudes keine Änderung in der Masse vorkamen. Im Rückbau, wie bereits beschrieben, fallen Baumaterialien für das Recycling, die thermische Verwertung und die Deponierung an. Im Stoffflussdiagramm ist zudem ersichtlich, dass der größte Anteil in der Abfallhierarchie das Recycling aufgrund des hohen Anteils von Betonabbruch im Gebäude ist. Der Betonabbruch hat im Recycling einen Anteil von über 95 %. Gips, zu dem auch der Innenputz zählt, siehe **Tab. 31**, und der Bauschutt von Natursteinen haben im Vergleich zu Betonabbruch einen geringen Anteil im Recycling, mit etwa 2 % bzw. 1 %. Der Metallschrott hat mit weniger als 1 % einen sehr geringen Anteil. Zur thermischen Verwertung zählen zu gleichen Anteilen Polystyrol (Folie, Vlies und EPS-Dämmung) und Polystyrol gefährlich kontaminiert (XPS-Dämmung). Estrich, Außenputz und Fliesen zählen zu Bauschutt und sind der

Grund für die Deponierung als zweitgrößten Anteil in der Abfallhierarchie. In der Deponierung hat der Bauschutt einen Anteil von knapp 80 %. Steinwolle, künstliche Mineralfaser und Baustellenabfälle (Teppich) gehören zu je ca. 6 % zur Deponierung. Den kleinsten Anteil von unter 1 % in der Deponierung hat Glaswolle.

Das Stoffflussdiagramm visualisiert wie auch schon **Abb. 24**, dass die Massen nicht wie im Sinne einer Kreislaufwirtschaft, von Stufe zu Stufe in der Abfallhierarchie geringer werden. Zu beachten ist jedoch, dass hier lediglich Baumaterialien und keine Bauteile betrachtet werden. Baumaterialien, die aus einem Rückbau gewonnen werden können als höchste Stufe in der Abfallhierarchie direkt für die Herstellung von Produkten herangezogen werden (Recycling), nicht jedoch für die direkte Wiederverwendung im Sinne der Abfallwirtschaft. Um den Anteil der Baustoffe, die hier der Deponierung zugeordnet wurden, zu verringern, sollte in Betracht gezogen werden die Baumaterialien aus dem Bauschutt zu recyceln. Kriterien, die für die Einteilung der Baumaterialien aus dem Entsorgungskonzept des Fallbeispiels in die Abfallhierarchie relevant sein können:

- Wirtschaftlichkeit der Ausbaubarkeit
- Wirtschaftlichkeit des Transportes
- Wirtschaftlichkeit der Lagerung
- Auflagen für Aufbereitungsanlagen
- Auflagen für Recyclinganlagen
- Auflagen für Deponien



**Abb. 25** Stoffflussdiagramm Entsorgungskonzept [t]

## 4.6 Definition von Bewertungskriterien nach Abfallhierarchie

Der erste Schritt in der vertieften Bewertung ist das Definieren von Bewertungskriterien. Die Auswahl von Bewertungskriterien, welche in den **Kap. 4.2.1** bis **Kap. 4.2.25** angeführt und für die weiteren Verwendungsmöglichkeiten der Baumaterialien und Bauteile relevant sind, ist individuell für jedes Projekt aufgrund möglicher Änderungen im Stand der Technik, oder Auflagen für Aufbereitungsanlagen anzupassen. Zur Demonstration der vertieften Bewertung wurden anhand des Fallbeispiels folgende Fenster herangezogen:

- Flügelfenster
  - B = 123 cm
  - H = 139 cm
- Klapp-Schwing-Fenster

Im Fallbeispiel befinden sich 16 Flügelfenster und vier Klapp-Schwing-Fenster nach den obigen Angaben, siehe **Tab. 20**.

**Tab. 20** Fensterliste nach Auswahl aus **Kap. 4.3**

Bibliotheks-element-Name	Breite [m]	Höhe [m]	Ge-schoss	Element ID	U-Wert	Alter	Ausrich-tung
<b>1-Flügelfenster 27</b>							
	123	139	OG1	Fenster-Stg-01	1,3	34	Süden
	123	139	OG2	Fenster-Stg-03/1	1,3	34	Süden
	123	139	OG2	Fenster-Stg-05	1,3	34	Süden
	123	139	OG3	Fenster-Stg-07/1	1,3	34	Süden
	123	139	OG3	Fenster-Stg-09	1,3	34	Süden
	123	139	OG3	Fenster-205	1,3	34	Norden
	123	139	OG3	Fenster-204	1,3	34	Norden
	123	139	OG4	Fenster-Stg-11/1	1,3	34	Süden
	123	139	OG4	Fenster-Stg-13	1,1	14	Süden
	123	139	OG4	Fenster-259	1,1	14	Norden
	123	139	OG4	Fenster-258	1,1	14	Norden
	123	139	OG5	Fenster-Stg-15/1	1,1	14	Süden
	123	139	OG5	Fenster-Stg-17	1,1	14	Süden
	123	139	OG5	Fenster-313	1,1	14	Norden
	123	139	OG5	Fenster-312	1,1	14	Norden
	123	139	DG	Fenster-Stg-19/1	1,1	14	Süden
<b>16</b>							
<b>Klapp-Schwing-Fenster 27</b>							
	123	139	DG	Fenster-1_Dach-03/1	1,1	14	Süden
	123	139	DG	Fenster-4_Dach-03/1	1,1	14	Süden
<b>2</b>							
	159	139	DG	Fenster-2_Dach-03/1	1,1	14	Süden
	159	139	DG	Fenster-3_Dach-03/1	1,1	14	Süden
<b>2</b>							

Für diese Fenster wurden Bewertungskriterien nach **Tab. 21** definiert (Asmus et al., 2015, S. 54).

**Tab. 21** Bewertungskriterien für Fenster

U-Wert < 1,2
Bauteilalter < 15 Jahre
Ausrichtung ≠ Westen
Zustandsnote < 2,5

#### 4.7 Durchführung der Bewertung (inkl. Zustandsprüfung)

In der Durchführung der Bewertung wird geprüft, ob die aufgestellten Bewertungskriterien erfüllt werden können. Die Durchführung der Bewertung kann nicht rein im BIM-Modell erfolgen, da der tatsächliche Zustand am Objekt vor Ort aufgenommen und bewertet werden muss. Für das demonstrierte Beispiel können Bewertungskriterien, wie U-Wert, Bauteilalter und Ausrichtung, aus dem BIM-Modell direkt bewertet werden. Abhängig von dem zu bewerteten Produkt und den zuvor aufgestellten Bewertungskriterien erfolgt die Durchführung der Bewertung in mehreren Schritten.

Für die Veranschaulichung wurde im Modell angenommen, dass Fenster im Errichtungsjahr des Gebäudes (im Jahr 1990) hergestellt und eingebaut wurden. Zusätzlich wurden alle Fenster ab dem 4. Stockwerk nach 20 Jahren ausgetauscht. Die ausgetauschten Fenster haben einen besseren U-Wert als die ursprünglich eingebauten Fenster.

Im ersten Schritt der Durchführung der Bewertung für das Beispiel aus **Kap. 0** wurde nach allen Kriterien aus **Tab. 21** gefiltert, die direkt aus dem BIM-Modell hervorgehen. Dies ergab 12 Fenster, die für eine Zustandsprüfung in Frage kommen, siehe **Tab. 22**. Da ausschließlich ausgetauschte Fenster jünger als 15 Jahre sind, werden nur Fenster ab dem 4. Stockwerk aufgelistet. Es bleiben acht Flügelfenster und vier Klappschwingfenster aus der ersten Filterung. Alle anderen Fenster aus **Tab. 20** können aufgrund der Filterung direkt dem Bauschutt zugeordnet werden, da sie die Kriterien nicht erfüllen und daher in diesem Beispiel beseitigt werden müssen. Im zweiten Schritt wurde der Zustand der Fenster aus **Tab. 22** vor Ort überprüft und nach dem Bewertungssystem aus **Kap. 4.2.26** bewertet. Vier Fenster aus **Tab. 22** wurden mit einer Zustandsnote größer 2,5 bewertet. Die Durchführung der Bewertung wurde damit abgeschlossen.

Dieses Vorgehen von Aufstellen und Filtern von Kriterien muss mit allen Bauteilen gemacht werden. Es erleichtert Vorentscheidungen in der Rückbauplanung und kann genau aufzeigen, welche Bereiche im Gebäude vor Ort besonders begutachtet werden müssen, um im weiteren Schritt die Rückbauplanung zu konkretisieren.

Tab. 22 Fensterliste nach Durchführung der Bewertung – 1. Schritt

Bibliotheks-element-Name	Breite [m]	Höhe [m]	Ge-schoss	Element ID	U-Wert	Al-ter	Ausrich-tung
<b>1-Flügel Fenster 27</b>							
	123	139	OG4	Fenster-259	1,1	14	Norden
	123	139	OG4	Fenster-258	1,1	14	Norden
	123	139	OG4	Fenster-Stg-13	1,1	14	Süden
	123	139	OG5	Fenster-313	1,1	14	Norden
	123	139	OG5	Fenster-312	1,1	14	Norden
	123	139	OG5	Fenster-Stg-15/1	1,1	14	Süden
	123	139	OG5	Fenster-Stg-17	1,1	14	Süden
	123	139	DG	Fenster-Stg-19/1	1,1	14	Süden
<b>8</b>							
<b>Klapp-Schwing-Fenster 27</b>							
	123	139	DG	Fenster-1_Dach-03/1	1,1	14	Süden
	123	139	DG	Fenster-4_Dach-03/1	1,1	14	Süden
<b>2</b>							
	159	139	DG	Fenster-2_Dach-03/1	1,1	14	Süden
	159	139	DG	Fenster-3_Dach-03/1	1,1	14	Süden
<b>2</b>							

#### 4.8 Auswertung nach Abfallhierarchie

Die Auswertung in der vertieften Bewertung dient als Grundlage für die Eingliederung in die Abfallhierarchie. Im demonstrierten Beispiel bleiben nach der Durchführung der Bewertung fünf Flügelfenster und drei Klapp-Schwing-Fenster, die alle Bewertungskriterien erfüllen, siehe **Tab. 23**.

**Tab. 23** Fensterliste nach Auswertung nach Abfallhierarchie

Biblio- theks- element- Name	Breite [m]	Höhe [m]	Ge- schoss	Element ID	U- Wert	Al- ter	Ausrich- tung	Zu- stand
<b>1-Flügelfenster 27</b>								
	123	139	OG4	Fenster-259	1,1	14	Norden	1,5
	123	139	OG4	Fenster-258	1,1	14	Norden	1,9
	123	139	OG4	Fenster-Stg-13	1,1	14	Süden	1,0
	123	139	OG5	Fenster-313	1,1	14	Norden	3,0
	123	139	OG5	Fenster-312	1,1	14	Norden	3,0
	123	139	OG5	Fenster-Stg-15/1	1,1	14	Süden	2,2
	123	139	OG5	Fenster-Stg-17	1,1	14	Süden	2,2
	123	139	DG	Fenster-Stg-19/1	1,1	14	Süden	3,2
<b>8</b>								
<b>Klapp-Schwing-Fenster 27</b>								
	123	139	DG	Fenster-1_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,0
	123	139	DG	Fenster-4_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,3
<b>2</b>								
	159	139	DG	Fenster-2_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,0
	159	139	DG	Fenster-3_Dach-03/1	1,1	14	Süden	3,1
<b>2</b>								

#### 4.9 Eingliederung in Abfallhierarchie aus vertiefter Bewertung

Alle Fenster, die im demonstrierten Beispiel die Bewertungskriterien nach **Tab. 21** nicht erfüllen, werden als Bauschutt der Stufe der Beseitigung in der Abfallhierarchie zugeordnet. Somit bleiben acht Fenster, die der Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden können, siehe **Tab. 24**.

Tab. 24 Fensterliste nach Eingliederung in Abfallhierarchie

Bibliotheks-element-Name	Breite [m]	Höhe [m]	Geschoss	Element ID	U-Wert	Alter	Ausrichtung	Zustand	Abfallhierarchie
<b>1-Flügel Fenster 27</b>									
	123	139	OG4	Fenster-259	1,1	14	Norden	1,5	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	OG4	Fenster-258	1,1	14	Norden	1,9	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	OG4	Fenster-Stg-13	1,1	14	Süden	1,0	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	OG5	Fenster-313	1,1	14	Norden	3	5 Beseitigung
	123	139	OG5	Fenster-312	1,1	14	Norden	3	5 Beseitigung
	123	139	OG5	Fenster-Stg-15/1	1,1	14	Süden	2,2	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	OG5	Fenster-Stg-17	1,1	14	Süden	2,2	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	DG	Fenster-Stg-19/1	1,1	14	Süden	3,2	5 Beseitigung
<b>8</b>									
<b>Klapp-Schwing-Fenster 27</b>									
	123	139	DG	Fenster-1_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,0	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	123	139	DG	Fenster-4_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,3	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
<b>2</b>									
	159	139	DG	Fenster-2_Dach-03/1	1,1	14	Süden	2,0	2 Vorbereitung zur Wiederverwendung
	159	139	DG	Fenster-3_Dach-03/1	1,1	14	Süden	3,1	5 Beseitigung
<b>2</b>									

#### 4.9.1 Stofffluss Beispiel Fenster

Wie auch für das Entsorgungskonzept, wurde für die Fenster in diesem Beispiel ein Stoffflussdiagramm erstellt. Es stellt dar, dass in der Nutzung eine Änderung in der Form eines Fensteraustausches im Zuge einer Sanierung stattgefunden hat. Die ausgebauten Fenster nach der Sanierung wurden ebenfalls in die Abfallhierarchie eingegliedert, jedoch in einem eigenen Strom, um die zeitliche Differenz darzustellen. Es wurde angenommen, dass Teile eines ausgebauten Fensters zum selben Zweck wiederverwendet werden konnte, etwa Fenstergriffe. Weiters wurde angenommen, dass Materialien von zwei Fenstern recycelt werden konnten. Die restlichen fünf der ausgebauten Fenster wurden beseitigt. Für den Rückbau entspricht der Stoffstrom der Ein-

gliederung in die Abfallhierarchie nach der vertieften Bewertung. Hier konnten acht Fenster der Wiederverwendung zugeführt werden und zwölf Fenster mussten beseitigt werden.

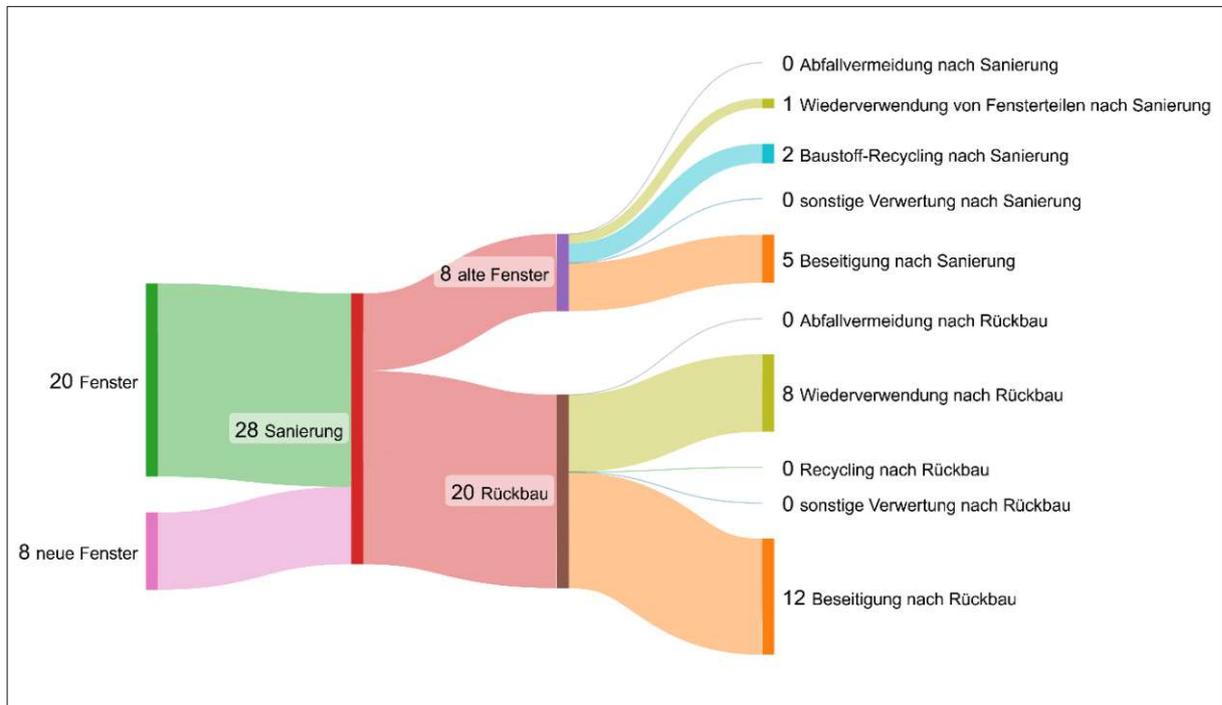


Abb. 26 Stoffflussdiagramm nach Kriterien aus Kapitel 7.5

#### 4.9.2 Grafische Überschreibung Beispiel Fenster

In einer grafischen Überschreibung kann mit ArchiCAD farblich genau dargestellt werden, welche Fenster für die jeweiligen Schritte in der vertieften Bewertung relevant sind. In **Abb. 27** ist das Modell des Fallbeispiels jeweils in der Südansicht zu sehen. Das linke Bild zeigt blau hervorgehoben alle relevanten Fenster auf der Südseite des Gebäudes nach der Auswahl aus **Kap. 0**, bzw. nach **Tab. 20**. Im mittleren Bild sind alle Fenster nach **Tab. 22** blau hervorgehoben, die für die Zustandsbewertung vor Ort betrachtet werden müssen. Die Fenster, die die Bewertungskriterien aus dem BIM-Modell nicht erfüllen, sind in dieser Darstellung bereits rot für eine Beseitigung eingefärbt. Das rechte Bild zeigt die Eingliederung in der Abfallhierarchie nach **Tab. 24**. Die grün markierten Fenster im rechten Bild wurden der Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeordnet. Zwei weitere Fenster im Süden wurden aufgrund der Zustandsbewertung rot für die Beseitigung markiert.

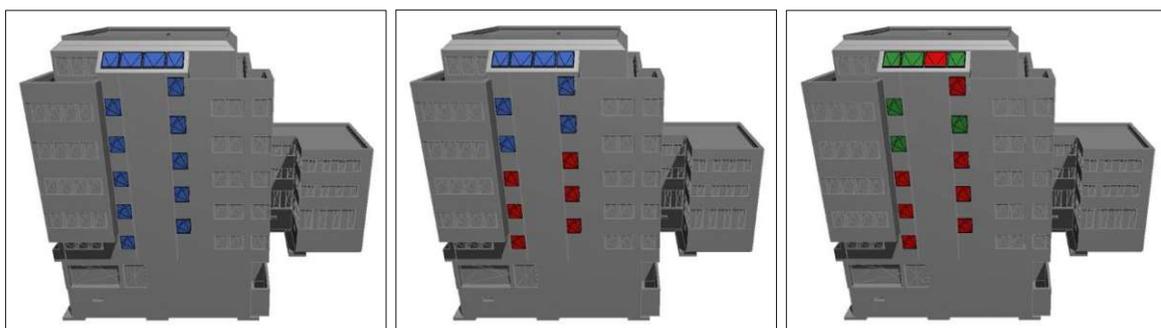


Abb. 27 grafische Überschreibungen in der vertieften Bewertung

## 5 Experteninterviews – Herangehensweise und Ergebnisse

Im Zuge der Arbeit wurden Expertenbefragungen zur zusätzlichen Informationsgewinnung und Vertiefung des Kenntnisstandes durchgeführt. Vor der Durchführung der Interviews wurde ein Leitfaden erstellt, in dem offene Fragen zu gewählten Themen formuliert wurden, um den Vergleich der Daten zu erleichtern und sicher zu stellen, dass auf keine wesentlichen Inhalte vergessen wird. (Mayer, 2013, S. 37ff) Allen InterviewpartnerInnen wurden die gleichen Fragen zu folgenden Themen gestellt:

- BIM in der Rückbauplanung
- Detaillierungsgrad
  - Fügung
  - Zustandsbewertung
- Abfallhierarchie
  - Schlüsselnummern

Für die Interviews wurden vier ExpertInnen, die einzeln befragt wurden, nach folgenden Kriterien gewählt (Mayer, 2013, S. 42):

- Kenntnis über BIM
- Kenntnis über Abfallwirtschaft im Bauwesen
- Kenntnis über Kreislaufwirtschaft im Bauwesen
- Unterschiedliche Unternehmensarten
- Unterschiedliche Hierarchieebenen

Die Experteninterviews wurden in dem Zeitraum von November 2024 bis Dezember 2024 geführt. Die Niederschrift ist im **Kap. 9.3** im Anhang zu finden. In **Tab. 25** sind die Funktion und die Erfahrungsjahre in der Branche der ExpertInnen aufgelistet.

**Tab. 25** ExpertInnen

Funktion	Erfahrungsjahre
Abteilung Innovation and Digitalisation, Zuständigkeit der Kreislaufwirtschaft einer Baufirma	8,5
CEO eines Digitalisierungsberatungsunternehmen	20
Abteilungsleiter der Abteilungen Abfallmanagement und Umwelttechnik einer Baufirma	21
geschäftsführender Gesellschafter eines Ziviltechnikerbüros	30

Die Auswertung der Interviews hatte aufgrund der offen gestellten Fragen und der niedrigen Standardisierung der Instrumente zur Datenerhebung das Gewinnen von Sachinformation und das Herausfiltern von Übereinstimmungen zum Ziel. Als Grundlage dienen die bei den Interviews aufgenommenen und transkribierten Audioaufnahmen. Nicht Teil der Interpretation waren Sprechpausen, Stimmlage und sonstige parasprachliche Elemente. Ausschließlich die Sachinformationen wurden für die Auswertung herangezogen. Es ist zu erwähnen, dass keine eindeutige Interpretation von Aussagen möglich ist und den Interviews konkurrierende Deutun-

gen offen stehen. Für die Auswertung der Interviews wurde ein sechsstufiges pragmatisches Auswertungsverfahren gewählt. Dabei musste nicht jeder Satz für die Auswertung herangezogen werden, sondern nur jene, die zur Beantwortung der Fragen im Leitfaden beitrugen. (Bogner et al., 2014, S. 24, S. 72ff; Kaiser, 2014, S. 3; Mayer, 2013, S. 47ff)

Die Stufen des Auswertungsverfahrens beinhalteten:

- 1. Stufe: Markieren aller Texte, die zur Beantwortung der Fragen beitragen
- 2. Stufe: Zuordnung der markierten Stellen zu den Kategorien im Leitfaden
- 3. Stufe: Filtern von Übereinstimmungen oder Widersprüchen zu einer Kategorie innerhalb eines Interviews
- 4. Stufe: Verfassen des Textes der jeweiligen Interviews zu den entsprechenden Kategorien
- 5. Stufe: Interviewausschnitte einfügen
- 6. Stufe: Vergleichen aller Aussagen einer Kategorie und Formulierung von Ergebnissen

## 5.1 BIM in der Rückbauplanung

BIM kann über geometrische Daten hinaus Informationen und Attribute über Bauteile in einem Gebäude liefern. In der Rückbauplanung soll BIM ein Tool sein, das für schnelle und übersichtliche Auswertungen, die als Entscheidungsgrundlage dienen, herangezogen werden kann. Die ExpertInnen wurden gefragt, wie aktuell das Thema ist, welche Schwierigkeiten und Hindernisse bei der Umsetzung auftreten und welche Vorteile BIM in der Rückbauplanung bringen soll.

Exp. 1 sammelte bereits mit einem Projekt Erfahrungen mit BIM in der Rückbauplanung. Es handelte sich um ein Autowerk in Deutschland. Weitere Projekte, in denen BIM in der Rückbauplanung angewandt wurden, sind jedoch nicht bekannt. BIM von Bestandgebäuden zu erstellen ist sinnvoll, um den Sanierungs- Rückbau- und Neubaufortschritt besser koordinieren zu können. In der Regel ist die Erstellung eines BIM-Modells allein für den Rückbau jedoch zu aufwendig. Vorteile von BIM in der Rückbauplanung wären ein Informationsvorsprung und die Einsparung einer Schad- und Störstofferkundung, vorausgesetzt das BIM-Modell ist gepflegt.

Exp. 1: „[...] in der Regel wird kein BIM extra für den Abbruch gemacht. Wobei viel diskutiert wird, ob und in welchen Bereichen das sinnvoll ist.“ (siehe **Kap. 9.3.1.1** im Anhang)

Exp. 1: „Dann brauche ich eigentlich eine Schad- und Störstofferkundung nicht, weil ich sowieso weiß, was drinnen ist.“ (siehe **Kap. 9.3.1.2** im Anhang)

Exp. 2 hat noch keine persönliche Erfahrung mit BIM in der Rückbauplanung. Gebäude mit BIM zu planen, wurde erst in den letzten 10 Jahren gestartet. Diese Gebäude werden jedoch noch nicht abgerissen. Nur für den Rückbau wird kein BIM-Modell erstellt. Für Umbauten- und Sanierungsprojekte gibt es ca. 0,5% für die ein BIM-Modell aus dem Bestand erstellt wurde. Kenntnis über Materialien und Mengen sind Vorteile von BIM in der Rückbauplanung.

Exp. 2: „[...] wir aber natürlich keine Gebäude abreißen, die in den letzten 10 Jahren gebaut wurden.“ (siehe **Kap. 9.3.1.1** im Anhang)

Exp. 2: „Die üblichen Vorteile. Mehr Sicherheit über Mengen, mehr Klarheit darüber, was drin ist, nur das ist relativ, weil ich kann ja auch bei einem Bestandsgebäude nur raten, was drinsteckt [...]“ (siehe **Kap. 9.3.1.2** im Anhang)

Exp. 3 hat wenig Erfahrung mit BIM in der Rückbauplanung, da es keine BIM-Modelle von rückzubauenden Gebäuden gibt. Es existieren Pilotprojekte, in denen der Bestand digital aufgenommen wird. Einfacher ist es jedoch ein BIM-Modell für ein neues Gebäude zu erstellen. Der Fokus von BIM liegt derzeit in der Planungsphase. Eine Verbesserung von BIM in der Rückbauplanung wären gesammelten Daten in einem BIM-Modell und die Möglichkeit Rückbauszenarien zu simulieren. Dabei kommt jedoch der Detaillierungsgrad eines Modells für den Rückbau zu Diskussion. Aufgrund des Aufwandes könnten lediglich die notwendigsten Informationen für den Rückbau in einem BIM-Modell gesammelt werden.

Exp. 3: „[...] im Rückbau ist es abhängig davon, ob die Gebäude alt sind und es generell kein BIM-Modell von bestehenden Gebäuden gibt [...]“ (siehe **Kap. 9.3.1.1** im Anhang)

Exp. 3: „[...] auch für Simulationen im selektiven Rückbau. Damit man weiß was zuerst rückgebaut wird und was später.“ (siehe **Kap. 9.3.1.2** im Anhang)

Exp. 4 sind einzelne Projekte mit dem Einsatz von BIM in der Rückbauplanung bekannt. Aus monetären Gründen gibt es auch Beispiele, in denen BIM-Modelle aus dem Bestand für Sanierungszwecke erstellt werden. Diese können für den zukünftigen Rückbau als Grundlage herangezogen werden. Außerhalb der Forschung ist der Aufwand ein Bestandsobjekt in BIM überzuführen derzeit praktisch nicht finanzierbar. Ein BIM-Modell in der Rückbauplanung bringt Vorteile, wenn die Verwertung der Materialien im Vordergrund steht. Der aktuell wichtigste Treiber ist die EU-Taxonomie-Verordnung, die vorgibt, dass bei einer Sanierung ein gewisser Anteil an Rückbauabfällen wieder verwertet werden muss.

Exp. 4: „[...] nur dann, wenn es monetär einen Sinn macht. Wenn es um ein Sanierungsprojekt geht [...] für die Zukunft schon als Grundlage [...]“ (siehe **Kap. 9.3.1.1** im Anhang)

Exp. 4: „[...] es für Fälle Sinn macht, wenn man verwertungsorientierten Rückbau wirklich ernst nimmt [...]“ (siehe **Kap. 9.3.1.2** im Anhang)

### 5.1.1 Ergebnisse zu BIM in der Rückbauplanung

Den ExpertInnen sind wenige Projekte bekannt, in denen BIM in der Rückbauplanung bereits angewendet wird. Exp. 3 betont, dass BIM derzeit hauptsächlich in der Planungsphase von Gebäuden angewandt wird. Exp. 2 argumentiert, dass mit BIM geplante Gebäude für einen Rückbau noch nicht alt genug sind und daher Erfahrungswerte fehlen. Exp. 1, Exp. 2 und Exp. 4 sind der Meinung, dass die Motivation BIM-Modelle aus Bestandsgebäuden zu erstellen bei Sanierungszwecken von Gebäuden liegt. Zu einem späteren Zeitpunkt können diese erstellten BIM-Modelle

auch für die Rückbauplanung herangezogen werden. Allein für den Rückbau ist die Erstellung eines BIM-Modells außerhalb der Forschung zu aufwendig und zu teuer, ergänzt Exp. 4.

Die Vorteile von BIM in der Rückbauplanung sind die gesammelten Daten, die Informationen über Materialien und Mengen in einem Gebäude liefern, sagen Exp. 1, Exp. 2 und Exp. 3. Exp. 1 merkt an, dass ein BIM-Modell für eine geeignete Anwendung in der Rückbauplanung gepflegt sein muss. Exp. 3 bedenkt, dass aufgrund des Aufwandes für ein gepflegtes BIM-Modell der Detaillierungsgrad für einen Rückbau gut zu überlegen ist. Exp. 4 sagt die größte Motivation für BIM in der Rückbauplanung ist die EU-Taxonomie-Verordnung. Steht die Verwertung von Materialien an oberster Stelle, dann ist BIM in der Rückbauplanung sinnvoll.

## 5.2 Detaillierungsgrad

Laut ÖNORM A 6241-2 Anhang C, Tab. C.1 sollen in der Rückbauplanung As-built-Modelle herangezogen werden. As-built-Modelle entsprechen einem Level of Detail 500 und sind darzustellen, wie es in der konventionellen Planung bisher ausgeführt wurde. Der Rückbau erfordert ein aktuell gehaltenes, fortgeschriebenes As-built-Modell. Exakt definierte Standards über die Modelldarstellung existieren heute noch nicht. Eine zentrale Rolle in der Modelldarstellung und in der Auswertbarkeit von BIM-Modellen spielt die Fügung und der tatsächliche Zustand von Bauteilen. Die ExpertInnen wurden gefragt, bei welchem Detaillierungsgrad Abfallströme digital abgebildet werden können und welche Vorteile eine Standardisierung von BIM-Modellen und die Fortschreibung von As-built-Modellen mit sich brächten. Weiters wurden Fragen über die Berücksichtigung der Fügung von Bauteilen in BIM-Modellen und die Notwendigkeit von geometrisch abgebildeten Verbindungen gestellt. Außerdem wurde gefragt, welchen Einfluss der Zustand von Bauteilen auf die digitale Abbildung von Abfallströmen hat.

Exp. 1 ist der Meinung, dass eine Standardisierung von As-built-Modellen für die Rückbauplanung eine Erleichterung wäre. Dies würde aber nur mit tatsächlich fortgeschriebenen BIM-Modellen funktionieren. Fortgeschriebene As-built-Modelle würden nicht nur im Rückbau sondern auch schon in der Nutzungsphase Vorteile bringen, wie etwa bei Umbauarbeiten oder Umnutzungen im Bestand. Für die Abbildung von Abfallströmen ist jedenfalls die Kenntnis der Materialmengen erforderlich. Dafür müssen Abmessungen, Material und Dichten bekannt sein.

Exp. 1: „[...] wenn man auch in Richtung Rückbau und Recycling denkt, muss ich auf jeden Fall die Materialebene anschauen.“ (siehe **Kap. 9.3.3.2** im Anhang)

Exp. 1 sagt, dass die Kenntnis über eine schädigungsfreie bzw. nicht schädigungsfreie Ausbaubarkeit von Bauteilen ausreichend ist, um die weitere Verwendung eines rückgebauten Bauteils bestimmen zu können. Die geometrische Abbildung von Verbindungen würde Klarheit über die Art und Lokation von Verbindungen machen. Dies wäre bei einer augenscheinlichen Begutachtung während einer Begehung nicht möglich.

Exp. 1: „Das ist auf jeden Fall eine wesentliche Information, wie die Fügetechnik aussieht, um den Rückbau zu planen.“ (siehe **Kap. 9.3.2.1** im Anhang)

Exp. 1 meint, dass die Informationen aus einem fortgeschriebenen As-built-Modell nicht ausreichen, um eine Zustandsbewertung zu machen. Es werden weiterhin Begehung und Probenahmen notwendig sein.

Exp. 1: „[...] wenn 30 Jahre vergangen sind, weiß ich nicht, wie der Zustand ist [...] wie das gealtert oder beschädigt ist.“ (siehe **Kap. 9.3.5.1** im Anhang)

Exp. 2 hält einen Detaillierungsgrad von Level of Detail 500 in As-built-Modellen für die Rückbauplanung nicht für realisierbar. Gewisse Bestandteile von Bauteilen müssen nicht geometrisch abgebildet werden sondern würden als auswertbare Information in Bauteileigenschaften ausreichen. Um Abfallströme digital abbilden zu können bräuchte es BIM-Modelle mit einem Detaillierungsgrad von Level of Detail 300. Der Detaillierungsgrad von As-built-Modellen ist derzeit Sacher der Vereinbarung. Fortgeschriebene As-built-Modelle sind empfehlenswert, da sonst Änderungen im Zuge der Nutzung nicht ersichtlich wären. Dazu fehlen jedoch Erfahrungswerte.

Exp. 2: „Fortgeschrieben über den Lebenszyklus gibt es dem Ganzen natürlich mehr Schärfe [...]“ (siehe **Kap. 9.3.3.3** im Anhang)

Exp. 2 sagt, dass die Fügung von Bauteilen ein sehr aktuelles Thema aufgrund der Kreislaufwirtschaft ist. Eine einheitliche Lösung für die Darstellung der Fügung sei nicht bekannt. Es gibt die Möglichkeit Informationen über die Fügung und Verbindungsarten an einzelne Bauteilschichten anzufügen. Die geometrische Abbildung von Verbindungen ist nicht erforderlich, da der Aufwand sehr groß und teuer ist. Ein Konzept, das über die Detailtiefe von Fügungen bestimmt, abhängig von der weiteren Verwendung von Bauteilen, wäre eine große Hilfestellung.

Exp. 2: „Über solche Füge-Logiken [...] diskutieren wir jetzt im Moment in diversen Forschungskreisen [...]“ (siehe **Kap. 9.3.2.1** im Anhang)

Exp. 2 ist der Meinung, dass die digitale Zustandsbewertung ein Mittel zum Zweck ist. Verlässliche Aussagen aus einem BIM-Modell über den Zustand sind ohne Begehung und Probenahmen nicht möglich. Erst wenn die Ergebnisse aus Begehung und Probenahmen in das digitale Modell eingefügt wurden, kann eine digitale Bewertung durchgeführt werden.

Exp. 2: „Ich weiß aus einem Modell nicht, ob es (ein Bauteil) kaputt ist oder es klappert oder ob es undicht ist oder nicht.“ (siehe **Kap. 9.3.5.1** im Anhang)

Exp. 3 sagt, dass eine Standardisierung von BIM-Modellen sinnvoll wäre, wenn sie schon in der Planungsphase beginnt. BIM-Modelle mit einem Level of Detail 500 aus Bestandsgebäuden zu erstellen ist nicht realisierbar. Der erforderliche Detaillierungsgrad ist stark von der Verwendung nach dem Rückbau abhängig, da der benötigte Informationsgrad je nach gewähltem Abfallstrom unterschiedlich ist. Der Mehrwert von fortgeschriebenen As-built-Modellen ist groß, weil unter anderem die Kenntnis über Lebenszyklen und Austauschzyklen gegeben ist. Produktionsfirmen könnten durch Informationen aus fortgeschriebenen As-built-Modelle eingebaute Produkte leichter reparieren und in ihren Produktionskreislauf zurückführen.

Exp. 3: „[...] was genau brauche ich fürs Recycling, braucht man vielleicht weniger Information, als wenn man ein Bauteil wiederverwenden möchte [...]“ (siehe **Kap. 9.3.3.1** im Anhang)

Exp. 3 äußert, dass die Fügetechnik eine Eigenschaft ist, die zwischen den Schichten liegt und daher in BIM nicht wirklich abbildbar ist. Die Information über die Verbindungsart soll im Modell vorhanden sein, statt einer geometrischen Abbildung wäre es jedoch sinnvoller die Information an eine bestehende Schicht anzuhängen. Im Folgenden sind verschiedene Lösungsansätze, um die Fügung in ein BIM-Modell einzupflegen, aufgezählt:

- Anhängen der Information über die Fügung auf jede angrenzende Schicht eines Bauteils
- Einfügen einer Ghostschicht zwischen den physisch existierenden Schichten - dieser Lösungsansatz führt zu einem großen Modellierungsaufwand
- Exportieren der Daten und Informationen in einem externen Tool einpflegen und auswerten

Exp. 3: „[...] allgemein ist ja die Fügungstechnik nicht wirklich abbildbar in BIM, weil das eine Eigenschaft ist, die zwischen den Schichten liegt.“ (siehe **Kap. 9.3.2.1** im Anhang)

Exp. 3 sagt, um den Zustand digital bewerten zu können, müssen zuerst eine Begehung und Probenahmen stattfinden. Nachdem die Informationen zum Zustand von Bauteilen aus den Probenahmen in das BIM-Modell eingetragen wurden, kann eine digitale Bewertung erfolgen.

Exp. 3: „[...] wie diese Elemente dann tatsächlich genutzt wurden [...] Man müsste trotzdem eine Begehung machen [...]“ (siehe **Kap. 9.3.5.2** im Anhang)

Exp. 4 betont, dass die Verständigung zwischen beteiligten Akteuren mit einer Standardisierung von BIM-Modellen besser wäre. Für die digitale Abbildung von Abfallströmen ist die Kenntnis folgender Eigenschaften erforderlich:

- Geometrie der Bauteile
- Materialien der Bauteile
- Abfallschlüsselnummern
- Materiallenkungsinformation (Reuse, Recycling, etc. )

Bei der Festlegung des Detaillierungsgrades ist zu beachten, dass im Zuge einer Rückbauplanung Teile von Bauteilen als Schadstoff identifiziert werden können. Ist der Detaillierungsgrad im BIM-Modell nicht genau genug um dies einzupflegen, können prozentuellen Anteile mit unterschiedlichen Routungen für eine Auswertung berücksichtigt werden. Einen Mehrwert von fortgeschriebenen BIM-Modellen gibt es, wenn am Gebäude Änderungen vorgenommen werden oder das Gebäude immobilienwirtschaftlich verwertet werden soll. Ein As-built-Modell fortzuschreiben verursacht jedoch einen hohen Aufwand und damit verbundene Kosten. Weiters ist die Art der Schnittstellen der BIM-Modelle zu klären.

Exp. 4: „[...] in der BIM Modellierung ein Bauteil [...] aber Teile [...] die kontaminiert sind und Teile die nicht kontaminiert sind.“ (siehe **Kap. 9.3.3.2** im Anhang)

Exp. 4 sagt, die Art der Fügung sollte als Information in einem BIM-Modell zur Verfügung stehen, eine geometrische Abbildung von Verbindungen ist dafür nicht notwendig. Es darf nicht darauf vergessen werden die Information über die Fügung an alle verbundenen Bauteile und Schichten anzufügen. Die Information über die Fügung kann von Bauherren genutzt werden, um Potentiale erheben und abschätzen zu können und Vorgaben für den Rückbau festzulegen. Für Rückbaufirmen ist diese Information derzeit nicht relevant, da mit Erfahrungswerten und Entscheidungen vor Ort gearbeitet wird. Um die tatsächliche Trennbarkeit zu bestimmen muss neben der Kenntnis der Fügung auch der Zustand der Bauteile bekannt sein.

Exp. 4: „[...] die Information Bauteil und Fügetechnik ist bei weitem noch nicht ausreichend um in der Realität eine sichere Aussage darüber zu machen, wie das trennbar ist.“ (siehe **Kap. 9.3.2.2** im Anhang)

Exp. 4 sagt, dass Begehungen und Probenahmen nicht ersetzt werden können, da ein Ortausgangsschein zu den gesetzlichen Anforderungen von Schad- und Störstofferkundungen gehört. Für die Zustandsbewertung von Bauteilen müssen Eigenschaften wie das Wärmedämmmaß oder der Brandschutz berücksichtigt werden, da für einen Wiedereinbau von Bauteilen der aktuelle Stand der Technik erforderlich ist. Um diese Auflagen für wiederverwendete Bauteile zu mindern könnten in den OIB-Richtlinien Ausnahmen festgelegt werden.

Exp. 4: „Sobald es (ein Bauteil) nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entspricht, kann ich das Abfallende in Österreich gar nicht erreichen.“ (siehe **Kap. 9.3.5.1** im Anhang)

### **5.2.1 Ergebnisse zu Detaillierungsgrad, Fügung und Zustandsbewertung**

Exp. 1 erachtet die Kenntnis über Materialmengen als ausreichend, um Abfallströme abbilden zu können. Sowohl Exp. 2 als auch Exp. 3 sind der Ansicht, dass As-built-Modelle mit einem Detaillierungsgrad auf Level of Detail 500 nicht realisierbar sind. Exp. 2 sagt ein Level of Detail 300 ist ausreichend. Exp. 3 erwähnt, dass der erforderliche Detaillierungsgrad von dem gewählten Abfallstrom abhängig ist. Exp. 4 merkt an, dass die Einpflegung von identifizierten Schadstoffen bei der Wahl des Detaillierungsgrades mitzuberücksichtigen ist.

Exp. 1, Exp. 3 und Exp. 4 sehen Vorteile in einer Standardisierung von BIM-Modellen. Exp. 1 meint, sinnvoll wäre nur, wenn As-built-Modelle fortgeschrieben werden. Exp. 3 hält eine Standardisierung von BIM-Modellen für sinnvoll, wenn sie bereits in der Planungsphase beginnt. Exp. 4 sieht den Vorteil bei der besseren Verständigungsmöglichkeit von beteiligten Akteuren.

Alle ExpertInnen sind der Meinung, dass die Fortschreibung von As-built-Modellen Vorteile bringt. Die Fortschreibung kann bereits in der Nutzungsphase von Gebäuden gebraucht werden, sagt Exp. 1. Exp. 2 und Exp. 4 erwähnen, dass ohne Fortschreibung Änderungen, die in der Nutzungsphase gemacht werden, nicht eingepflegt werden. Für die Fortschreibung von As-built-Modellen fehlen jedoch Erfahrungswerte. Exp. 3 sieht den Vorteil in der Nachvollziehbarkeit von Lebenszyklen und Austauschzyklen von Bauteilen. Für Produktionsfirmen, die ihre Produkte in einem Kreislauf halten möchten, sind fortgeschriebene As-built-Modelle eine Hilfestellung. Exp.

4 äußert, dass die Fortschreibung von As-built-Modelle Vorteile für eine immobilienwirtschaftliche Verwertung haben kann.

Alle ExpertInnen sind der Ansicht, dass für eine Rückbauplanung die Kenntnis der Fügung und Verbindungsart von Bauteilen erforderlich ist. Exp. 1 sagt, der Vorteil von geometrisch abgebildeten Verbindungen ist die Kenntnis der genauen Lage. Exp. 2 betont, dass die Implementierung der Fügung in BIM-Modelle ein sehr aktuelles Thema ist. Die erforderliche Detailtiefe der Fügung hängt von der weiteren Verwendung des rückzubauenden Bauteils ab. Exp. 2, Exp. 3 und Exp. 4 sind der Meinung, dass die Fügung und die Verbindungsart also Information an Bauteile angehängt ausreichend ist. Exp. 2 und Exp. 3 erwähnen, dass die Information an allen angrenzenden Bauteilen bzw. Schichten anzufügen ist. Exp. 4 betont, dass für die tatsächliche Trennbarkeit im Zuge eines Rückbaus der Zustand der zu trennenden Bauteile und Schichten bekannt sein muss.

Die Einstellung aller ExpertInnen ist, dass eine Zustandsbewertung vor Ort für die Rückbauplanung nicht umgangen werden kann. Die Informationen rein aus einem fortgeschriebene As-built-Modell reichen nicht aus, um einen realistischen Abfallstrom abbilden zu können. Exp. 4 betont, dass eine Begehung zu einer Schad- und Störstofferkundung gesetzlich gefordert ist.

### 5.3 Abfallhierarchie und Schlüsselnummern

Laut § 1 Abs 1 und 2 AWG 2002 ist im Sinne der Ressourcenschonung der Abfall nach Abfallhierarchie zu behandeln. Der Abfall muss laut § 1 Abs 2 Abfallverzeichnisverordnung 2020 im Zuge eines Rückbaus in Abfallarten kategorisiert werden. Dies geschieht durch Zuordnung von Schlüsselnummern. Die ExpertInnen wurden gefragt, ob eine Einteilung nach Abfallhierarchie für die digitale Abbildung des Abfallstroms ausreicht. Weiters wurde gefragt, welche Vorteile die Implementierung von Schlüsselnummern in das BIM-Modell bringt, wie eine Änderung der Schlüsselnummer eingepflegt werden kann und ob die aktuellen Schlüsselnummern nach Abfallverzeichnisverordnung für die Wiederverwendung von Bauteilen geeignet sind.

Exp. 1 sagt für den Abfallstrom ist die Kenntnis über die Behandlungsart notwendig. Für Anlagen im Recycling oder der Deponie gibt es Auflagen bezüglich Schadstoffgrenzwerten. Um diese Grenzwerte für rückgebaute Bauteile bestimmen zu können und diese Bauteile damit in die Abfallhierarchie zu gliedern, sind zusätzlich Informationen über den Zustand erforderlich. Bei einem existierenden BIM-Modell kann viel Vorarbeit für eine Schad- und Störstofferkundung eingespart werden, da viele Eigenschaften von eingebauten Materialien und Bauteilen bereits digital erfasst sind.

Exp. 1: „[...] Abfallhierarchie, die schaut sich ja gar nicht so die Beschreibung des Abfalls an, sondern eher die Behandlung [...]“ (siehe **Kap. 9.3.6.2** im Anhang)

Exp. 1 argumentiert, dass mit der Implementierung von Schlüsselnummern in ein BIM-Modell die weitere Verwertung von Bauteilen besser kalkulierbar ist. Ändert sich eine Schlüsselnummer aufgrund eines identifizierten Schadstoffes kann die Änderung im BIM-Modell abhängig von den Grenzwerten für Schadstoffe für die gesamte Materialart vorgenommen werden, oder muss im Einzelnen geprüft und angepasst werden. Eine Verfolgung der Schlüsselnummernänderung ist nicht erforderlich, da die aktuell geltende Verordnung und die aktuellen Zuordnungen entschei-

dend sind. Im Sinne der Wiederverwendung ist die Zuordnung von Schlüsselnummern im selektiven Rückbau nicht ausreichend. Für die Wiederverwendung kommen andere Kriterien zum Tragen, wie etwa eine Einheitenangabe nach Quadratmeter statt nach Gewicht. Schlüsselnummern für Bauteile gibt es derzeit nicht.

Exp. 1: „In der Abfallwelt denken wir nicht in Quadratmeter, da gibt es nur Tonnen [...] das gilt es wahrscheinlich auch aufzulösen, weil das BIM-Modell nicht von der Abfallwirtschaft gemacht wird.“ (siehe **Kap. 9.3.4.3** im Anhang)

Exp. 2 ist der Meinung, dass ein Abfallstrom ausreichend digital abgebildet werden kann, wenn die Einteilung nach Abfallhierarchie erfolgt. Eine weitere Unterteilung nach Kategorien wie Downcycling wäre möglich, jedoch nicht erforderlich.

Exp. 2: „Digital, also aus der BIM Sicht hätten wir nicht mehr als das (Einteilung nach Abfallhierarchie).“ (siehe **Kap. 9.3.6.1** im Anhang)

Exp. 2 äußert, dass die Vorteile von eingepflegten Schlüsselnummern in einem BIM-Modell nicht nur für einen Rückbau sondern auch für eine Ökobilanzierungen und für Lifestyle Assessments groß sind. In diesen Bereichen Auswertungen schnell erstellen zu können erhöht die Motivation Materialkennzeichnungen so früh wie möglich einzupflegen. Wird eine Schlüsselnummer in eine andere Schlüsselnummer umgewandelt ist die Implementierung im BIM-Modell nicht aufwendig, da die Materialien und Mengen in Bauteilen bereits bekannt sind. Bei 1:n-Mapping oder n:1-Mapping einer Schlüsselnummer ist die Implementierung wesentlich komplizierter. Die Änderungen von Schlüsselnummern ist jedoch im Vergleich zu Themen wie Grunddatenformat oder Informationsmenge unwichtig. Eine sinnvolle Kategorisierung im Sinne eines Rückbaus wären neben den Schlüsselnummern eine Einteilung in Rohbaukomponenten, wesentliche Ausbaukomponenten und Einbaukomponenten.

Exp. 2: „Es ist vom BIM Sinne her kein besonders großer Mehraufwand, diese Klassifikationsnummerierung [...] mitzunehmen in die Baustoffe [...] dann bringt es sehr viel, weil dann hast du sehr schnell eine Liste mit Zutaten [...]“ (siehe **Kap. 9.3.4.1** im Anhang)

Exp. 3 merkt an, dass die erste Stufe der Abfallhierarchie die Abfallvermeidung ist. Im Falle eines Rückbaues wurde diese Stufe bereits ausgeschlossen. Eine Einteilung nach Abfallhierarchie ist sinnvoll. Die Gliederung des Abfallstromes kann mit BIM ohne Besichtigung des Rückbaugeschäftes aber nicht vollständig ausgeführt werden. Ein BIM-Modell trägt jedoch dazu bei, diese benötigten Besichtigungen schneller durchführen zu können.

Exp. 3: „Eine gute Dokumentation würde eben dazu beitragen, dass man [...] den Zustand ein bisschen besser schon im Vorhinein kennt. [...] Eine Besichtigung wird so oder so notwendig sein [...]“ (siehe **Kap. 9.3.6.2** im Anhang)

Exp. 3 betont, dass Schlüsselnummern für Verortungen, Schad- und Störstofferkundungen, Sortierungen und Definieren von Materialarten gebraucht werden. Sind in einem BIM-Modell zugeordnete Schlüsselnummern vorhanden, kann eine Änderung der Schlüsselnummern manu-

ell oder mit einer Verknüpfung automatisch erfolgen. Der Aufwand dafür ist nicht sehr hoch. Schlüsselnummern sind für das Recycling auf Materialebene geeignet, nicht jedoch für die Wiederverwendung von Elementen.

Exp. 3: „[...] wenn man dann die Begehung macht, weiß man, wo sich welche Materialien befinden. Das braucht man ja für jede Schad- und Störstofferkundung [...]“ (siehe **Kap. 9.3.4.1** im Anhang)

Exp. 4 sagt, dass für die Einteilung nach Abfallhierarchie Abfälle definiert werden müssen und diesen rechtlich Schlüsselnummern zugeordnet sein müssen. Die Information über den tatsächlichen Zustand von Bauteilen ist die Basis für eine Zuweisung von Schlüsselnummern und im weiteren Schritt die Zuweisung von Verwertungspfaden. Begehungen und Probenahmen, um die tatsächliche Qualität der Materialien zu eruieren, können daher nicht umgangen werden.

Exp. 4: „[...] jedenfalls wichtig durch eine Begehung [...] die Qualität der Materialität festzustellen und auf der Basis dann eine Zuweisung zu machen zu Schlüsselnummern, oder zu Verwertungspfaden.“ (siehe **Kap. 9.3.6.2** im Anhang)

Exp. 4 argumentiert, dass eine Zuweisung von Schlüsselnummern notwendig ist, da im Rückbau durch die Entledigungsabsicht alles im Rückbaugebäude abfallrechtlich als Abfall anzusehen ist. Materialien und Bauteile werden erst zu Abfall, wenn sie aus dem Gebäude gelöst werden. Erfolgt die Zuweisung von Schlüsselnummern in BIM vor dem Rückbau, muss eine Annahme der Trennungsart von Bauteilen getroffen werden. Für Verbundprodukte stellt die korrekte Zuweisung von Schlüsselnummern ein Problem dar. Ähnliche Schwierigkeiten gibt es bei der Zuweisung von Schlüsselnummern bei Bauteilen mit einem Anteil an gefährlichem Abfall. Kontaminierte Bauteile dürfen auf der Baustelle nicht weiter getrennt werden aber zugleich gibt es auf Deponien Beschränkungen für Schadstoffanteile. Schlüsselnummern in BIM-Modellen zuzuteilen ist sinnvoll, wenn der Rückbau bereits geplant ist. Ohne Kenntnis der Rückbauart hat die Zuweisung von Schlüsselnummern rein aufgrund der Materialität in BIM keinen Mehrwert. Im Falle einer Wiederverwendung eines Bauteils ist damit rechtlich das Abfallende erreicht. Die Zuweisung einer Schlüsselnummer würde in diesem Fall nur sehr kurz gelten. Ein in der Entwurfsphase entworfenes Rückbaukonzept ist wertlos, wenn die spätere Ausführung anders erfolgt. Die Zuteilung von Schlüsselnummern muss der Gesamtheit eines Bauteiles am besten entsprechen, bzw. aus Verwertungssicht dem höchsten Potential entsprechen. Ändert sich eine Schlüsselnummer muss dies manuell im BIM-Modell angepasst werden, da eine generalisierte Methodik nicht präzise genug angewandt werden kann.

Exp. 4: „[...] die Schlüsselnummer ist entscheidend, was ich damit tun kann.“ (siehe **Kap. 9.3.4.1** im Anhang)

Exp. 4: „[...] Abfall erst beim Lösen aus dem Objekt entsteht.“ (siehe **Kap. 9.3.4.1** im Anhang)

Exp. 4: „[...] dass beim Bauen des BIM-Modells [...] der Rückbau bereits mitbedacht sein muss.“ (siehe **Kap. 9.3.4.1** im Anhang)

### 5.3.1 Ergebnisse zu Abfallhierarchie und Schlüsselnummern

Die ExpertInnen erachten eine Einteilung nach Abfallhierarchie als ausreichend für die Abbildung des Abfallstroms. Exp. 1 erwähnt, dass dazu die Kenntnis über die Behandlungsart vorhanden sein muss. Exp. 3 und Exp. 4 betonen, dass eine Zustandsbewertung vor Ort erforderlich ist. Exp. 4 sagt weiters, dass für die Gliederung nach Abfallhierarchie eine Zuteilung von Schlüsselnummern notwendig ist.

Exp. 1, Exp. 2 und Exp. 3 sehen Vorteile bei der Implementierung von Schlüsselnummern in ein BIM-Modell. Exp. 1 sagt, dass dadurch die Verwertung von Bauteilen besser kalkulierbar ist. Exp. 2 erwähnt, dass Schlüsselnummern nicht nur für den Rückbau Vorteile bringen, sondern auch für Ökobilanzierungen und Lifestyle Assessments. Exp. 3 zählt die Verortung, Schad- und Störstofferkundung, Sortierung und Einteilung nach Materialarten als Vorteile auf. Exp. 4 merkt an, dass rechtlich eine Zuteilung von Schlüsselnummern gemacht werden muss, da im Rückbau eine Entledigungsabsicht besteht. Ungewissheit bei einer Zuweisung von Schlüsselnummern vor der Rückbauphase kann entstehen, da die Verwertungsart und Lösbarkeit zu diesem Zeitpunkt unbekannt sein wird. Weitere Herausforderungen bei der Zuweisung von Schlüsselnummern gibt es bei Verbundprodukten und Produkten mit einem Anteil an gefährlichem Abfall.

Müssen Schlüsselnummern geändert werden, geben Exp. 1, Exp. 2 und Exp. 4 zu bedenken, dass die Änderung auf das gesamte Material gleichermaßen geschehen kann, oder Bauteile im Einzelnen betrachtet werden müssen. Die ExpertInnen halten den Aufwand für die Änderung von Schlüsselnummern nicht für groß.

Für Exp. 1, Exp. 2 und Exp. 3 sind Schlüsselnummern für die Bewertung einer Wiederverwendung von Bauteilen nicht ausreichend. Exp. 4 zeigt auf, dass im Falle einer Wiederverwendung eines Bauteils das Abfallende damit rechtlich erreicht ist. Die Zuweisung einer Schlüsselnummer würde in diesem Fall nur sehr kurz gelten. Allgemein sollte die Zuteilung von Schlüsselnummern der Gesamtheit eines Bauteiles bzw. aus Verwertungssicht dem höchsten Potential entsprechen.

## 5.4 Zusammenfassung der Experteninterviews

BIM in der Rückbauplanung bringt Vorteile, ist jedoch noch nicht weit verbreitet. Aktuell werden die Themen Detaillierungsgrad, fortgeschriebene BIM-Modelle und Fügung in der Branche diskutiert. Ein Rückbaukonzept entsteht idealerweise bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes. Dieses Konzept müsste jedoch wie ein BIM-Modell selbst über den Lebenszyklus aktuell gehalten werden. Der benötigte Detaillierungsgrad der Modelldarstellung ist vom Rückbaukonzept abhängig.

Die Einteilung nach Abfallhierarchie ist für eine digitale Abbildung von Abfallströmen geeignet. Die Implementierung von Schlüsselnummern in BIM-Modelle bringt Vorteile für die Rückbauplanung, ist jedoch für die Planung einer Bauteilwiederverwendung nicht ausreichend.

BIM-Modelle sind in der Rückbauplanung ein Mittel zum Zweck, die neben Begehungen und Probenahmen vor Ort und sonstigen Maßnahmen eine Hilfestellung bei Entscheidungen im Rückbau von Gebäuden darstellen sollen.

## 6 Diskussion und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde nach einer Literaturrecherche ein Workflow entwickelt, der zukünftige Abfallströme von Gebäuden ermittelt. Anhand eines Fallbeispiels wurde die Durchführung dieses Workflows demonstriert. Für einen vertieften Erkenntnisgewinn wurden Experteninterviews geführt und ausgewertet.

Zunächst wird auf die Erkenntnisse im Zuge der Literaturrecherche und die Entwicklung des Workflows eingegangen, bevor die Kernaussagen der Experteninterviews diskutiert werden. Es wird dabei auf die zu Beginn formulierten Forschungsfragen aus **Kap. 1.2** eingegangen. Zuletzt wird ein Ausblick mit möglichen Anknüpfungspunkten gegeben.

### 6.1 Diskussion der Ergebnisse aus der Literaturrecherche

Zu den bereits entwickelten Methoden zählen Verfahren, die sich auf die Bestandsaufnahme und Erstellung eines digitalen Zwillings von Gebäuden konzentrieren. Es zeigt sich, dass dies für die Ermittlung zukünftiger Abfallströme wichtig ist, da sie die Basis für digitale Auswertungen bilden und es von heutigen Rückbaugebäuden keine digitalen Modelle gibt. Im Zuge der Digitalisierung von Bestandsgebäuden kann die Kenntnis der Bauperiode eines Gebäudes Aufschluss über häufig eingebaute Schadstoffe in der Bauperiode geben. Methoden mit Hochrechnungen von Materialien eines Gebäudes können als nicht präzise genug angesehen werden, da die zu verwendenden Faktoren aus der Literatur verzerrte Ergebnisse liefern. In den Workflow eingearbeitet wurde die Unterscheidung der Betrachtung auf Baumaterialebene und auf Bauteilebene, sowie die Information der Fügung von Bauteilen, da sich diese Angaben für eine Einteilung in den Abfallstrom als entscheidend erweisen. Methoden, die sich auf die Abfallermittlung im Sinne einer Abfallbeseitigung konzentrieren, können für die Rückbauplanung mit Fokus auf Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft als weniger dienlich angesehen werden.

Es kann festgehalten werden, dass Maßnahmen zur Ressourcenschonung und der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen gesetzlich verankert sind. Die Abfallverzeichnisverordnung definiert Schlüsselnummern mit denen gefährliche Abfälle bezeichnet und ausgefiltert werden können. Schlüsselnummern sind jedoch für einen Abfallstrom im Sinne der Kreislaufwirtschaft nicht geeignet. Dies bestätigt die Auflistung im Bundes-Abfallwirtschaftsplan von Abfällen und deren Abfallströmen, teils mit zugeordneten Schlüsselnummern, aus dem Jahr 2020. Hier kann beobachtet werden, dass Baumaterialien nach Schlüsselnummern höchstens in die Abfallhierarchiestufe des Recyclings eingestuft werden (Bundesministerium für Klimaschutz, 2023a, S. 114ff). Es zeigt sich, dass Wiederverwendung erst bei Bauteilen und nicht bei Baumaterialien an Bedeutung gewinnt, weshalb im entwickelten Workflow die vertiefte Bewertung eingeführt wurde. Die Recycling-Baustoffverordnung und die ÖNORM B 3151 regeln die Schad- und Störstofferkundung. Im Zuge der Entwicklung des Workflows wurde ersichtlich, dass die Auswertungen aus der Schad- und Störstofferkundung mit einem richtig aufbereiteten BIM-Modell digital erfolgen können.

Es stellt sich heraus, dass vorhandene Normen zu BIM für die Ermittlung von Abfallströmen nicht ausreichend sind. Fehlende standardisierte Regelungen führen zu Kommunikationsschwierigkeiten zwischen den beteiligten Parteien. Gleichwohl liegt die Herausforderung einer Standardisierung bei der Definition einer Detailtiefe von BIM-Modellen. Die Detailtiefe sollte so

groß wie nötig sein, bei einem Aufwand und den dabei entstehenden Kosten der so gering wie möglich ist. Um den größten Gewinn aus BIM-Modellen für die Rückbauplanung zu ziehen, müssen alle Daten und Bewertungskriterien bekannt und aktuell sein. So können zukünftige Abfallströme schnell und einfach ermittelt werden und dadurch von Abfallempfängern, wie Aufbereitungsanlagen, Recyclinganlagen oder Deponien, Einsatzplanungen für Baumaterialien und Bauteile nach dem Rückbau gemacht werden.

## 6.2 Diskussion der Ergebnisse des entwickelten Workflows

Zur Forschungsfrage 1 konnten durch die in der Norm vorgeschriebenen Auswertungen bereits einige Parameter in der Aufbereitung berücksichtigt werden. In der vertieften Bewertung wurde ersichtlich, dass für die Überprüfung des Standes der Technik von wiederzuverwendenden Bauteilen weitere Parameter in der Aufbereitung ergänzt werden müssen. Es wurde deutlich, dass die laut Abfallverzeichnisverordnung verpflichtende Vergabe von Schlüsselnummern bei Abfall für die Einteilung in die Abfallhierarchie nicht ausreichend ist, da Schlüsselnummern für Baumaterialien existieren, jedoch nicht für Bauteile. Um Aufschluss über die Demontierbarkeit von Bauteilen zu geben, wurde der Parameter Fügung eingeführt. Das erstellte Benotungssystem des Zustandes ermöglicht eine einfache Bewertung je nach vergebener Note. Die Kenntnis über die Fügung und den Zustand von Bauteilen ist ein wichtiger Faktor bei der Einteilung in die Abfallhierarchie. Bei der Bearbeitung des Fallbeispiels konnte festgestellt werden, dass die Aufbereitung umso leichter ist, je mehr Informationen bereits im BIM-Modell vorhanden sind.

Die Datenstrukturierung konnte übersichtlich gestaltet werden, indem im Eigenschafts-Manager zusammengehörende Parameter in einer Gruppe zusammengefasst wurden. Dies ermöglicht zudem einen guten Überblick über alle zu definierenden Bewertungskriterien in der vertieften Bewertung.

Für die Forschungsfrage 2 hat sich bei der Digitalisierung der vorgegebenen Auswertungen nach Norm herausgestellt, dass die meisten Auswertungen schnell und einfach erstellt werden können. Die Filterung nach Kriterien wie Komponenten-Typ, tragende Funktion und Element-Typ, ermöglicht Auswertungen wie die für Materialien tragender Bauteile. Probleme traten jedoch bei der Ausgabe von Bauformen auf. Rückschlüsse über die Bauform oder die Dachform müssen aus der augenscheinlichen Betrachtung eines BIM-Modells gezogen werden. Weiters ist die getrennt Angabe von Verbundbaustoffbestandteilen unvorteilhaft, da in dieser Weise in den Auswertungen nicht gezeigt werden kann, dass es sich um Verbundbaustoffe handelt. Zugleich müssen jedoch Massenermittlungen zu den einzelnen Baumaterialien möglich sein, da beispielsweise die Bewehrung vom Stahlbetons im Zuge des Rückbaus getrennt wird. Für das Stützen-Tool in ArchiCAD konnte festgestellt werden, dass für mehrere Verbundbaustoffe nicht genug Definitionsmöglichkeiten vorhanden sind.

Im Rahmen der Betrachtung der unterschiedlichen Massenangaben von herkömmlicher Massenschätzung aus Plänen mit Hochrechnungen und aus einem digitalisierten Bestandsgebäude zeigt sich, dass die Differenz der Angaben vernachlässigbar klein ist. Somit kann die rein digitale Massenermittlung aus BIM-Modellen als ausreichend angesehen werden. In gleicher Weise kann die Identifizierung von Schadstoffen in aufbereiteten BIM-Modellen rein digital erfolgen.

Es ist zu beachten, dass die Form der detaillierten Auswertungen nach Norm, wie sie im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde, auch in anderer Struktur ausgegeben werden kann. Gegliedert werden können die Auswertungen beispielsweise nach Element-Typ oder Stockwerk. Solche

Änderungen können je nach Bedarf flexibel gestaltet werden, was einen großen Vorteil gegenüber dem Formular aus der Norm bringt. Sind Vorlagen der Auswertungen einmal erstellt, können diese durch Exportieren einer Datei und Importieren in andere Projekte übernommen werden. Gleichermaßen kann die Strukturierung des Eigenschaften-Managers übertragen werden.

Bei der Bearbeitung der Forschungsfrage 3 konnte in der vertieften Bewertung lediglich ein kleines Beispiel demonstriert werden, da für eine Bewertung des gesamten Gebäudes für jede Bauteilart Bewertungskriterien aufgestellt werden müssten. Es zeigte sich, dass sich Bewertungskriterien je nach Stand der Technik ändern können. Daher müsste eine allgemeine Vorlage für Bewertungskriterien von Bauteilen jedenfalls für jedes Projekt individuell überprüft und angepasst werden. Weiters wäre für eine ausreichende Bewertung die Kenntnis von Auflagen für Aufbereitungsanlagen, Recyclinganlagen, Deponien, etc. nötig. So kann Schritt für Schritt die Eingliederung in die Abfallhierarchie für alle Bauteile präzisiert werden. Es ist jedoch anfangs immer von der höchstmöglichen Verwertungsstufe auszugehen, um der Kreislaufwirtschaft und der Ressourcenschonung mehr an Bedeutung zu schenken.

Zur Forschungsfrage 4 konnten Stoffflussdiagramme über die Eingliederung in die Abfallhierarchie für eine übersichtliche Form der Darstellung erstellt werden. Ebenso konnte gezeigt werden, dass die Rückbauplanung mit BIM-Modellen durch die Möglichkeit von grafischen Überschreibungen sehr hilfreich ist.

Zusammenfassend kann der Workflow und die sich daraus ergebenden Auswertungen als Methode angesehen werden, mit der Aufschluss über zukünftige Abfallströme von Gebäuden erlangt werden kann. Die Auswertungen nach Norm begünstigen die Identifizierung von Schadstoffen und erlauben darauf aufbauend die vertiefte Bewertung, mit der alle schadstofffreien Baumaterialien und Bauteile im Sinne der Ressourcenschonung bewertet und in die Abfallhierarchie gegliedert werden können.

### 6.3 Diskussion der Ergebnisse aus den Experteninterviews

Bei der Auswertung der Experteninterviews wurde deutlich, dass die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ein aktuell sehr diskutiertes Thema ist. Es zeigt sich jedoch, dass noch einige Herausforderungen gemeistert werden müssen, um einen verwertungsorientierten Rückbau optimal planen zu können. BIM in der Rückbauplanung anzuwenden, erweist sich als noch nicht etabliert, da für die derzeitigen rückzubauenden Gebäude keine BIM-Modelle existieren. Der Erstellung eines Modells rein für die Rückbauplanung steht ein großer Aufwand und hohe Kosten gegenüber.

Es wurde zum Ausdruck gebracht, dass ein Rückbaukonzept bereits in der Planungsphase erstellt werden sollte. Der Detaillierungsgrad von BIM-Modellen für eine Rückbauplanung konnte jedoch nicht als ausreichend definiert angesehen werden. In Abhängigkeit der Verwertungsart ist die Detailtiefe zu wählen. Die Verwertungsart kann dagegen ohne fortgeschriebenes BIM-Modell und geprüften Zustand im Zuge einer Begehung nicht bestimmt werden. Weiters tritt das Problem auf, dass der neue Einbauort von wiederzuverwendenden Bauteilen bei der Planung des Ersteinbaues noch nicht bekannt ist. Aufgrund all dieser unbekanntenen Faktoren kann festgestellt werden, dass ein in der Planungsphase erstelltes Rückbaukonzept keine ausreichenden Informationen für die Verwertungsart nach dem Rückbau liefern kann.

Durch die Interviews konnte bestätigt werden, dass für die Ermittlung zukünftiger Abfallströme eine Einteilung in die Abfallhierarchie ausreichend ist. Die Implementierung der ver-

pflichtenden Zuteilung von Schlüsselnummern in BIM-Modelle bringt eine verbesserte Kalkulierbarkeit der Verwertung. Über den Rückbau hinaus können durch Schlüsselnummern Rückschlüsse auf die Ökobilanzierung und Lifestyle Assessments gezogen werden. Allerdings kann allein durch Schlüsselnummern kein Aufschluss über Abfallströme gegeben werden.

## 6.4 Ausblick

Im Rahmen eines Rückbaues entsteht Abfall aufgrund der Entledigungsabsicht des Besitzers. Dieser Abfall bekommt je nach Verwertungsart bei der Übergabe an Aufbereitungsanlagen, Recyclinganlagen, Deponien oder Lager einen neuen Besitzer. Kann Abfall wiederverwendet werden wird damit das Abfallende erreicht. Aus rechtlicher Sicht könnte untersucht werden, wie die Verantwortung von wiederverwendeten oder recycelten Bauteilen während einer Zwischenlagerung und im Wiedereinbau zu regeln ist. Es könnte erforscht werden, ob Produktionsfirmen einen Vorteil darin sehen, ihre eigenen Produkte nach dem Rückbau wieder in ihren Produktionskreislauf aufzunehmen und Garantien von sekundären Produkten übernehmen. Weiters stellt sich die Frage, ob der Besitzwechsel beim Einbau eines Produkts im Sinne der Kreislaufwirtschaft erforderlich erscheint, wenn das Produkt nach Ausbau wieder zum Produzenten zurückkehrt. In diesem Fall wäre zu klären, wer im Zeitraum, in dem das Produkt verbaut ist, die Verantwortung über Wartung und sonstigen notwendigen Maßnahmen übernimmt.

Die Kosten sind ausschlaggebend für die Ankurbelung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Zusätzlich zu der Ermittlung zukünftiger Abfallströme wäre daher die Kenntnis der Kosten der ermittelten Abfallströme erforderlich. So kann ersichtlich werden, ob sich die Einteilung in die Abfallhierarchie rentiert und darauf aufbauend gegebenenfalls Anpassungen getätigt werden sollten. Einfließen sollten dabei Kosten für den Rückbau, Transporte, Lagerung, Wiederverkauf und Gebühren von Aufbereitungsanlagen, Recyclinganlagen und Deponien. Untersucht werden kann im Zuge dessen, ob die derzeitigen Kosten und Gebühren geeignet sind, um die Kreislaufwirtschaft zu fördern.

Der zeitliche Aspekt ist gleichermaßen wie die Kosten wichtig für die Motivation zur Kreislaufwirtschaft. Es wäre zu eruieren, wie sich die Lebensdauer von Bauprodukten verhält, wenn ein Gebäude rückgebaut oder abgebrochen wird. Weiters kann untersucht werden, wie eine Digitalisierung der Terminplanung im Rückbau die Koordination von Rückbau- und Transportfirmen verbessert. Zusätzlich kann nachgeforscht werden, wann welche Abfallströme vor der Rückbauphase entstehen mit Hinblick auf Errichtung, Sanierung und Umbauten von Gebäuden, sowie Austauschzyklen von Bauteilen.

Eine ausführliche Recherche über digitale Bestandsaufnahmen, wie Laserscanner, und Zustandsprüfungen, wie Befliegungen mit Drohnen, kann aufbauend auf diese Arbeit ausgeführt werden. Darüber hinaus kann Kenntnis über die Anwendung von künstlicher Intelligenz bei Bestandsaufnahmen und Prüfungen gewonnen werden. Es kann erforscht werden, wie die Digitalisierung von Bestandsgebäuden vereinfacht werden kann, um auch von heutigen Rückbaugebäuden mit geringen Kosten und Aufwand ein BIM-Modell zu erstellen, das für die Rückbauplanung angewendet werden kann.

Zu berücksichtigen ist die große Datenmenge, die bei gut aufbereiten und fortgeschriebenen BIM-Modellen entsteht. Es kann der Frage nachgegangen werden, wie mit einer großen Datenmenge umgegangen werden muss, damit so viel Information wie möglich in BIM-Modellen über den Lebenszyklus von Gebäuden erhalten werden kann. Dies würde die Planung von Sanierun-

gen, Umbauten und Rückbauten wesentlich erleichtern. Dabei ist zu beachten, dass in der Planungsphase erstellte BIM-Modelle über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes für die berechtigten Personen zugänglich sein müssen. Außerdem müssen BIM-Modelle fortgeschrieben werden können.

Bewertungskriterien müssen für jedes Projekt individuell erstellt werden, jedoch könnten Beispielvorgaben angefertigt werden, um zu verhindern, dass wichtige Kriterien vergessen werden. Vorlagen mit einer Auflistung an Kriterien für die einzelnen Bauteile und Kriterien von Aufbereitungsanlagen, Recyclinganlagen und Deponien erscheinen sinnvoll.

## 7 Zusammenfassung

Bau- und Abbruchabfälle haben den zweitgrößten Anteil am Abfallaufkommen in Österreich. Zukünftig ist mit einem Anstieg dieser Abfälle zu rechnen. Die Umwelt muss geschützt und die Gesundheit der Menschen gesichert werden, während zugleich das Wirtschaftswachstum nicht behindert werden darf. Um den Ressourcenverbrauch und damit Emissionen und Schadstoffe zu verringern, muss der Fokus auf die Bauteilwiederverwendung bei Bauwerksrückbauten, Sanierungen und Umbauten gelegt werden. Die Digitalisierung soll Arbeitsprozesse in der Kreislaufwirtschaft erleichtern und verbessern. Building Information Modeling (BIM) kann dafür im Bauwesen angewendet werden.

Die Arbeit umfasst zunächst einen Überblick über bereits entwickelte Methoden zur Ermittlung von Bau- und Abbruchabfällen, in denen ersichtlich wird, dass die Ermittlung von Abfallströmen weiter präzisiert werden muss. Relevante Gesetze, Verordnungen und Normen für den Rückbau sind noch nicht für die Ermittlung einer ressourcenschonenden Einteilung in die Abfallhierarchie ausgelegt. Ebenso fehlen geregelte Normen über den Detaillierungsgrad von BIM-Modellen für eine Rückbauplanung. Die Schad- und Störstofferkundung, die für einen Rückbau laut Recycling-Baustoffverordnung und ÖNORM B 3151 vorgeschrieben ist, kann durch ein gut aufbereitetes BIM-Modell digital erfolgen. Die verpflichtende Zuordnung von Schlüsselnummern für Abfälle aus der Abfallverzeichnisverordnung ist jedoch nicht ausreichend, um Abfallströme im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu erstellen. Im Abfallwirtschaftsgesetz ist die Wichtigkeit der Ermittlung von zukünftigen Abfallströmen gesetzlich verankert. Dieses Gesetz definiert die Stufen der Abfallhierarchie von der Abfallvermeidung über die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und sonstiger Verwertung bis zur Beseitigung. Der Bundes-Abfallwirtschaftsplan gibt alle sechs Jahre Auskunft über eine Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich.

Je nach Errichtungszeitpunkt und Bauart von Gebäuden können Schadstoffe enthalten sein. Schadstoffe können auch während der Nutzung eines Gebäudes zum Beispiel im Zuge eines Brandes oder eines Hochwassers entstehen. Vor dem Rückbau von Gebäuden müssen Schadstoffe identifiziert und entfernt werden, um eine Vermischung mit schadstofffreien Bauteilen und Baumaterialien zu verhindern.

Der Fokus der Arbeit lag auf der Entwicklung eines Workflows mit BIM, um Abfallströme ermitteln zu können. Der Workflow konzentriert sich auf den Rückbau von Bestandsgebäuden im Hochbau, da im Rückbau der größte Abfall von Gebäuden anfällt und die Digitalisierung von Gebäuden im Hochbau weiter fortgeschritten ist als im Tiefbau. Als Grundlage des entwickelten Workflows dient ein fortgeschriebenes As-built-Modell. Eingangs wird das BIM-Modell aufbereitet, indem alle noch nicht vorhandenen notwendigen Parameter für einen Rückbau und für die Eingliederung in die Abfallhierarchie ergänzt wurden. Es folgt die Erstbewertung nach ÖNORM B 3151. Dazu werden Bewertungskriterien definiert, die Schad- und Störstoffe identifizieren und anschließend wurden Auswertungen nach Norm erstellt. Mit BIM erstellte Auswertungen können wesentlich präziser gestaltet werden, als es die Norm vorschreibt. Mit Schadstoff behaftete Baumaterialien können durch die Auswertungen ausfindig gemacht werden und direkt in die Abfallhierarchie eingegliedert werden. Es folgt eine vertiefte Bewertung mit allen schadstofffreien Bauteilen. Hierfür werden Bewertungskriterien aufgestellt, um Bauteile in die höchstmögliche Stufe der Abfallhierarchie eingliedern zu können. Bewertungskriterien in der

vertieften Bewertung sind von vielen verschiedenen Faktoren abhängig, wie beispielsweise von der Bauteilart, dem Stand der Technik und von Auflagen von Verwertungsanlagen. Daher müssen Bewertungskriterien für jedes Projekt individuell angepasst werden. Bei der Durchführung der Bewertung wird die Erfüllung der Kriterien unter anderem durch eine Zustandsprüfung vor Ort kontrolliert. Abschließend wird eine Auswertung und Eingliederung in die Abfallhierarchie gemacht.

Der Workflow wurde anhand eines vom Institut zur Verfügung gestellten Fallbeispiels entwickelt. Im Zuge dieser Arbeit wurden die Schritte im Workflow zur Veranschaulichung mithilfe des Fallbeispiels dargestellt. Bei dem Fallbeispiel handelt es sich um ein im Jahr 1990 errichtetes sechsstöckiges massives Bürogebäude aus Stahlbeton mit einem Bruttorauminhalt von 8.600 m<sup>3</sup>. In der Aufbereitung des Modells konnten die Parameter strukturiert werden. Neben dem BIM-Modell lag diesem Gebäude eine Schad- und Störstofferkundung bei. So konnten die Auswertungen der Erstbewertung aus dem BIM-Modell mit den Ergebnissen aus der Schad- und Störstofferkundung verglichen werden. Es konnte festgestellt werden, dass die Differenzen der Auswertungen vernachlässigbar klein sind und somit die digitale Erstbewertung ausreichend ist, um Schadstoffe zu identifizieren. Verbesserungspotential gibt es bei der Auswertung von Bauarten. Diese Informationen geben BIM-Modelle nicht her, sondern müssen durch augenscheinliche Betrachtung erkannt werden. Die Aufstellung von Bewertungskriterien in der vertieften Bewertung ist für jedes Projekt individuell durchzuführen. Für die Demonstration der vertieften Bewertung wurden Bewertungskriterien für Fenster aufgestellt und Schritt für Schritt die Durchführung der Bewertung dargestellt. Mit einer grafischen Überschreibung im BIM-Modell kann sehr anschaulich dargestellt werden, welche Bauteile in welchem Schritt relevant sind. Anschließend wurden die Ergebnisse der Einteilung in die Abfallhierarchie mit einem Stoffflussdiagramm dargestellt. Es kann festgehalten werden, dass diese Vorgehensweise ausreichend ist, um Abfallströme von Rückbaugebäuden zu ermitteln.

Um einen zusätzlichen Informationsgewinn zu erhalten, wurden Experteninterviews geführt. Im einem Interviewleitfaden wurden zunächst offene Fragen zu den Themen BIM in der Rückbauplanung, Detaillierungsgrad und Abfallhierarchie formuliert. Es wurden vier ExpertInnen ausgewählt, die über Kenntnis von BIM, Abfallwirtschaft im Bauwesen und Kreislaufwirtschaft im Bauwesen verfügen. Zudem wurde darauf geachtet ExpertInnen aus unterschiedlichen Unternehmensarten und Hierarchieebenen zu befragen. Die Auswertung der Interviews erfolgte in einem sechsstufigen pragmatischen Auswertungsverfahren, indem der Gewinn von Sachinformation und das Herausfiltern von Übereinstimmungen im Vordergrund standen. Aus den Interviews konnte festgestellt werden, dass die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ein aktuell sehr diskutiertes Thema ist. Weiters wird BIM bisher sehr wenig in der Rückbauplanung angewendet, da kaum BIM-Modelle von rückzubauenden Gebäuden existieren und die Erstellung eines solchen rein für den Rückbau zu aufwendig und teuer wäre. Eine standardisierte Vorgabe des Detaillierungsgrades von BIM-Modellen in der Rückbauplanung würde die Kommunikation der beteiligten Parteien erleichtern, jedoch fehlen Erfahrungswerte, um einen sinnvollen Detaillierungsgrad festzulegen. Die ExpertInnen konnten bestätigen, dass eine Einteilung in die Abfallhierarchie angemessen für die Ermittlung von Abfallströmen ist. Die Implementierung von Schlüsselnummern in BIM-Modelle bietet eine Unterstützung für die Einteilung, reicht alleine jedoch nicht aus, da auf diese Weise lediglich eine Baumaterialbetrachtung aber keine Untersuchung auf Bauteilebene durchgeführt werden kann.

Anknüpfungspunkte für weitere Untersuchungen bietet die rechtliche Klärung des Abfallbesitzers nach dem Rückbau und die Verantwortung der Garantie von wiederverwendeten Produkten. Zudem können im Rahmen der Rückbauplanung Kosten und Terminplanungen erstellt und digitalisiert werden. Diese Faktoren sind maßgebend für die Ankurbelung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Es bedarf an Recherche über Maßnahmen für die Digitalisierung von Bestandgebäuden, da diese die Grundlage des entwickelten Workflows bilden. Der Umgang mit großen Datenmengen und der Erhalt von BIM-Modellen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, sowie die Anwendung von künstlicher Intelligenz im Bauwesen kann untersucht werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- Abegg, A., & Streiff, O. (2021). *Die Wiederverwendung von Bauteilen - Ein Überblick aus rechtlicher Perspektive*.
- Abfallverzeichnisverordnung, (2020).  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011285>
- Abfallwirtschaftsgesetz 2002, (2002).  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>
- Achatz, A., Margelik, E., Romm, T., Kasper, T., & Jäger, D. (2021). *Kreislaufbauwirtschaft*. Umweltbundesamt.
- Arora, M., Cheah, L., Raspall, F., & Silva, A. (2019). Residential building material stocks and component-level circularity: The case of Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 216.
- Aschenbrenner, P., Kleemann, F., & Lederer, J. (2015). Methode zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Gebäuden vor dem Abbruch. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 67.
- Asmus, S., Dechantsreiter, U., Horst, P., Knappe, F., Lau, J. J., Mettke, A., Reinhardt, J., Schmidt, S., & Theis, S. (2015). *Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen*.
- Austrian-Standards-Institute. (2013). ÖNORM B 1800:2013. In *Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen*.
- Austrian-Standards-Institute. (2015). ÖNORM A 6241-2:2015. In *Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM*.
- Austrian-Standards-Institute. (2016). ÖNORM A 6250-1:2016-03 Anhang A. In *Ergänzung zu ÖNORM A 6250-1:2016-03-15, Anhang A*.
- Austrian-Standards-International. (2022a). ÖNORM B 3151:2022-05. In *Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode*.
- Austrian-Standards-International. (2022b). ÖNORM EN ISO 10209:2022. In *Technische Produktdokumentation - Vokabular - Begriffe für technische Zeichnungen, Produktdefinition und verwandte Dokumentation*.
- Austrian-Standards-International. (2024). *Building Information Modeling (BIM)* Retrieved 24.05.2024 from <https://www.austrian-standards.at/de/themengebiete/bau-immobilien/building-information-modeling>
- Baunetzwissen. (2023). *Was bedeutet LOD/LOI?* Baunetzwissen. Retrieved 13.12.2023 from <https://www.baunetzwissen.de/integrales-planen/fachwissen/modellinhalte/was-bedeutet-lod-loi-5285890>
- Baunetzwissen. (2024a). *Baualterstufe der 20er und 30er Jahre*. Baunetzwissen. Retrieved 20.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-der-20er-und-30er-jahre-148202>
- Baunetzwissen. (2024b). *Baualterstufe der 60er Jahre*. Baunetzwissen. Retrieved 20.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-der-60er-jahre-148200>
- Baunetzwissen. (2024c). *Baualterstufe der 80er Jahre*. Baunetzwissen. Retrieved 20.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-der-80er-jahre-649849>
- Baunetzwissen. (2024d). *Baualterstufe Gründerzeit/Jahrhundertwende*. Baunetzwissen. Retrieved 08.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualterstufen/baualterstufe-gruenderzeit-jahrhundertwende-148198>

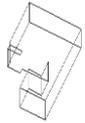
- Baunetzwissen. (2024e). *Fassade*. Baunetzwissen. Retrieved 26.10.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/glossar/f/fassade-1456987?thema=fassade>
- Baunetzwissen. (2024f). *Industrialisierter Wohnungsbau der 70er Jahre/Plattenbauten*. Baunetzwissen. Retrieved 20.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualtersstufen/industrialisierter-wohnungsbau-der-70er-jahre-plattenbauten-148206>
- Baunetzwissen. (2024g). *Nachkriegsbauten der 50er Jahre*. Baunetzwissen. Retrieved 08.06.2024 from <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualtersstufen/nachkriegsbauten-der-50er-jahre-148204>
- Baustoff. (2024). Das Architektur Lexikon. Retrieved 22.08.2024 from <https://www.architekturlexikon.de/cms/lexikon/35-lexikon-b/239-baustoff.html>
- Bernhardt, A., Kleemann, F., Neubauer, C., Neubauer, M., & Walter, B. (2019). *Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen*. Umweltbundesamt.
- BMK. (2024). *Grundsätze der Abfallwirtschaft*. Retrieved 05.12.2024 from [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/aws/awsgrundsaeetze.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/awsgrundsaeetze.html)
- Bödefeld, J., & Kloé, K. (2018). *BAWMerckblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken*
- Bogart, S. (2024). *SankeyMATIC*. Retrieved 09.11.2024 from <https://sankeymatic.com/>
- Bogner, A., Littig, B., & Menz, W. (2014). *Interviews mit Experten - Eine praxisorientierte Einführung*.
- Bölcskey, E., & Bruckner, H. (2013). Baustofflehre Werkstofftechnologie & Brandsicherheit. In I. f. H. u. Technologie (Ed.), *Naturwissenschaftliche Grundlagen zur Baustofflehre*.
- Borsien, F., Hansen, M., Mast, J., Streit, J., Stübi, N., & Vollenweider, G. (2018). *ReUse Window*.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2017). *Handbook of material flow analysis: for environmental, resource, and waste engineers*.
- Bundesministerium für Klimaschutz, U., Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2021). *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2021*.
- Bundesministerium für Klimaschutz, U., Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2023a). *Bundes-Abfallwirtschaftsplan Teil 1*.
- Bundesministerium für Klimaschutz, U., Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2023b). *Bundes-Abfallwirtschaftsplan Teil 2*.
- Bundesministerium für Klimaschutz, U., Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2023c). *Bundes-Abfallwirtschaftsplan Teil 3*.
- Cheng, J., & Ma, L. (2013). *A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning*. Retrieved 11.01.2024 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X13000068>
- Die Lebensdauer von Bauteilen*. (2024). Retrieved 06.09.2024 from <https://www.berger-immobilienbewertung.de/informationen/energieausweis-und-energieberatung/lebensdauer-von-bauteilen/>
- Ebert, S., Hafner, A., Krause, K., Krechel, M., & Ott, S. (2020). Modell der Recyclingfähigkeit auf Bauteilebene. *Holzbau*, 97.
- Fellner, J., Kleemann, F., Lederer, J., Lehner, H., & Szczypinska, A. (2018). Bewertung von Abfallströmen aus Gebäudeabbrüchen in Wien auf Grundlage von Bildmatching-basierter Veränderungsdetektion. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-018-0463-y> (Creative Commons)
- Grafisoft. (2024). Archicad 27 Referenzhandbuch. In
- Hammerl, K., Horner, K., Ippavitz, A., & Stühlinger, E. (2018). *Unverwüsthliche krebserzeugende Altlasten*. Retrieved 19.06.2024 from <https://www.sicherearbeit.at/ausgaben/2018/ausgabe-6-2018/unverwuestliche-krebserzeugende-altlasten>
- Hartmann, D., Kotecki, A., Schützenhofer, S., & Srećković, M. *Bridging theory and practice: stakeholder insights on circular economy in the building's life cycle*.

- Hewelt, G., von Arb, D., & Vanek, M. (2017). *BIM-Workflow in der TGA*. Retrieved 19.01.2024 from [https://www.integrale-planung.net/bim-workflow-in-der-tga\\_11241](https://www.integrale-planung.net/bim-workflow-in-der-tga_11241)
- Hillebrandt, A., Riegler-Floors, P., Rosen, A., & Seggewies, J.-K. (2021). *Atlas Recycling*.
- Jacob, C., & Kukovec, S. (2022). *Auf dem Weg zu einer nachhaltigen, effizienten und profitablen Wertschöpfung von Gebäuden*. Springer.
- Kaiser, R. (2014). *Qualitative Experteninterviews - Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*.
- Koutamanis, A., van Bueren, E., & van Reijn, B. (2018). Urban mining and buildings: A review of possibilities and limitations. *Resources, Conservation & Recycling*, 138.
- Kovacic, I. (2022). Integrale Lebenszyklusanalyse. In I. f. H.-u. Industriebau (Ed.), *Lebenszykluskosten und -analyse*.
- Mack, S. (2022). *Verwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten von Bau- und Konstruktionsabfällen* [Technische Universität Wien].
- Mayer, H. O. (2013). *Interview und schriftliche Befragung - Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung*.
- Müller, A. (2018). *Baustoffrecycling Entstehung - Aufbereitung - Verwertung*.
- Porth, M., & Schüttrumpf, H. (2022). *Wasser, Energie und Umwelt*. Springer.
- Recycling-Baustoffverordnung, (2016). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212>
- RMA. (2011). Schadstoffkatalog - Beschreibung und Zuordnung von Schadstoffen in Abbruchobjekten. In: Ressourcen Management Agentur (RMA).
- Stadtwerke, W. (2024). *Urban Mining - Die Stadt als Rohstoffmine*. Retrieved 07.06.2024 from <https://www.wienerstadtwerke.at/urban-mining>
- T.I., L. a. P., Chi, S. P., T.W., Y. a. A., & Zezhou, W. b. (2019). Methodology for upstream estimation of construction waste for new building projects. *Journal of Cleaner Production*, 230.
- Wien Kulturgut: Bauperioden. (2024). Stadt Wien. Retrieved 07.06.2024 from <https://www.wien.gv.at/kultur/kulturgut/architektur/bauperioden.html>
- Wien, S. (2024). *Die Stadt als Rohstofflieferant*. Retrieved 07.06.2024 from <https://smartcity.wien.gv.at/urban-mining/>

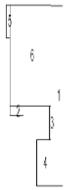
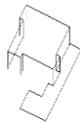
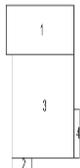
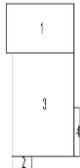
## 9 Anhang

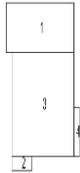
### 9.1 Auswertungen

Tab. 26 detaillierte Objektdaten laut BIM-Modell

Brutto-Grundfläche + Brutto-Volumen							
1. Bauvorhaben							
#Projektname, AA_Projektmasternummer				AA_Musteradresse 00 0000 AA_Musterort			
2. Beauftragung durch							
#Auftraggeber:in Firma, AA_Musteradresse Auftraggeber 00 0000 AA_Musterort Auftraggeber				#Auftraggeber:in E-Mail, #Auftraggeber:in Telefon			
3. Planung durch							
AA_Mustervorname AA_Musternachname Planer, AA_Musteradresse Planer 00 0000 AA_Musterort Planer				Planer #Planer:in E-Mail, #Planer:in Telefonnummer			
4. Berechnung (basierend auf einem CAD-Modell)							
	Höhe [m]	Brutto-Grundfläche A [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Grundfläche B [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Grundfläche C [m <sup>2</sup> ]	Brutto-Volumen A [m <sup>3</sup> ]	Brutto-Volumen B [m <sup>3</sup> ]	Brutto-Volumen C [m <sup>3</sup> ]
-1. KG							
Volumen	2,94 - 3,18	463,64			1472,32		
		Fläche					
		1	5,32 * 29,35		156,14		
		:					
		2	5,20 * 7,48		38,90		
		:					
		3	5,00 * 1,70		8,50		
		:					
		4	15,90 * 16,36		260,12		
		:					
		Summe:			463,66		
		Rundungskorrektur:			-0,02		
Summe -1. KG		463,64	0,00	0,00	1472,32	0,00	0,00
0. EG							
Volumen	2,95	455,14			1344,65		
		Fläche					
		1	5,32 * 29,35		156,14		
		:					
		2	15,90 * 16,36		260,12		
		:					

		3 :	5,20 * 7,48		38,90		
			Summe: Rundungskorrektur:		455,16 -0,02		
Summe 0. EG			455,14	0,00	0,00	1344,6 5	0,00 0,00
1. OG1							
Volumen	2,95		463,14			1368,1 2	
			Fläche				
			1 :	5,32 * 29,35	156,14		
			2 :	5,20 * 7,48	38,90		
			3 :	5,20 * 1,54	8,01		
			4 :	15,90 * 16,36	260,12		
				Summe: Rundungskorrektur:	463,17 -0,03		
Summe 1. OG1			463,14	0,00	0,00	1368,1 2	0,00 0,00
2. OG2							
Volumen	2,95		473,38			1396,4 6	
			Fläche				
			1 :	4,72 * 29,35	138,53		
			2 :	5,34 * 1,50	8,01		
			3 :	0,60 * 5,47	3,28		
			4 :	5,80 * 7,48	43,38		
			5 :	1,50 * 5,30	7,95		
			6 :	16,50 * 16,50	272,25		
				Summe: Rundungskorrektur:	473,40 -0,02		
Summe 2. OG2			473,38	0,00	0,00	1396,4 6	0,00 0,00
3. OG3							
Volumen	0,29 -		473,38			925,41	

	2,95						
			Fläche				
		1	4,72 * 29,35		138,53		
		:					
		2	5,34 * 1,50		8,01		
		:					
		3	0,60 * 5,47		3,28		
		:					
		4	5,80 * 7,48		43,38		
		:					
		5	1,50 * 5,30		7,95		
		:					
		6	16,50 * 16,50		272,25		
		:					
		Summe:			473,40		
		Rundungskorrektur:			-0,02		
Summe 3. OG3		473,38	0,00	0,00	925,41	0,00	0,00
4. OG4							
Volumen	2,95	296,16			873,66		
			Fläche				
		1	18,00 * 5,30		95,40		
		:					
		2	5,34 * 1,50		8,01		
		:					
		3	16,50 * 11,20		184,80		
		:					
		4	1,50 * 5,30		7,95		
		:					
		Summe:			296,16		
		Rundungskorrektur:			0,00		
Summe 4. OG4		296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00
5. OG5							
Volumen	2,95	296,16			873,66		
			Fläche				
		1	18,00 * 5,30		95,40		
		:					
		2	5,34 * 1,50		8,01		
		:					
		3	16,50 * 11,20		184,80		
		:					
		4	1,50 * 5,30		7,95		
		:					
		Summe:			296,16		
		Rundungskorrektur:			0,00		
Summe 5. OG5		296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00

6. DG							
Volumen	0,36 - 2,93	296,16			617,22		
		<p style="text-align: center;">Fläche</p> <p>1    18,00 * 5,30                      95,40</p> <p>  : 2    5,34 * 1,50                        8,01</p> <p>  : 3    16,50 * 11,20                    184,80</p> <p>  : 4    1,50 * 5,30                        7,95</p> <p>  : Summe:                                    296,16</p> <p>Rundungskorrektur:                    0,00</p>					
Summe 6. DG		296,16	0,00	0,00	617,22	0,00	0,00
7. Dach							
Volumen	0,00 - 0,70	192,10			121,90		
		<p style="text-align: center;">Fläche</p> <p>1    13,86 * 13,86                      192,10</p> <p>  : Summe:                                    192,10</p> <p>Rundungskorrektur:                    0,00</p>					
Summe 7. Dach		192,10	0,00	0,00	121,90	0,00	0,00

	Höhe [m]	Brutto- Grundflä- che A [m <sup>2</sup> ]	Brutto- Grundflä- che B [m <sup>2</sup> ]	Brutto- Grundflä- che C [m <sup>2</sup> ]	Brutto- Volumen A [m <sup>3</sup> ]	Brutto- Volumen B [m <sup>3</sup> ]	Brutto- Volumen C [m <sup>3</sup> ]
-1. KG	2,94 - 3,18	463,64	0,00	0,00	1472,3 2	0,00	0,00
0. EG	2,95	455,14	0,00	0,00	1344,6 5	0,00	0,00
1. OG1	2,95	463,14	0,00	0,00	1368,1 2	0,00	0,00
2. OG2	2,95	473,38	0,00	0,00	1396,4 6	0,00	0,00
3. OG3	0,29 - 2,95	473,38	0,00	0,00	925,41	0,00	0,00
4. OG4	2,95	296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00
5. OG5	2,95	296,16	0,00	0,00	873,66	0,00	0,00
6. DG	0,36 - 2,93	296,16	0,00	0,00	617,22	0,00	0,00
7. Dach	0,00 -	192,10	0,00	0,00	121,90	0,00	0,00

	0,70						
Gesamtsumme		3409,26	0,00	0,00	8993,40	0,00	0,00

Brutto-Grundfläche A+B+C [m <sup>2</sup> ]							3409,26
Brutto-Volumen A+B+C [m <sup>3</sup> ]							8993,40

Tab. 27 mehrschichtige Bauteile laut BIM-Modell

Baustoff / Mehrschichtiger Aufbau / Profil / Schraffur	ID	Name	Schicht/Komponenten-Typ	Schichtdicke
---				
	Stahl	XX_Stahl	---	---
	Beton	XX_Beton	---	---
<b>Trennschicht für Modellieren</b>				
	Trennschicht für Modellieren	Trennschicht für Modellieren	Keine	0,34
<b>XX_abg. Decke-Aufbau 1</b>				
	Metall	XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	Andere	0
	Mineralwolle	XX_künstliche Mineralfaserplatten	Kern	0,03
<b>XX_abg. Decke-Aufbau 2</b>				
	Metall	XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	Andere	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Kern	0,02
<b>XX_abg. Decke-Aufbau 3</b>				
	Metall	XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	Andere	0
	Aluminium	XX_Aluplatte	Kern	0
<b>XX_AW Balkon UC2</b>				
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Beton	XX_Beton	Kern	0,07
<b>XX_AW-Aufbau 2</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,2
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_AW-Aufbau 3</b>				
	Putz	XX_Putz außen	Bekleidung	0,03
	Styropor	XX_EPS	Andere	0,1
	Beton	XX_Beton	Kern	0,3
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Putz	XX_Putz innen	Bekleidung	0,03

<b>XX_AW-Aufbau 4</b>				
	Putz	XX_Putz außen	Bekleidung	0,03
	Styropor	XX_EPS	Andere	0,1
	Beton	XX_Beton	Kern	0,25
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Putz	XX_Putz innen	Bekleidung	0,03
<b>XX_AW-Aufbau 5</b>				
	Aluminium	XX_Aluplatte	Bekleidung	0
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Glaswolle	Andere	0,08
	Beton	XX_Beton	Kern	0,18
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Bekleidung	0,02
<b>XX_AW-Aufbau 5 nur Dämmung</b>				
	Aluminium	XX_Aluplatte	Bekleidung	0
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Glaswolle	Andere	0,08
<b>XX_AW-Aufbau 5 ohne Dämmung</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,18
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Bekleidung	0,02
<b>XX_AW-Aufbau 6</b>				
	Aluminium	XX_Aluplatte	Bekleidung	0,01
	Mineralwolle	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	Kern	0,05
	Aluminium	XX_Aluplatte	Bekleidung	0
<b>XX_AW-Aufbau 7</b>				
	Aluminium	XX_Aluplatte	Bekleidung	0
<b>XX_Beton</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,3
	Beton	XX_Beton	Kern	0,7
	Beton	XX_Beton	Kern	0,37
	Beton	XX_Beton	Kern	0,5
	Beton	XX_Beton	Kern	0,6
	Beton	XX_Beton	---	---
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Blech</b>				
	Metall	XX_Blech	Keine	0,01
	Metall	XX_Blech	Keine	0
	Metall	XX_Blech	Keine	0
<b>XX_BP 1</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,35
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_BP 2</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,5
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0,01
<b>XX_BP 3</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,3

	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Dach-Aufbau 1</b>				
	Beton	XX_Betonplatten	Andere	0,04
	Naturstein	XX_Schotterschüttung	Andere	0,05
	Diverse Kunststoffe	XX_Vlies	Andere	0
	Styropor	XX_XPS	Andere	0,19
	Bitumen	XX_Bitumen	Andere	0,01
<b>XX_Dach-Aufbau 2</b>				
	Naturstein	XX_Schotterschüttung	Andere	0,07
	Diverse Kunststoffe	XX_Vlies	Andere	0
	Styropor	XX_XPS	Andere	0,19
	Bitumen	XX_Bitumen	Andere	0,01
<b>XX_Decke-Aufbau 1</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,24
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Decke-Aufbau 2</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,18
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Decke-Aufbau 5</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,18
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	Andere	0,05
	Heraklith	XX_Heraklith	Andere	0,01
<b>XX_Decke-Aufbau 6</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,24
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Heraklith	XX_Heraklith	Andere	0,01
<b>XX_Fliesen</b>				
	Fliesen	XX_Fliesen	Keine	0,01
<b>XX_Fundament UC2</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	1,98
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0,02
<b>XX_Fußboden-Aufbau 1</b>				
	Estrich	XX_Estrich	Andere	0,05
	Diverse Kunststoffe	XX_Folie	Andere	0
<b>XX_Fußboden-Aufbau 2</b>				
	Teppich	XX_Teppich	Andere	0,01
	Estrich	XX_Estrich	Andere	0,05
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle	Andere	0,04
<b>XX_Fußboden-Aufbau 3</b>				
	Fliesen	XX_Fliesen	Andere	0,01
	Estrich	XX_Estrich	Andere	0,05
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle	Andere	0,04
<b>XX_Fußboden-Aufbau 4</b>				
	Beton	XX_Kunststein	Andere	0,03

	Estrich	XX_Estrich	Andere	0,07
<b>XX_Gipskarton</b>				
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Keine	0,03
<b>XX_IW-Aufbau 1</b>				
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Andere	0,03
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	Andere	0,14
	Metall	XX_Metallrahmen	Andere	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Kern	0,03
<b>XX_IW-Aufbau 2</b>				
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Andere	0,02
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	Andere	0,07
	Stahl	XX_Stahl	Andere	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Kern	0,02
<b>XX_IW-Aufbau 2 mit Luft</b>				
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Andere	0,02
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	Andere	0,07
	Luft	XX_Luftschicht vertikal	Andere	0,12
	Metall	XX_Metallrahmen	Andere	0
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Kern	0,02
<b>XX_IW-Aufbau 3</b>				
	Gipskarton	XX_Gipskarton	Andere	0,02
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	Andere	0,08
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Beton	XX_Beton	Kern	0,18
<b>XX_IW-Aufbau 4</b>				
	Beton	XX_Beton	Kern	0,25
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Stahl</b>				
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
	Stahl	XX_Stahl	Kern	0
<b>XX_Volumen</b>				
	Volumen	XX_Volumen	Keine	---
				<b>182,53 m</b>

Tab. 28 Massen der Baumaterialien laut BIM-Modell

ID	Name	Schichtvolumen [m <sup>3</sup> ]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Masse [kg]
<b>Aluminium</b>				
	XX_Aluplatte	3,21	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	6271,58
				<b>6 271,65 kg</b>
<b>Beton</b>				
	XX_Beton	1320,95	2 445,00 kg/m <sup>3</sup>	3229758,38
	XX_Betonplatten	4,03	2 445,00 kg/m <sup>3</sup>	9865,36
	XX_Kunststein	3,22	2 445,00 kg/m <sup>3</sup>	7877,04

**3 247 500,97 kg**

<b>Bitumen</b>			
XX_Bitumen	3,25	1 212,00 kg/m <sup>3</sup>	3954,97

**3 954,98 kg**

<b>Diverse Kunststoffe</b>			
XX_Folie	0,06	20,00 kg/m <sup>3</sup>	1,26
XX_Vlies	1,08	20,00 kg/m <sup>3</sup>	21,63

**22,87 kg**

<b>Estrich</b>			
XX_Estrich	125,01	2 002,00 kg/m <sup>3</sup>	250175,59

**250 175,59 kg**

<b>Fliesen</b>			
XX_Fliesen	4,87	2 002,00 kg/m <sup>3</sup>	10260,29

**10 260,23 kg**

<b>Gipskarton</b>			
XX_Gipskarton	60,25	906,00 kg/m <sup>3</sup>	54499,93

**54 499,88 kg**

<b>Heraklith</b>			
XX_Heraklith	2,76	191,00 kg/m <sup>3</sup>	528,07

**528,07 kg**

<b>Luft</b>			
XX_Luftschicht vertikal	8,1	0,00 kg/m <sup>3</sup>	0

**0,00 kg**

<b>Metall</b>			
XX_Blech	0,16	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	363,4
XX_Metallrahmen	0	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	122,86
XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	0,98	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	2030,71

**2 516,96 kg**

<b>Mineralwolle</b>			
XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	15,08	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2882,8
XX_künstliche Mineralfaserplatten	60,72	191,00 kg/m <sup>3</sup>	11593,01
XX_Mineralwolle	81,46	191,00 kg/m <sup>3</sup>	15542,54
XX_Mineralwolle Glaswolle	6,05	24,00 kg/m <sup>3</sup>	144,68
XX_Mineralwolle Steinwolle	147,76	206,00 kg/m <sup>3</sup>	30438,36

**60 601,47 kg**

<b>Naturstein</b>			
XX_Schotterschüttung	23,16	1 848,00 kg/m <sup>3</sup>	42799,02

**42 799,03 kg**

<b>Putz</b>			
XX_Putz außen	38,21	2 002,00 kg/m <sup>3</sup>	76717,72
XX_Putz innen	32,14	906,00 kg/m <sup>3</sup>	29118,84

**105 836,38 kg**

<b>Stahl</b>			
XX_Stahl	13,28	8 000,00 kg/m <sup>3</sup>	109926,88

**109 926,04 kg**

<b>Styropor</b>			
-----------------	--	--	--

XX_EPS	152,23	20,00 kg/m <sup>3</sup>	3044,23
XX_XPS	68,46	43,00 kg/m <sup>3</sup>	2943,53
			<b>5 987,74 kg</b>
<b>Teppich</b>			
XX_Teppich	18,97	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	19529,9
			<b>19 529,92 kg</b>
<b>Trennschicht für Modellieren</b>			
Trennschicht für Modellieren	61,15	0,00 kg/m <sup>3</sup>	0
			<b>0,00 kg</b>
<b>Volumen</b>			
XX_Volumen	8993,4	0,00 kg/m <sup>3</sup>	0
			<b>0,00 kg</b>
			<b>3 920 411,79 kg</b>

Tab. 29 Massenabschätzung laut Schad- und Störstofferkundung

Bestandteile	Abschätzung der Masse [t]
Beton	3 520
sonstige mineralische Bestandteile	250
Metall	4
Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevanten Fasereigenschaften - Steinwolle	30
Polystyrol, Polystyrolschaum	4
Gips	57
<b>Gesamt</b>	<b>3 865</b>

Tab. 30 Massen laut Entsorgungskonzept

Abfallschlüsselnummer	Bezeichnung	Baustoff	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Masse [t]
31409	Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	Fliesen, Estrich	125	2 002	250
31409-18	Bauschutt (keine Baustellenabfälle) - nur Mischungen aus ausgewählten Abfällen aus Bau- und Abbruchmaßnahmen, ohne Mörtel- und Verputzanteile	Kiesschüttung	18	1 848	34
31427	Betonabbruch	Außenwände, Boden/Decke	1 440	2 445	3 520

31437-41 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - künstliche Mineralfaserabfälle	Gemisch aus zementgebundene Holzwolledämmplatten (Herakolith) und Mineralwolle, Akustikplatten	42	191	8
31437-42 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Steinwolle	Dämmung Trockenbauwände	146	206	30
31437-43 (gn)	Mineralfaserabfälle mit gefahrenrelevante Fasereigenschaften - Glaswolle	Dämmung (Fassade, Boden)	84	24	2
31438	Gips	Trockenbauwände, abgehängte Decken	63	906	57
35315	NE-Metallschrott, NE-Metalleballagen	Wellblechfassade, abgehängte Decken	2	1 905	4
54912	Bitumen, Asphalt	Dachpappe	3	1 212	4
57108	Polystyrol, Polystyrolschaum	EPS-Dämmung	199	20	4
57108-77 (g)	Polystyrol, Polystyrolschaum - gefährlich kontaminiert	XPS-Dämmung	70	43	3
57116	PVC-Abfälle und Schäume auf PVC-Basis	PVC-Bodenbelag	0	2 000	0
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	Teppichbelag	22	1 031	23
				<b>Gesamt</b>	<b>3 939</b>

Tab. 31 Entsorgungskonzept

Behandlungsart	ID	Name	Abfallschlüsselnummer	Masse
<b>1 Abfallvermeidung</b>				
				<b>0,00 kg</b>
<b>2 Vorbereitung zur Wiederverwendung</b>				
				<b>0,00 kg</b>
<b>3 Recycling</b>				
	Aluminium	XX_Aluplatte	35315	6 271,58
	Beton	XX_Beton	31427	3 229 758,38
	Beton	XX_Betonplatten	31427	9 865,36
	Beton	XX_Kunststein	31427	7 877,04
	Gipskarton	XX_Gipskarton	31438	54 499,93
	Metall	XX_Blech	35315	363,40
	Metall	XX_Metallrahmen	35315	122,86

	Metall	XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	35315	2 030,71
	Naturstein	XX_Schotterschüttung	31409-18	42 799,02
	Putz	XX_Putz innen	31438	29 118,84
	Stahl	XX_Stahl	31427	109 926,88
				<b>3 492 633,35 kg</b>
<b>4 sonstige Verwertung - energetisch</b>				
				<b>0,00 kg</b>
<b>4 sonstige Verwertung - thermisch</b>				
	Diverse Kunststoffe	XX_Folie	57108	1,26
	Diverse Kunststoffe	XX_Vlies	57108	21,63
	Styropor	XX_EPS	57108	3 044,23
	Styropor	XX_XPS	57108-77 (g)	2 943,53
				<b>6 010,61 kg</b>
<b>5 Beseitigung - Deponierung</b>				
	Bitumen	XX_Bitumen	54912	3 954,97
	Estrich	XX_Estrich	31409	250 175,59
	Fliesen	XX_Fliesen	31409	10 260,29
	Heraklith	XX_Heraklith	31437-41 (gn)	528,07
	Mineralwolle	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	31437-43 (gn)	2 882,80
	Mineralwolle	XX_künstliche Mineralfaserplatten	31437-41 (gn)	11 593,01
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle	31437-41 (gn)	15 542,54
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Glaswolle	31437-43 (gn)	144,68
	Mineralwolle	XX_Mineralwolle Steinwolle	31437-42 (gn)	30 438,36
	Putz	XX_Putz außen	31409	76 717,72
	Teppich	XX_Teppich	91206	19 529,90
				<b>421 767,83 kg</b>
<b>5 Beseitigung - Verbrennung</b>				
				<b>0,00 kg</b>
				<b>3 920 411,79 kg</b>

Tab. 32 Schadstoffe laut BIM-Modell

I D	Name	Schadstofferkun- dung	Ele- ment- Typ	Ur- sprungs- geschoss Name	Volu- men (brut- to)	Rohdich- te	Masse
<b>Heraklith</b>							
	XX_Heraklith	31409 Bauschutt (keine Baustellenab- fälle, zementgebun- dene Holzwolle- dämmplatten, (Heraklith) gemischt mit künstlichen Mi- neralfasern	Decke	EG	48,93	191,00 kg/m <sup>3</sup>	353,41
	XX_Heraklith	31409 Bauschutt (keine Baustellenab- fälle, zementgebun- dene Holzwolle- dämmplatten, (Heraklith) gemischt mit künstlichen Mi- neralfasern	Decke	OG2	24,10	191,00 kg/m <sup>3</sup>	174,66
					<b>73,03 m<sup>3</sup></b>	<b>528,07 kg</b>	

**Mineralwolle**

	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	KG	0,73	191,00 kg/m <sup>3</sup>	38,67
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	EG	7,80	191,00 kg/m <sup>3</sup>	654,86
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	OG1	5,00	191,00 kg/m <sup>3</sup>	272,38
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	OG2	5,29	191,00 kg/m <sup>3</sup>	346,72
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	OG3	4,84	191,00 kg/m <sup>3</sup>	275,35
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	OG4	4,72	191,00 kg/m <sup>3</sup>	269,86
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	OG5	4,78	191,00 kg/m <sup>3</sup>	273,59
	XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Dach	DG	1,38	191,00 kg/m <sup>3</sup>	54,82

XX_künstliche Mineralfaser (Glaswolle)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefähr- licher Abfall)	Wand	DG	8,07	191,00 kg/m <sup>3</sup>	696,55
----------------------------------------------	--------------------------------------------------------	------	----	------	-----------------------------	--------

**42,61 m<sup>3</sup>      2 882,82 kg**

XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	EG	11,90	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2030,7 3
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	OG1	12,29	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2082,6 6
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	OG2	15,37	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2660,2 0
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	OG3	8,19	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1500,4 1
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	OG4	6,70	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1240,7 2
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	OG5	6,70	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1239,0 2
XX_künstliche Mineralfaserplat- ten	KMF-Akustikplatten	Decke	DG	4,50	191,00 kg/m <sup>3</sup>	839,36

**65,65 m<sup>3</sup>      11 593,13 kg**

XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	OG1	3,23	24,00 kg/m <sup>3</sup>	26,00
XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	OG2	3,23	24,00 kg/m <sup>3</sup>	23,36
XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	OG3	3,23	24,00 kg/m <sup>3</sup>	23,36
XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	OG4	3,23	24,00 kg/m <sup>3</sup>	23,36
XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	OG5	3,23	24,00 kg/m <sup>3</sup>	23,36
XX_Mineralwolle Glaswolle	Glasswolle	Wand	DG	5,64	24,00 kg/m <sup>3</sup>	25,24

**21,79 m<sup>3</sup>      144,69 kg**

XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	KG	27,14	206,00 kg/m <sup>3</sup>	3051,2 8
XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Decke	EG	48,93	206,00 kg/m <sup>3</sup>	1905,8 0
XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	EG	40,45	206,00 kg/m <sup>3</sup>	4270,5 8
XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	OG1	47,36	206,00 kg/m <sup>3</sup>	4873,0 5
XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	OG2	44,26	206,00 kg/m <sup>3</sup>	4572,2 4
XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	OG3	31,93	206,00 kg/m <sup>3</sup>	3037,8 7
XX_Mineralwolle	Steinwolle	Wand	OG4	31,96	206,00	3027,0

	Steinwolle					kg/m <sup>3</sup>	4
	XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	OG5	32,26	206,00 kg/m <sup>3</sup>	3039,1 5
	XX_Mineralwolle Steinwolle	Steinwolle	Wand	DG	27,49	206,00 kg/m <sup>3</sup>	2661,3 5
					<b>331,78 m<sup>3</sup></b>	<b>30 438,42 kg</b>	
<b>Styropor</b>							
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	KG	148,98	20,00 kg/m <sup>3</sup>	633,77
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	EG	144,75	20,00 kg/m <sup>3</sup>	392,93
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	OG1	134,47	20,00 kg/m <sup>3</sup>	469,46
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	OG2	151,74	20,00 kg/m <sup>3</sup>	545,74
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	OG3	98,39	20,00 kg/m <sup>3</sup>	320,07
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	OG4	89,93	20,00 kg/m <sup>3</sup>	272,18
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	OG5	89,93	20,00 kg/m <sup>3</sup>	272,29
	XX_EPS	POP-Abfall	Wand	DG	29,56	20,00 kg/m <sup>3</sup>	137,79
					<b>887,75 m<sup>3</sup></b>	<b>3 044,20 kg</b>	
	XX_XPS	(H)FCKW haltig, POP-Abfall	Decke	OG3	42,44	43,00 kg/m <sup>3</sup>	1233,1 1
	XX_XPS	(H)FCKW haltig, POP-Abfall	Decke	DG	19,91	43,00 kg/m <sup>3</sup>	559,23
	XX_XPS	(H)FCKW haltig, POP-Abfall	Decke	Dach	74,13	43,00 kg/m <sup>3</sup>	1151,1 9
					<b>136,48 m<sup>3</sup></b>	<b>2 943,53 kg</b>	
					<b>1 559,09 m<sup>3</sup></b>	<b>51 574,87 kg</b>	

Tab. 33 Schadstoffe laut Schad- und Störstofferkundung

Erkundung von Schadstoffen	Betroffene Bauteile bzw. Quantifizierung (z.B. geschätzte Masse, Anzahl; sofern nicht im Rahmen eines Entsorgungskonzepts erfolgt)	Ort
gefährliche künstliche Mineralfaser (z.B.: Glas- und Steinwolle)	Steinwolle: Dämmung Trockenbau, Akustikplatten, Brandschotts	in allen Geschoßen
	Glaswolle: Fassaden-Dämmung, Bodenaufbau, gedämmte Heizungsleitungen	in allen Geschoßen
	zementgebundene Holzwolledämmplatten (Heraklith) gemischt mit künstlichen Mineralfasern (Mineralwolle) => Verbundprodukt	Decken im KG
(H)FCKW-haltige Dämmstoffe oder Bauteile (z.B. Sandwich-Elemente, XPS-Platten)	XPS-Dämmung (POP-Abfall / gefährlicher Abfall)	Dach

schadstoffhaltige elektrische Bestandteile u. Betriebsmittel (z.B. Hg-haltige Gasdampf lampen, Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, PCB-haltige Kondensatoren, sonstige PCB-haltige elektrische Betriebsmittel, Kabel mit ölhaltigen Isolierflüssigkeiten)	Leuchtstoffröhren	in allen Geschoßen
Kühlmittel und Isoliermaterialien in Kühl- und Klimageräten mit (H)FCKW	Klimaanlagen	in allen Geschoßen
	Kühlschrank	DG (Küche)
sonstige Stoffe, die eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen (z.B.: POP-Abfälle, Taubenkot)	Feuerlöscher	in allen Geschoßen
	EPS-Dämmung (POP-Abfall)	Fassade

Tab. 34 Störstoffe laut BIM-Modell

I D	Name	Störstofferkun- dung	Ele- ment- Typ	Ur- sprungs- geschoss Name	Volu- men (brutto)	Rohdich- te	Mas- se
<b>Bitumen</b>							
	XX_Bitumen	54912 Bitumen u. Asphalt, bituminö- se Dachpappe	Decke	OG3	42,4	1 212,00 kg/m <sup>3</sup>	1669, 8
	XX_Bitumen	54912 Bitumen u. Asphalt, bituminö- se Dachpappe	Decke	DG	19,9	1 212,00 kg/m <sup>3</sup>	748,2
	XX_Bitumen	54912 Bitumen u. Asphalt, bituminö- se Dachpappe	Decke	Dach	74,1	1 212,00 kg/m <sup>3</sup>	1537, 0

**136,48 m<sup>3</sup>      3 954,98 kg**

<b>Gipskarton</b>							
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Decke	KG	0,6	906,00 kg/m <sup>3</sup>	470,9
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	KG	53,3	906,00 kg/m <sup>3</sup>	6089, 3
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	EG	75,9	906,00 kg/m <sup>3</sup>	7827, 1
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	OG1	93,2	906,00 kg/m <sup>3</sup>	9219, 4
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	OG2	87,1	906,00 kg/m <sup>3</sup>	8622, 4
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	OG3	62,4	906,00 kg/m <sup>3</sup>	5730, 0
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	OG4	62,5	906,00 kg/m <sup>3</sup>	5709, 3
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	OG5	63,1	906,00 kg/m <sup>3</sup>	5735, 8
	XX_Gipskarton	gipshaltige Bau- stoffe	Wand	DG	56,6	906,00 kg/m <sup>3</sup>	5096, 0

**554,69 m<sup>3</sup>      54 499,88 kg**

<b>Metall</b>							
	XX_Metallrahmen - abgehängte De- cken	abgehängte Decken - Metall	Decke	KG	0,6	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	33,1
	XX_Metallrahmen - abgehängte De- cken	abgehängte Decken - Metall	Decke	EG	12,0	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	350,1
	XX_Metallrahmen - abgehängte De- cken	abgehängte Decken - Metall	Decke	OG1	12,3	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	356,8
	XX_Metallrahmen - abgehängte De- cken	abgehängte Decken - Metall	Decke	OG2	15,4	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	453,4

XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	abgehängte Decken - Metall	Decke	OG3	8,2	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	259,0
XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	abgehängte Decken - Metall	Decke	OG4	6,7	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	215,6
XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	abgehängte Decken - Metall	Decke	OG5	6,7	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	215,2
XX_Metallrahmen - abgehängte Decken	abgehängte Decken - Metall	Decke	DG	4,5	1 905,00 kg/m <sup>3</sup>	147,7

**66,51 m<sup>3</sup>      2 030,67 kg**

<b>Mineralwolle</b>						
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	EG	11,9	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2030,7
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	OG1	12,3	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2082,7
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	OG2	15,4	191,00 kg/m <sup>3</sup>	2660,2
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	OG3	8,2	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1500,4
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	OG4	6,7	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1240,7
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	OG5	6,7	191,00 kg/m <sup>3</sup>	1239,0
XX_künstliche Mineralfaserplatten	gipshaltige Baustoffe	Decke	DG	4,5	191,00 kg/m <sup>3</sup>	839,4

**65,65 m<sup>3</sup>      11 593,13 kg**

<b>Teppich</b>						
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	KG	7,2	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	741,8
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	EG	38,7	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	3637,5

XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	OG1	39,5	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	3703,2
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	OG2	40,4	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	3785,5
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	OG3	20,4	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	2088,3
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	OG4	20,4	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	2087,1
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	OG5	20,4	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	2084,5
XX_Teppich	nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten) - Teppich	Decke	DG	13,7	1 031,00 kg/m <sup>3</sup>	1402,1
					<b>200,86 m<sup>3</sup></b>	<b>19 529,92 kg</b>
					<b>1 024,19 m<sup>3</sup></b>	<b>91 608,58 kg</b>

Tab. 35 Störstoffe laut Schad- und Störstofferkundung

Erkundung von Störstoffen	Betroffene Bauteile bzw. Quantifizierung (z.B. geschätzte Masse, Anzahl; sofern nicht im Rahmen eines Entsorgungskonzepts erfolgt)	Ort
stationäre Maschinen (z.B. haustechnische Anlagen), Elektrogeräte	Haustechnische Anlagen wie Heizkörper, Stromkasten, Fernwärmanlage, Rauchmelder, Kabel, etc.	in allen Geschoßen
	Energiesparlampen	in allen Geschoßen
nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge (ausgenommen Tapeten)	Teppich	in allen Geschoßen (außer im KG)
	PVC-Bodenbelag	in allen Geschoßen
abgehängte Decken	Metall	in allen Geschoßen

Überputz-Installationen aus Kunststoff (z.B. Kabel, Kabelkanäle, Sanitäreinrichtungen)	Überputz- bzw. Elektro-Installationen, Sanitäreinrichtungen (z.B. Waschbecken, Toiletten)	in allen Geschoßen
Fassadenkonstruktionen und -systeme (z.B. vorgehängte Fassaden, Glasfassaden, Wärmedämmverbundsysteme)	EPS-Dämmung (siehe Punkt 2.15)	
	Glaswolle (siehe Punkt 2.1)	
Abdichtungen (z.B. Bitumenpappe, Kunststofffolien)	bituminöse Dachpappe	Dach
gipshaltige Baustoffe (z.B. Gipskartonplatten, Gipsdielen, gipshaltige Fließestriche), ausgenommen gipshaltige Wand- und Deckenputze sowie gipshaltige Verbundstriche	Trockenbauwände	in allen Geschoßen
	abgehängte Decken	tlw. im Gangbereich in allen Geschoßen
Türen und Fenster	Aluminiumfenster	in allen Geschoßen
	Holz- und Glastüren	in allen Geschoßen
	Fensterbänke aus Holz	in allen Geschoßen
	Brandschutztüren (Baujahr 1999)	KG
sonstige Störstoffe	Stahlkonstruktionen (Stahlzargen, Metallgeländer im Stiegenhaus), Rohre	in allen Geschoßen
	Büromöbel	in allen Geschoßen

## 9.2 Grundrisse, Schnitte, Ansichten BIM-Modell

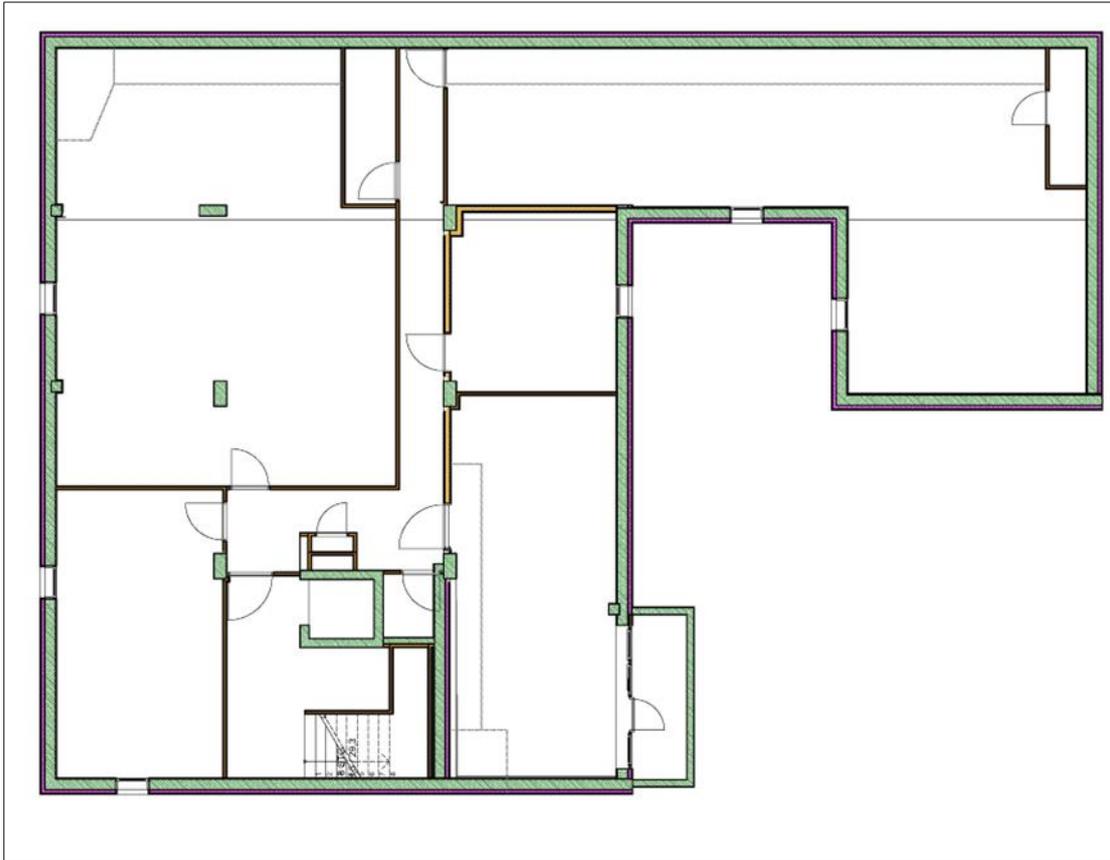


Abb. 28 Fallbeispiel Grundriss KG

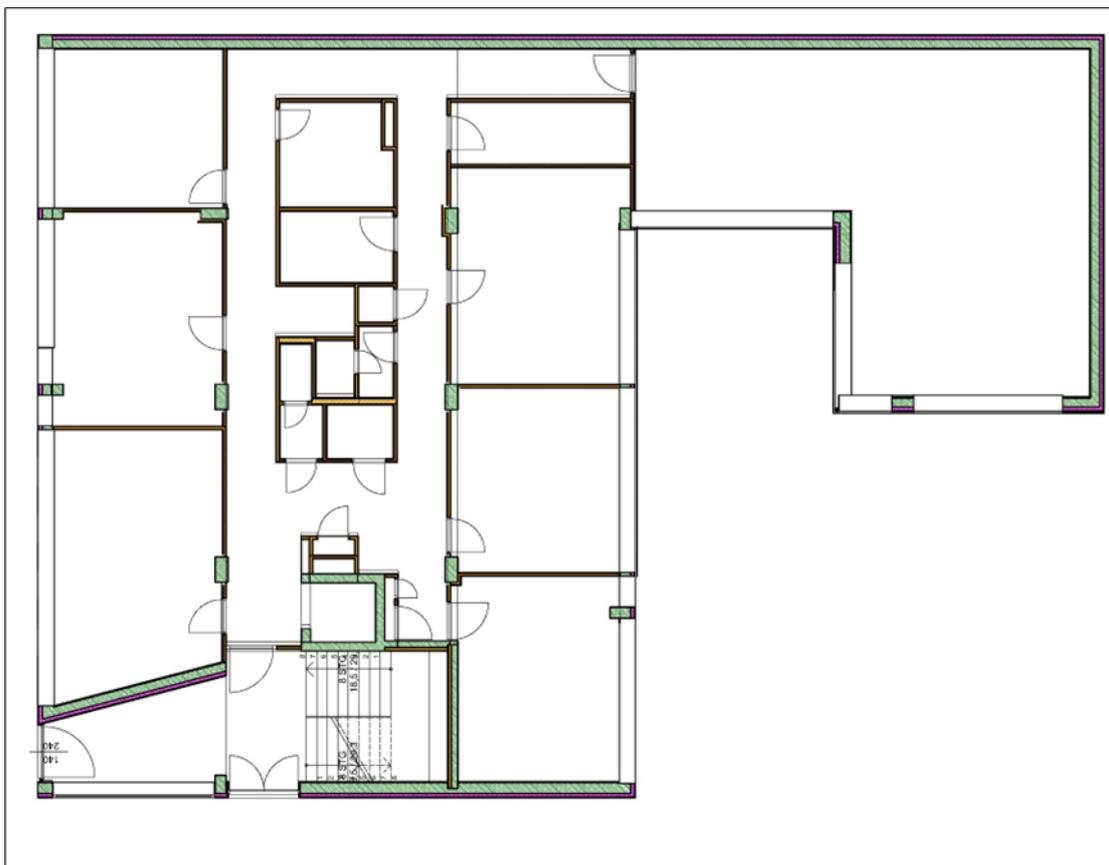


Abb. 29 Fallbeispiel Grundriss EG

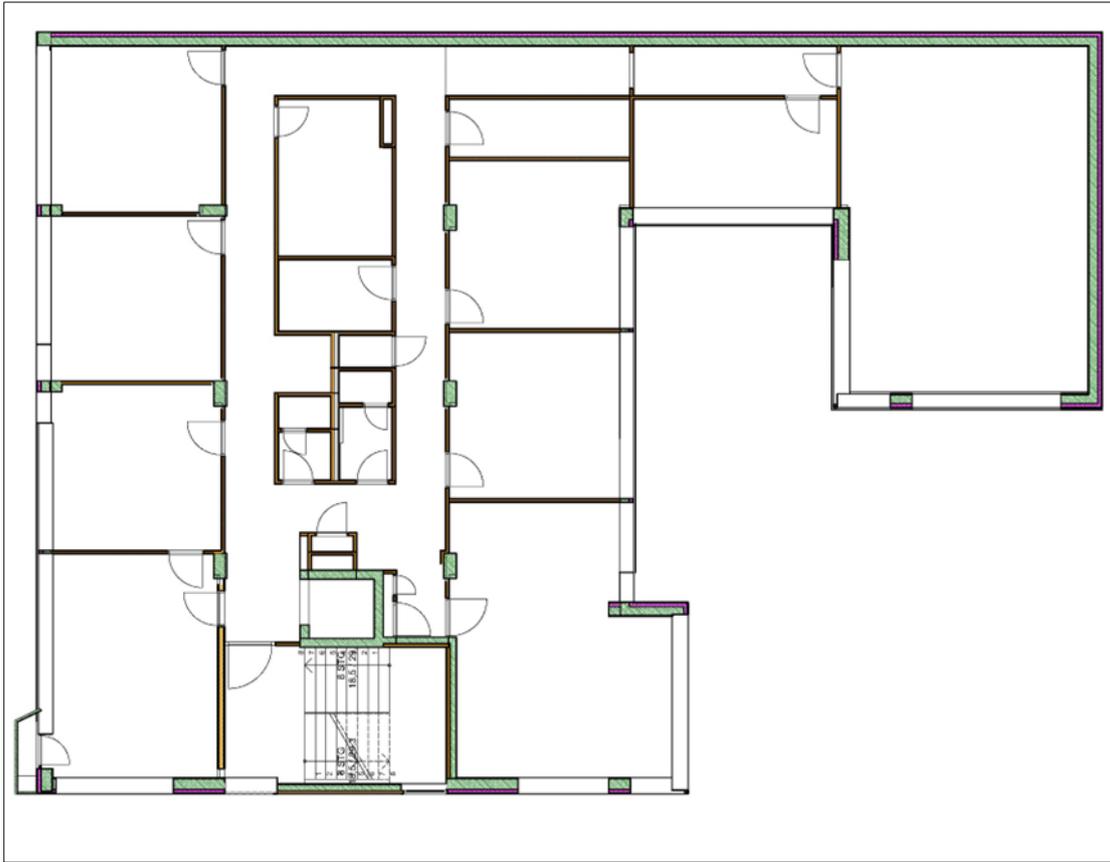


Abb. 30 Fallbeispiel Grundriss OG1

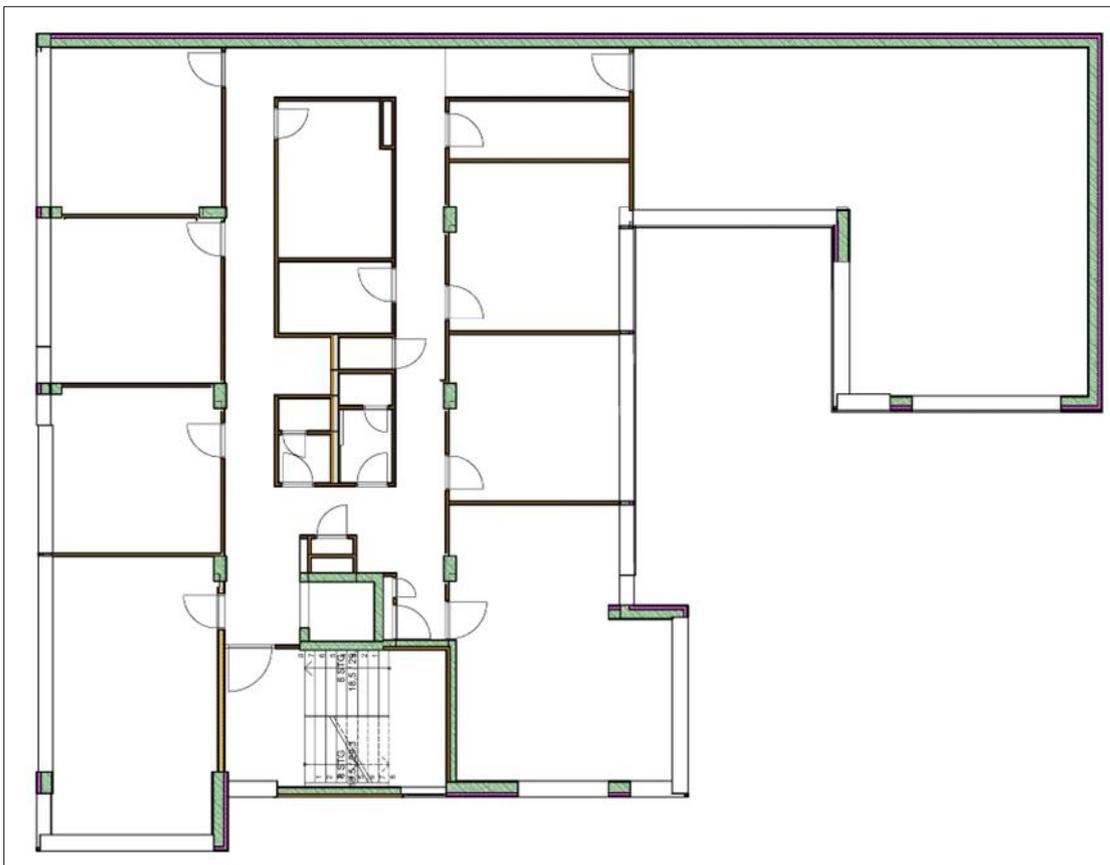


Abb. 31 Fallbeispiel Grundriss OG2

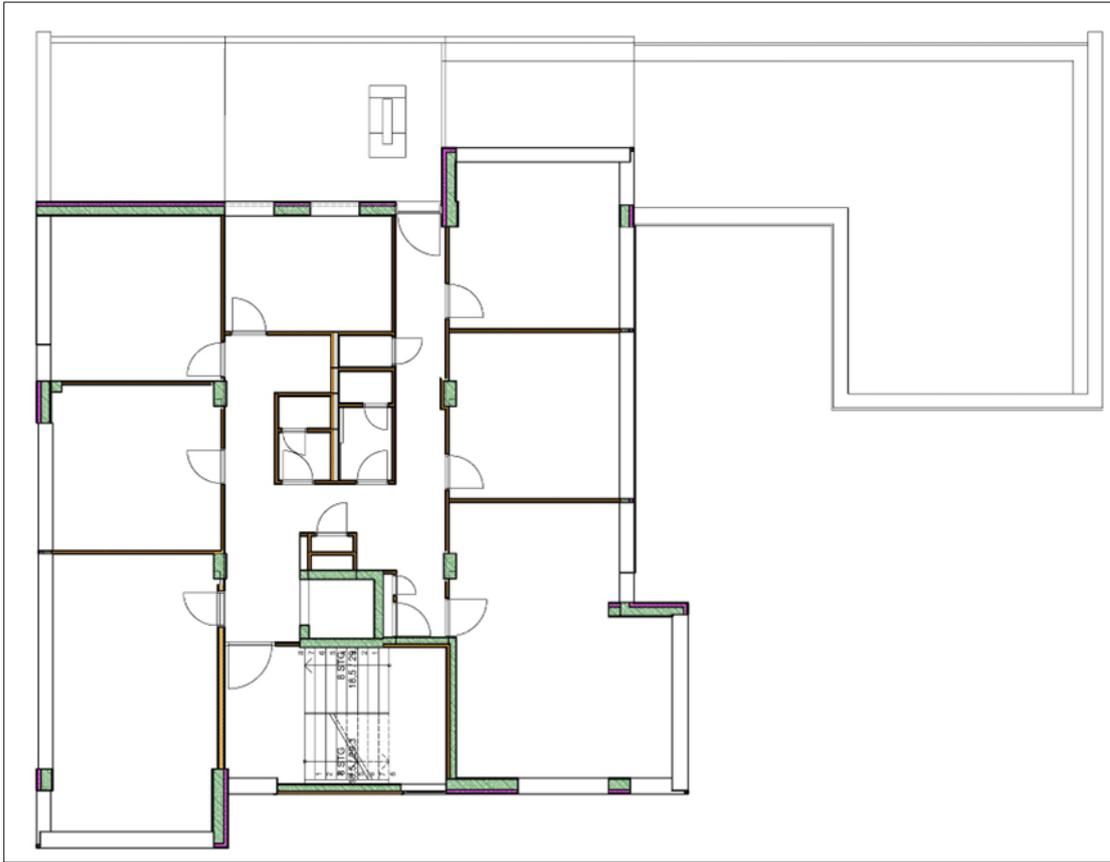


Abb. 32 Fallbeispiel Grundriss OG3

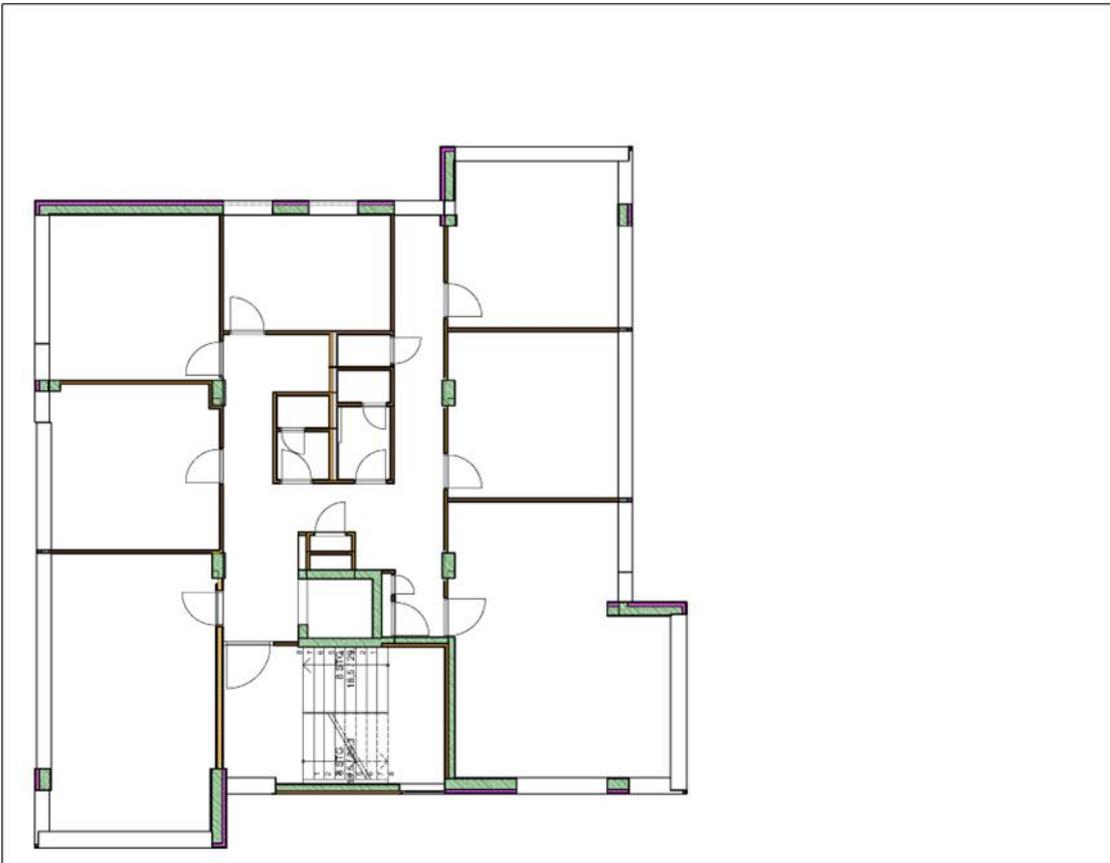


Abb. 33 Fallbeispiel Grundriss OG4

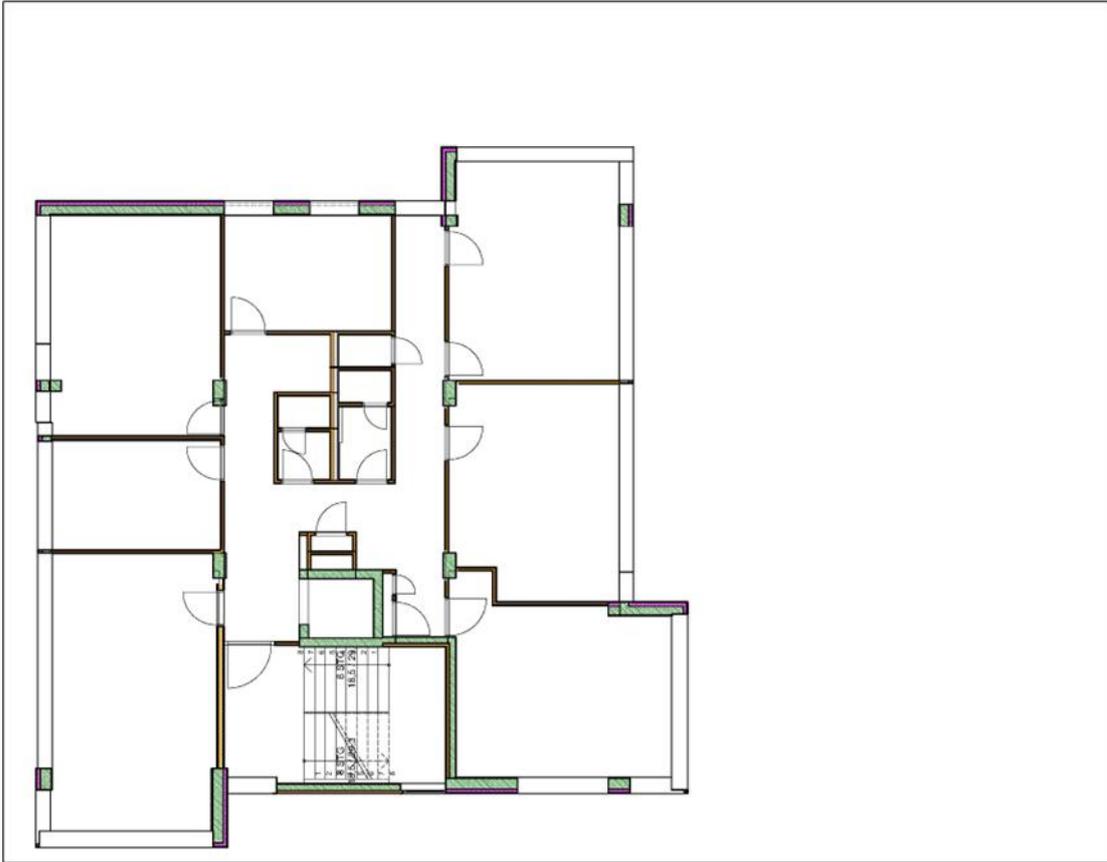


Abb. 34 Fallbeispiel Grundriss OG5

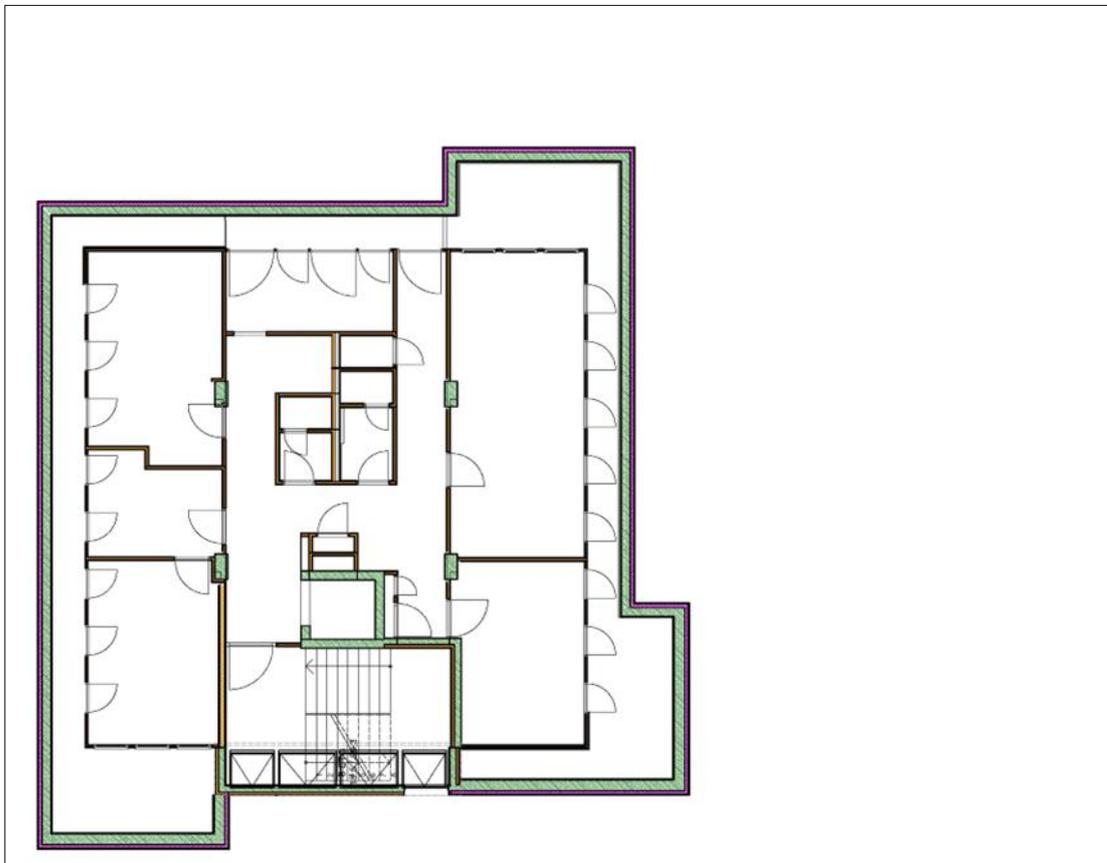


Abb. 35 Fallbeispiel Grundriss DG

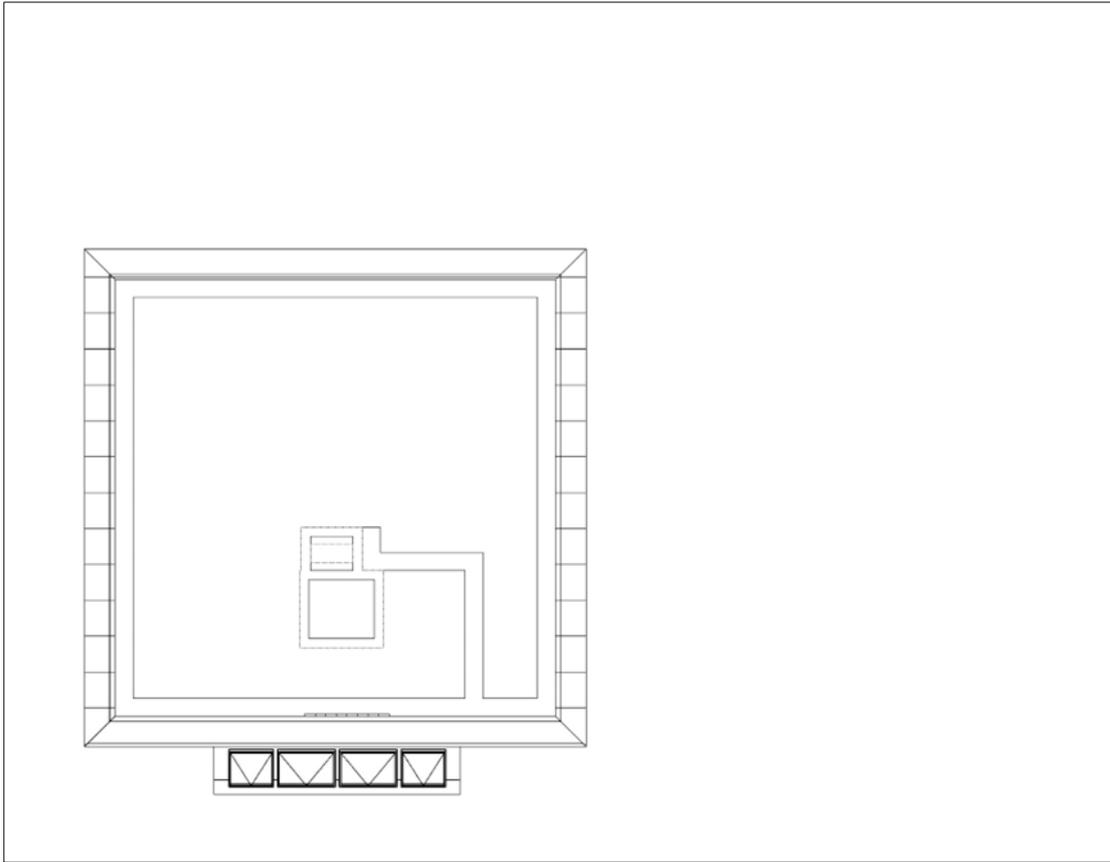


Abb. 36 Fallbeispiel Grundriss Dach

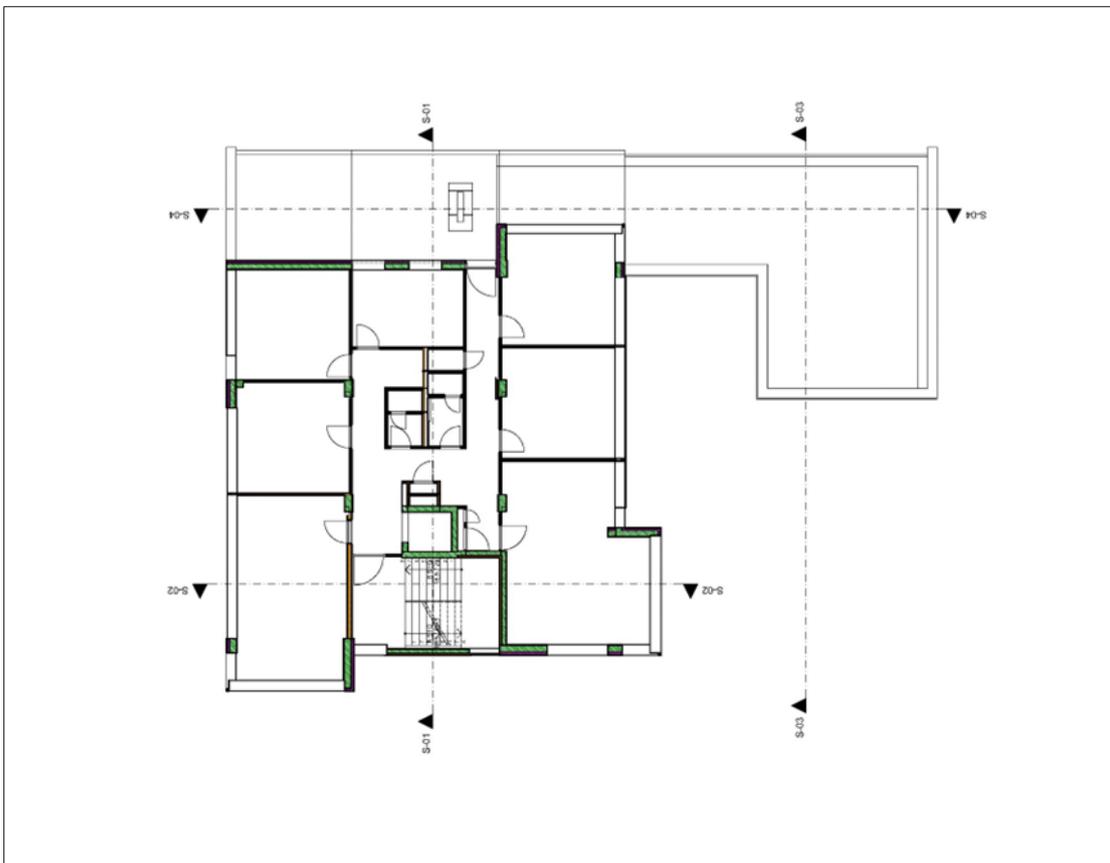
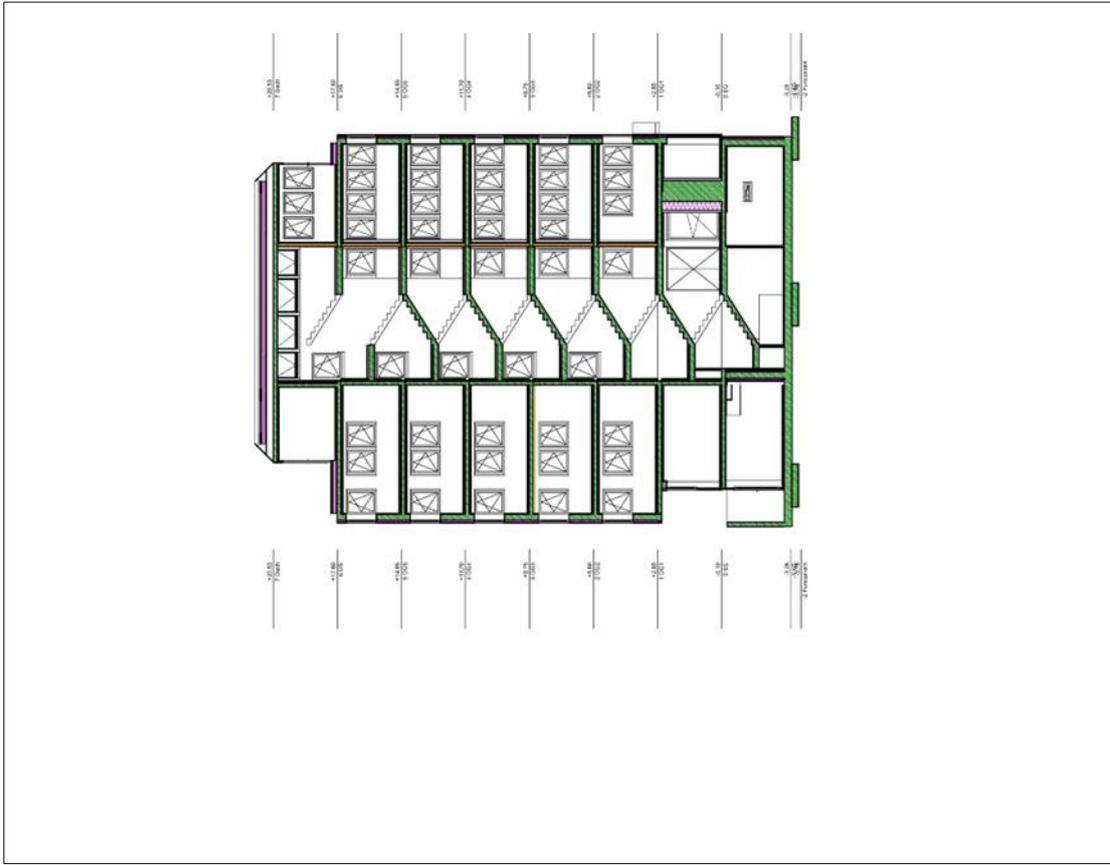
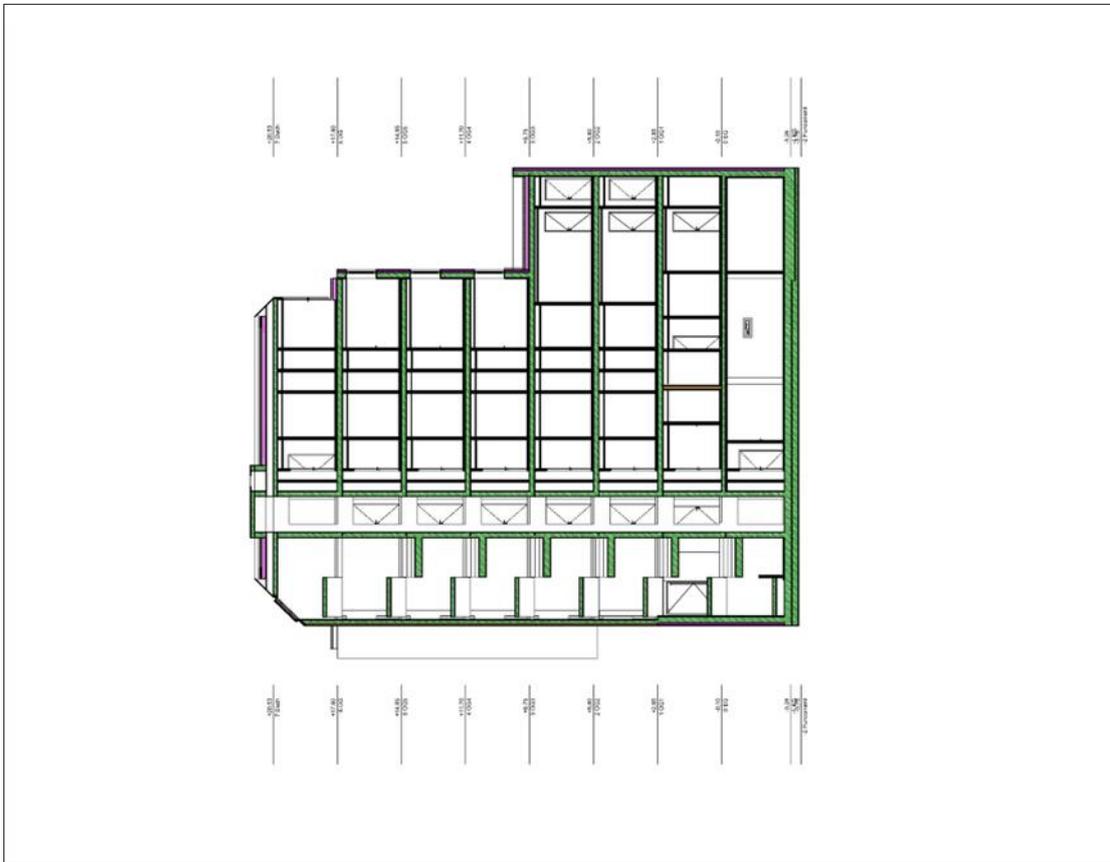


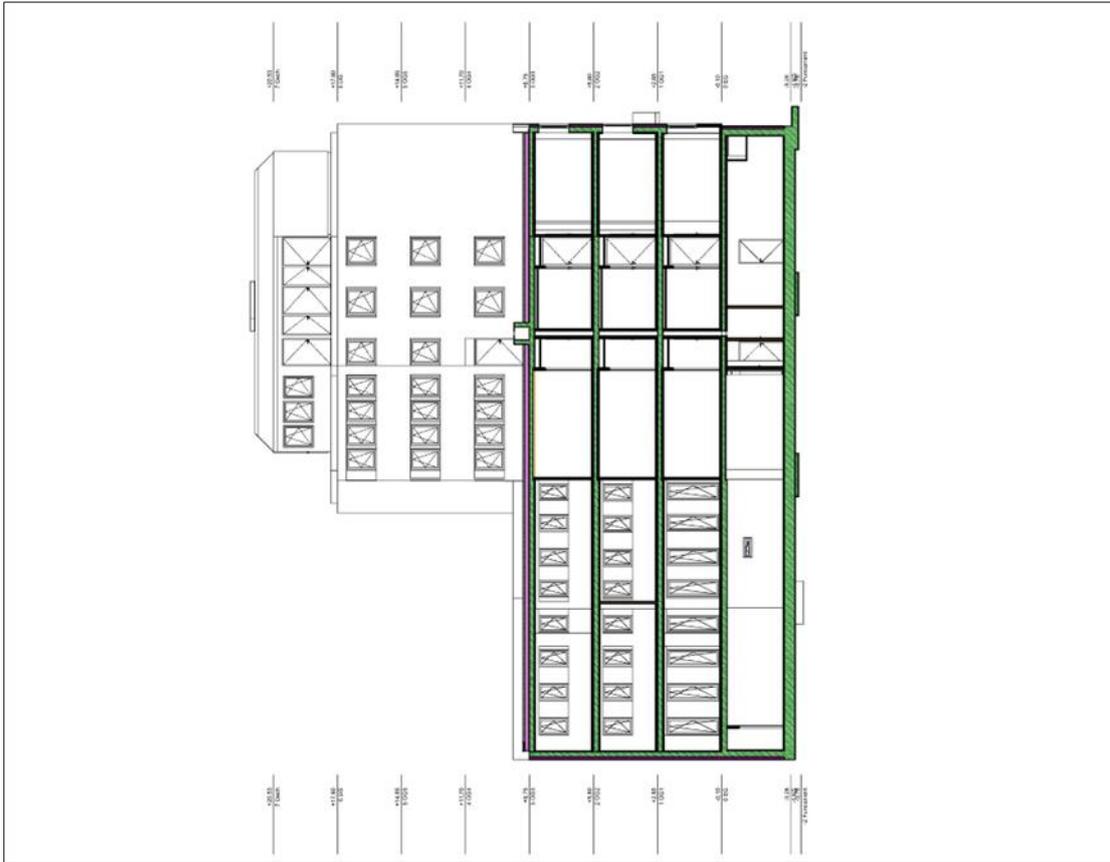
Abb. 37 Fallbeispiel Schnitt Übersicht



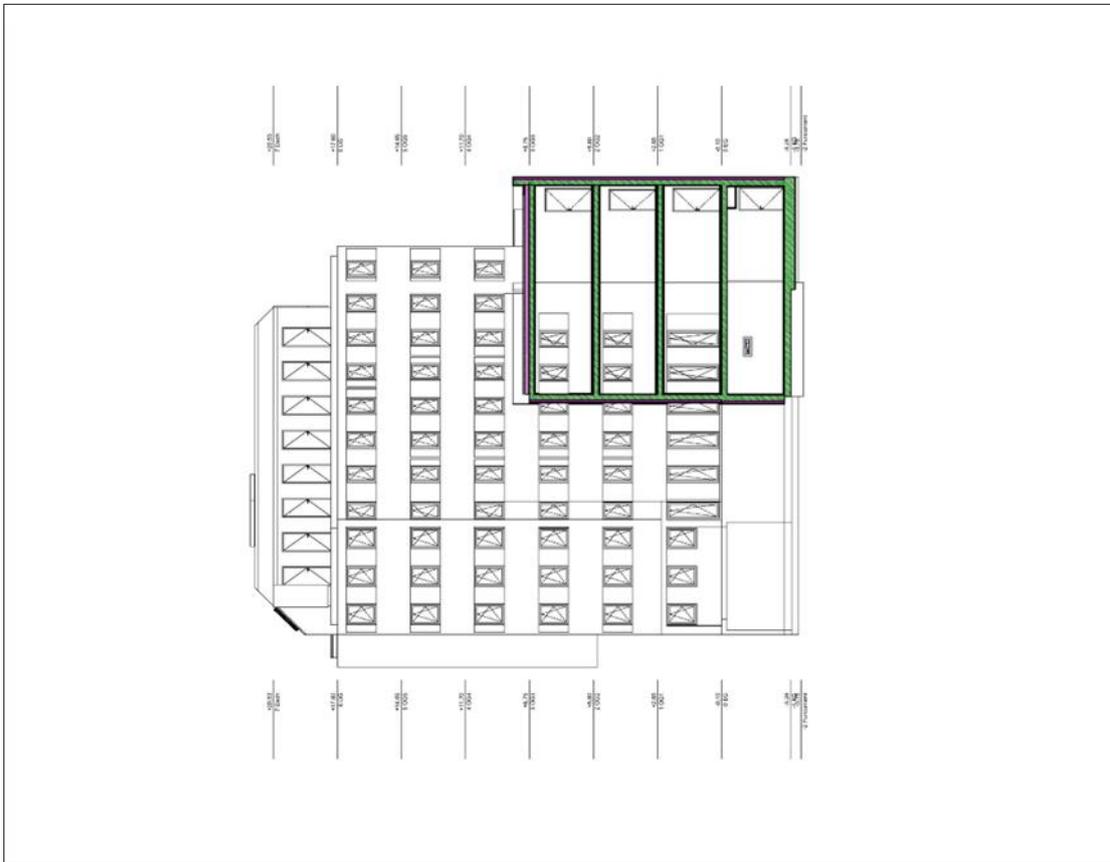
**Abb. 38** Fallbeispiel Schnitt 01



**Abb. 39** Fallbeispiel Schnitt 02



**Abb. 40** Fallbeispiel Schnitt 03



**Abb. 41** Fallbeispiel Schnitt 04

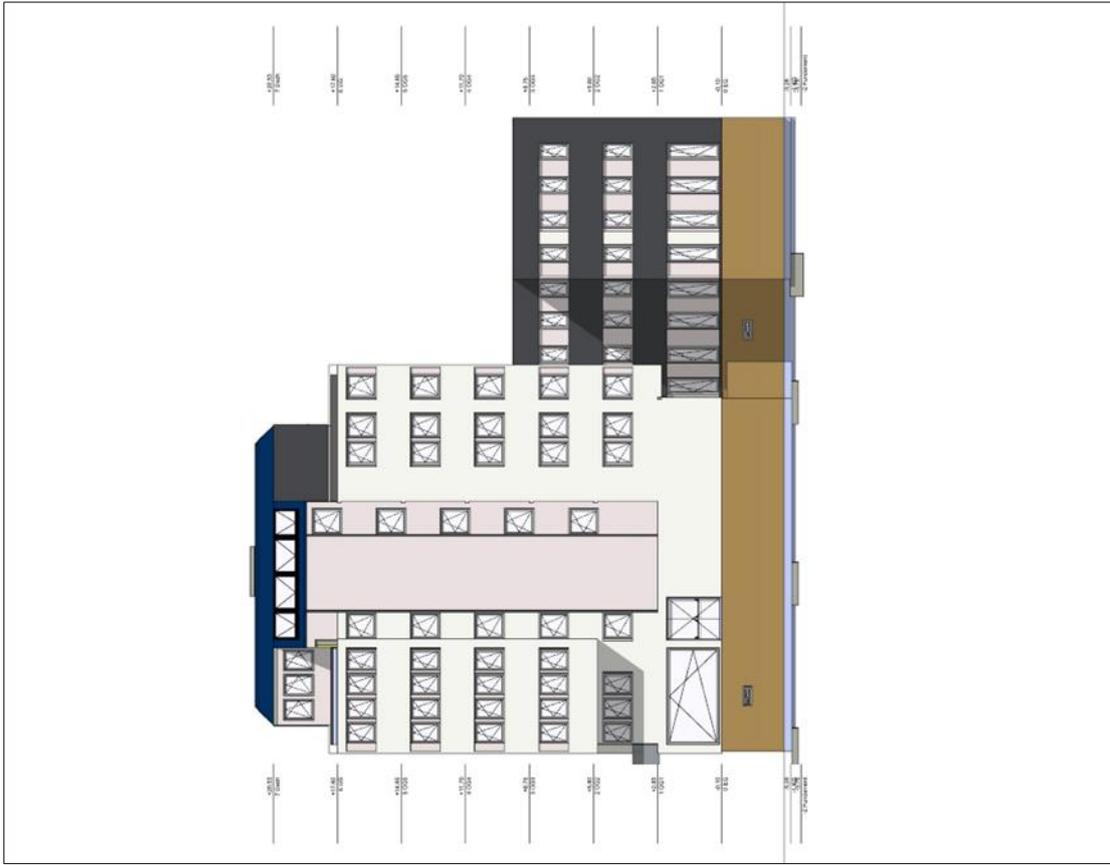
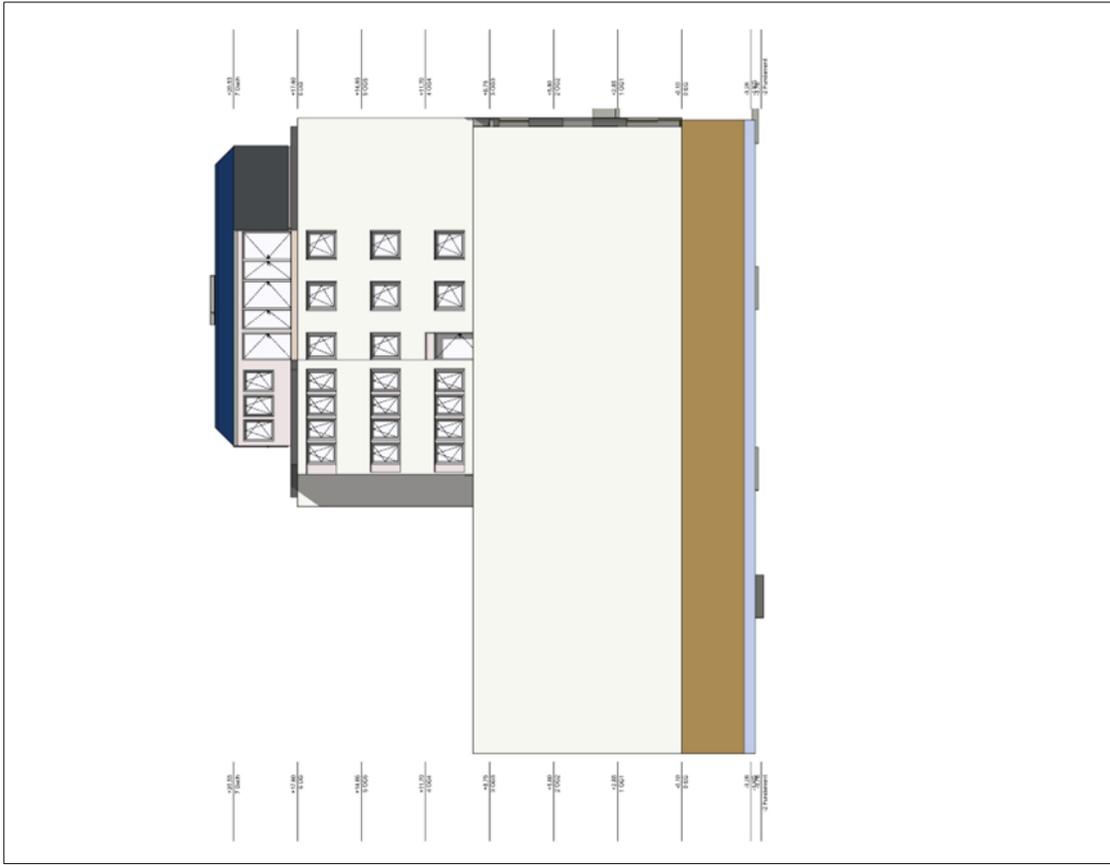


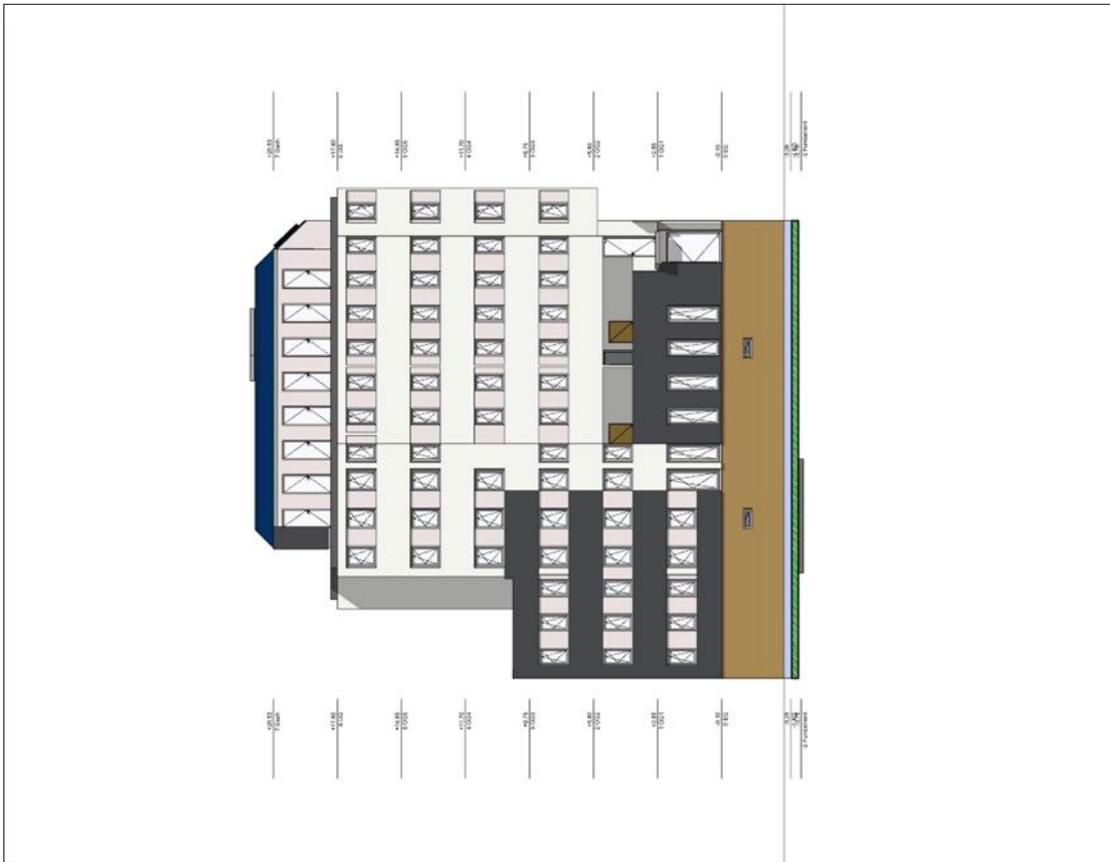
Abb. 42 Fallbeispiel Ansicht Ost



Abb. 43 Fallbeispiel Ansicht Süd



**Abb. 44** Fallbeispiel Ansicht West



**Abb. 45** Fallbeispiel Ansicht Nord

## 9.3 Experteninterviews – Niederschrift

Die Experteninterviews wurden am 22.11.2024 (Exp. 3 und Exp. 4), 04.12.2024 (Exp. 2) und 11.12.2024 (Exp. 1) geführt. Aus Datenschutzgründen erfolgte die Zuteilung der Bezeichnungen Exp. 1 bis Exp. 4 zu den Experten nach dem Zufallsprinzip.

### 9.3.1 BIM in der Rückbauplanung

#### 9.3.1.1 Frage 1

Gibt es in der Branche bereits Erfahrungen, BIM in der Rückbauplanung einzusetzen?

#### Exp. 1:

Ganz wenig. Ich habe noch von keinem zweiten Projekt gehört, für das wir ein BIM-Modell extra für den Rückbau gemacht haben. Das war beim Rückbau von einem Autowerk in München. Und da war es auch klug, das zu machen. Und zwar deswegen um den Sanierungs-, dann den Rückbau- und dann den Neubaufortschritt entsprechend zu koordinieren, in Kombination mit Lean Management Methoden. Da hat sich das eingefügt oder war notwendig als Werkzeug.

Ich glaube, dass das grundsätzlich ganz gut funktioniert hat. Aber wenn die Rahmenbedingungen anders sind, steht der Aufwand nicht dafür.

Und das war eben ein sehr spezieller Fall. Sonst gibt es das noch kaum, weil die Gebäude, die abgebrochen werden, noch nicht mit BIM geplant wurden. Das ist einmal das eine und in der Regel wird kein BIM extra für den Abbruch gemacht. Wobei viel diskutiert wird, ob und in welchen Bereichen das sinnvoll ist. Bei diesem einen Beispiel war es sinnvoll und da haben wir das auch getan.

#### Exp. 2:

Ohne dass ich das jetzt empirisch belegen könnte, traue ich mich behaupten - nein, weil wir tatsächlich froh sind, wenn wir Neubauten mit BIM hinkriegen, wir aber natürlich keine Gebäude abreißen, die in den letzten 10 Jahren gebaut wurden. Das ist bestenfalls das, was an Datenbestand da ist. Ich würde mich trauen zu behaupten, dass 99,9% aller Immobilien kein BIM Objekt oder kein entsprechendes Bim-Modell haben und somit, wenn ich ein Gebäude abreißen wollte, müsste ich erst ein BIM-Modell bauen, um es beim Gebäudeabriss anwenden zu können. Das wird niemand tun. Wir tun es noch nicht einmal fürs Umbauen und geschweige denn fürs Abreißen.

Es wird schon, sagen wir einmal bei Umbauten, bei Refurbishments und so weiter sehr wohl bei komplexeren größeren Gebäuden eingesetzt. Da ist es dann durchaus so, wenn bei Refurbishments, mitunter größere Teile herausgebrochen werden oder abgebrochen werden, dass das wohl schon eingesetzt wird. Ich würde sagen, es passiert in 0,5 % der Projekte.

#### Exp. 3:

Gute Frage. Also im Rückbau würde ich sagen eher weniger, im Bauprozess ja, aber im Rückbau ist es abhängig davon, ob die Gebäude alt sind und es generell kein BIM-Modell von bestehenden Gebäuden gibt, das ist eben eine Problematik.

Diese Methode in der Rückbauplanung heranzuziehen ist nicht eines der ersten Ziele für uns. Zuerst müssen wir schauen, dass es in der Planungsphase funktioniert, dass wir Rückbaukon-

zepte entwickeln, in welcher Form die dann stehen werden ist nicht klar. Auf jeden Fall werden Rückbaukonzepte entwickelt, manchmal ist es einfach nur eine allgemeine Dokumentation, Textdokumentation PDF oder was auch immer. Dass wir das wirklich als Standard einbauen steht noch nicht in Frage, aber es gibt schon Pilotprojekte, wo wir das auch machen. Also dass der Bestand aufgenommen wird und dass dafür dann die Daten genutzt werden.

Also wir machen natürlich auch Rückbau, aber es ist einfacher, sagen wir, ein BIM-Modell für neue Gebäude zu stellen als für den Bestand und das ist auch vom Zeithorizont her noch ein bisschen weiter entfernt von unseren Entwicklungen, sagen wir mal so.

#### **Exp. 4:**

Sehr wenig also, das beschränkt sich auf einzelne Beispiele. Wir haben in einem BIM- Projekt 10 Fallbeispiele durchexerziert. Ich weiß, dass es auch in konkreten realen Rückbauprojekten, also ohne Forschungsfokus, schon einmal etwas gegeben hat. Aber nur dann, wenn es monetär einen Sinn gemacht hat. Wenn es um ein Sanierungsprojekt geht. Wo ich für die Sanierung sehr exakte Bestandspläne brauche und die gleichzeitig in ein BIM überführe und dann das für die Zukunft schon als Grundlage habe. Einen konkreten Fall gibt es, ich glaube in Deutschland. Da ist es aus dem Grund mit BIM gemacht worden, weil man ein großes Projekt gehabt hat, wo man mehrere Zonen gehabt hat und wo es sehr enge Bauzeitpläne gegeben hat und wo es sehr wichtig war, dass das Eine sehr gut in das Andere übergreift und die Zeitpläne eingehalten werden. Deswegen hat man da sehr viel Aufwand in die Erhebung des Bestands und in die BIM-Überführung verwendet und das dann in der Form für den Rückbau verwendet. Unsere Erfahrung aus dem BIM-Projekt ist, muss man ehrlich sagen, dass der Aufwand ein Bestandsobjekt in BIM überzuführen, also eine Punktwolke zu generieren und die Punktwolke in ein BIM überzuführen, praktisch nicht finanzierbar ist und außerhalb von der Forschung momentan nicht realisierbar ist. Das hängt zu einem großen Teil damit zusammen, das es zumindest vor 2 bis 3 Jahren noch keine adäquaten Tools gab, um Punktwolken in BIM Objekte überzuführen. Ich weiß es gibt mittlerweile die einen oder anderen Ansätze. Aber darüber hinaus gibt es ja noch das Problem, dass du dann geometrische Bauteile vielleicht auch noch unterteilen musst in schadstoffbelastet und nicht schadstoffbelastet und dergleichen. Und da wird es noch sehr komplex.

#### **9.3.1.2 Frage 2**

Welche Verbesserungen erwarten Sie beim Einsatz von BIM in der Rückbauplanung?

#### **Exp. 1:**

Wenn sowieso schon im BIM geplant wird, erwarte ich einmal einen Informationsvorsprung, den ich im Vergleich zu jetzt nicht habe. Vor allem wenn das BIM-Modell nach der Planung weiterverwendet und gepflegt wird, bei Wartungsarbeiten, Umbauten und so weiter. Sodass der Zustand des Gebäudes im BIM entsprechend richtig abgebildet ist. Dann brauche ich eigentlich eine Schad- und Störstofferkundung nicht, weil ich sowieso weiß, was drinnen ist.

#### **Exp. 2:**

Die üblichen Vorteile. Mehr Sicherheit über Mengen, mehr Klarheit darüber, was drinnen ist, nur das ist relativ, weil ich kann auch bei einem Bestandsgebäude nur raten, was drinsteckt in der Wand. Also ich kann mir ein BIM-Modell von der Wand machen, die eine Außen- und Innenseite hat, aber was da wirklich drin ist, weiß man eigentlich erst, wenn der Hammer kommt.

**Exp. 3:**

Dass alle Daten gesammelt sind in einem Modell, weil sonst hat man viele zerstreute Daten, oder überhaupt gar keine digitalen Daten, sondern einfach 2D Pläne, je nachdem wie alt der Bestand ist. Für eine Datenhaltung finde ich gut, dass man ein BIM hat und auch für Simulationen im selektiven Rückbau. Damit man weiß was zuerst rückgebaut wird und was später. In dem Sinne finde ich BIM schon relevant, aber wie gesagt, das ist schon auch ein Aufwand überhaupt ein Modell zu erstellen. Und da muss man immer schauen wie genau das BIM-Modell sein sollte und brauche ich es überhaupt um einen Rückbau zu machen. Vielleicht braucht man manche Informationen gar nicht, man muss schauen, was unbedingt notwendig ist. Also das Minimum, das notwendig ist, aber nicht viel mehr darüber hinaus, das man dann gar nicht brauchen würde zu modellieren, weil sonst ist es einfach ein unnötiger Aufwand.

**Exp. 4:**

Also ich kann mir vorstellen, dass es für Fälle Sinn macht, wenn man verwertungsorientierten Rückbau wirklich ernst nimmt. Also sprich, wenn wirklich die Verwertung der Materialien im Vordergrund, oder mehr in den Vordergrund kommt und mehr in den Vordergrund gestellt wird. Wie gesagt, das ist nach wie vor meine Erfahrung bei Projekten, dass es eher darum geht, dass der Bestand beseitigt wird, um etwas Neues zu bauen. Und dass die Materiallenkung eher sekundär ist. Ich denke, es wird zunehmend besser. Wie schnell das geht, Fragezeichen.

Der aktuell wichtigste Treiber ist sicher auch die Taxonomie-Verordnung, wo Vorgaben drinnen stehen, dass bei einer Sanierung ein gewisser Anteil der dabei anfallenden Abfälle und Rückbauabfälle wiederverwendet und wiederverwertet werden muss. Bei einem Neubau im Falle, dass ein Abbruch auch stattfinden muss für diesen Neubau, gibt es entsprechende Kriterien und nur wenn diese Kriterien eingehalten werden, dann gilt das Objekt als taxonomiefähig. Dann habe ich sozusagen in der Finanzierung einen Vorteil und das beginnt zu greifen.

**9.3.2 Fügung**

Ein großes Thema ist die Ausbaubarkeit (auch Fügung genannt) von Bauteilen (-und Materialien) im Zuge eines Rückbaues. Im Rahmen des zu erarbeitenden Workflows wurde ein Attribut "Fügung" für Bauteile definiert, das folgende Werte annehmen kann:

- „ohne Schädigung lösbar“
- „teilweise mit Schädigung lösbar“
- „mit Schädigung lösbar“

**9.3.2.1 Frage 3**

Welche Möglichkeiten sehen Sie, die Fügung von Bauteilen in ein BIM Modell einzupflegen?

**Exp. 1:**

Das ist auf jeden Fall eine wesentliche Information, wie die Fügetechnik aussieht, um den Rückbau zu planen. Nämlich ob das gesteckt, gedübelt, geklebt, oder ob es nur zum Runternehmen ist. Und daran knüpft natürlich an, wie aus Ihrer Kategorie ersichtlich, ob dann das Bauteil

noch weiter verwendbar ist oder nicht. Ob es dann kaputt ist oder nicht. Wenn ich die verklebte XPS-Platte runterreiß, dann ist es kaputt.

Also die drei Kategorien sind wahrscheinlich ausreichend, weil ob man das in fünf Kategorien einteilt, weil die Genauigkeit wahrscheinlich notwendig sein wird, oder wenn man sagt, man kann es trennen und es wird nicht zerstört. Also man weiß, man kann es nachher wiederverwenden oder es wird zerstört, das reicht glaube ich vollkommen aus. Mit den drei Kategorien, da brauchen wir nicht mehr glaube ich.

### **Exp. 2:**

Ah ja, da diskutieren wir sehr intensiv drüber, auch im Zuge anderer Forschungsprojekte, die so was hier vorangegangen sind, wie zum Beispiel materieller Gebäudepass etc. Tatsächlich habe ich einen Termin, wo wir über genau diese Sachen diskutieren, weil das Thema Kreislaufwirtschaft uns dazu zwingt über diese Sachen nachzudenken. Ich kann dir jetzt aber sagen, dass wir da noch kein Konzept haben, kein endgültiges. Das heißt, es gibt sehr wohl Überlegungen, wie man das machen könnte. Zum Beispiel, dass man auf einzelne Bauteilschichten Informationen dazu gibt. Bist du verklebt bist, du verschraubt und so weiter, dass man es über Grundkonstruktionsarten erfassen kann. Also Stahl ist grundsätzlich relativ gut demontierbar, wenn es nicht geschweißt ist. Also wenn es verschraubt ist. Holz ist in der Regel auch verschraubt, wenn es vernagelt ist und so weiter. Über solche Füge-Logiken lässt sich da schon was machen, aber eine einheitliche Systematik wie man das BIM mäßig erfasst, wäre mir nicht bekannt. Da diskutieren wir im Moment in diversen Forschungskreisen drüber, wie das künftig geht, weil das weiß keiner bis jetzt.

### **Exp. 3:**

Also allgemein ist ja die Fügungstechnik nicht wirklich abbildbar in BIM, weil das eine Eigenschaft ist, die zwischen den Schichten liegt. Das heißt man müsste dann auf jede einzelne Schicht diese Information anhängen und sagen die Schicht darüber ist einfach lösbar. Die Fügung zwischen der oberen und unteren Schicht ist einfach lösbar und das müsste man dann an eine Schicht anhängen und dann für jede obere und untere Schicht die geltende Fügung eintragen. Oder man könnte auch eine Ghostschicht machen. Das wäre auch eine Möglichkeit, dass man sagt, man fügt eine Schicht hinzu, die keine Dicke hat, also 0,0001 und hängt diese Information an diese Ghostschicht. Aber ich finde, dass es vom Modellierungsaufwand her und vom Modellierungsstandard her einfach nicht passen würde, wenn man überall noch eine Zwischenschicht hinein modelliert, weil das einfach niemand macht. Diese Zwischenschicht ist dann auch nur da für diese Fügung und hat sonst keine richtige Materialität oder eine Dicke oder sonst etwas. Also ich habe das bis jetzt noch nicht erlebt, dass es jemand gemacht hat. Und diese Fügung, diese Verbindungsart, ist kritisch, also schwierig in einem BIM-Modell einzupflegen. Und dann gibt es auch Methoden, dass man diese Daten exportiert und dann in einem anderen Tool diese Information einbringt. Das ist dann nicht das BIM Format, sondern einfach ein anderes Format. Das war bei mir auch eine bestimmte Software, wo ich diese Information noch angehängt habe als extra Parameter, als extra Attribut. Und dann gibt es zum Beispiel auch die Lösung beim materiellen Gebäudepass, wie zum Beispiel bei Concular. Da gibt es unterschiedliche Plattformen, die sich auch damit beschäftigen und die haben dann auch einen extra Parameter, also ein Dropdown-Menü zum Auswählen für diese Eigenschaft.

**Exp. 4:**

Da bin ich jetzt zu wenig der, der selbst macht. Ich habe die BIM-Modelle nicht selbst entwickelt und ich kenne mich in den BIM Modellgenerierungen noch nicht so gut aus, aber ich weiß im Prinzip geht es darum Bauteilen, beziehungsweise geometrischen Figuren, Attribute zuzuweisen. Und gerade bei der Fügung ist es oft schwierig wo man diese Information dazugibt.

Da habe ich jetzt keine Erfahrung wie man das im Programm umsetzt. Aber, dass das eine wichtige Information ist und in irgendeiner Form gebraucht wird und einen großen Unterschied macht, ob ich etwas klebe oder stecke oder mit Mörtel verarbeitet ist oder verschraubt wurde, das ist klar. Ich weiß nicht, ob man es als sonstiges Attribut beim Bauteil vermerken kann ob etwas geklebt, gesteckt oder wie auch immer ist. Ich denke es müsste gehen. Nur müsste man das wahrscheinlich nicht nur bei einem Bauteil, sondern auch bei dem anderen Bauteil vermerken, dass es da eine Fügung gibt. Es ist ja irgendwie verbunden. Das heißt, die Information müssten bei beiden vermerkt sein.

**9.3.2.2 Frage 4**

Ist es erforderlich, dass Verbindungen von Bauteilen, wie z. B. Schraubenverbindungen/Kleber/Mörtel, geometrisch abgebildet werden, um die Fügung von Bauteilen ausreichend beschreiben zu können?

**Exp. 1:**

Na ja, das ist wahrscheinlich nicht schlecht, weil der Bautechniker gerne Pläne hat und Pläne lesen kann. Und wenn da die Fügetechnik zum Beispiel Schrauben dargestellt sind, dann weiß er womit er zu rechnen hat und vor allem wo das ist, weil die Verbindung von Bauteilen ist selten ersichtlich. Wenn man im Raum steht, bevor man beginnt, wird man zwar erahnen, wo es sein wird, aber es ist nicht ersichtlich.

**Exp. 2:**

Nein, ganz klar nein. Also das sollte man schon deshalb nicht tun, weil das einen Aufwand erzeugt, der in der Planung schon keiner bewältigen kann, in der Ausführung keiner bezahlen würde und der auch nicht die Realität abbildet. Wenn ich ein Fenster verschraube dann weiß ich schon mal, es ist verschraubt. Aber die Logik, wie man das macht, ist eher das „i“ im BIM zu benutzen, nämlich die Information ich bin verschraubt, ich bin verklebt und so weiter und das dann als Attribut dran zu schreiben pro Bauteil.

Und da ist jetzt auch schon die Frage der Granularität, wie tief betrachte ich das. Zum Beispiel ein Fenster besteht aus x verschiedenen Elementen, ein paar sind verschraubt, ein paar sind verklebt, ein paar sind vernietet im schlimmsten Fall. Da muss man sich sehr genau und auf Elementkategorie scharf überlegen, wie man das macht. Und wenn man von den großen Mengen, wie Stahlbeton im üblichen Geschoßwohnungsbau, hinunterdenkt vom Großen ins Kleine, was sind die meisten Massen und wie löst man zum Beispiel einen klassischen Vollwärmeschutz Stahlbeton plus Dämmung und Putz und Putz. Dann ist zu überlegen, wie definiere ich wie die Dämmung draufklebt. Aber dann müsstest du dir weiter über die Putzschicht auch schon wieder Gedanken machen. Und da gibt es Logiken, also da gibt es zum Beispiel die Idee, dass man sagt, von außen nach innen oder von innen nach außen immer zu sagen: Putz zum Beispiel verklebt oder Dämmung verklebt. Dass das immer ein Zusatzattribut am Baustoff ist oder dass du schon

BIM mäßig die Baustoffe gleich so nennst, aber das spießt sich immer wieder mit anderen Leuten. Also es ist kompliziert.

**Exp. 3:**

Also die Information muss da sein, unbedingt, aber in welcher Form finde ich noch fragwürdig. Also ich finde, dass es geometrisch schwierig ist in einem BIM-Modell noch so etwas hinzuzufügen. Es ist dann oft entweder extern oder man hängt es an einer Schicht an, die schon modelliert ist. Also man modelliert nicht extra nur für die Verbindungsschichten, sondern hängt das dann quasi an die bestehenden Schichten an.

**Exp. 4:**

Also ich glaube, es müsste schon reichen, das zum Bauteil hinzuzufügen. Aber die Frage, die ich mir stelle, ist dann, ob derjenige, der das BIM-Modell lesen soll oder aus dem BIM-Modell die Informationen entnimmt für den Rückbau, ob der wirklich die Zeit hat, auf der Bauteilebene nachzuschauen. Also das ist eine Grundsatzfrage. Bei dem einen Projekt, wenn ich mich richtig erinnere, haben wir mehrere 1000 Bauteile gehabt über das ganze BIM-Modell gesehen und das hat in der Erstellung Wochen gedauert. Das waren glaube ich 2 Monate, in der Größenordnung.

Da war natürlich auch viel Lerneffekt dabei, aber das ist in der realen Umsetzung nicht machbar. Die Frage zielte darauf ab, ob die Rückbaufirma die Information braucht, um ordnungsgemäß zu trennen oder zu teilen. Das wird in der Realität sicher nicht angeschaut. Die Rückbaufirmen selbst agieren sehr stark auf Basis von Erfahrungswerten und auch auf Basis von „Hands on“ Erfahrungen am Objekt. Also wo mit dem Bagger geschaut wird, wie sich was löst. Da ist viel mehr das konkrete Probieren im Vordergrund als eine Analyse eines theoretischen BIM-Modells. Und auch beim Kleber ist es eine Frage, ob da ein Klebepunkt pro Quadratmeter oder 6 Klebepunkte pro Quadratmeter sind. Das kann ja einen großen Unterschied machen. Oder ist der Bauteil selbst schon morsch oder trocken oder nass, also da macht es sehr viel Unterschied. Das heißt auch die Information Bauteil und Fügetechnik ist bei weitem noch nicht ausreichend um in der Realität eine sichere Aussage darüber zu machen, wie das trennbar ist.

Insbesondere für einen Rohstoffkataster wo du im Vorfeld eines konkreten Rückbauprojekts Potenziale erhebst oder Potenziale abschätzen sollst. Wir sind gerade in so einem Projekt drinnen, wo es darum geht eine Plattform zu schaffen, wo man diese Dinge einspeisen kann und Projekte einspeisen kann. Ich denke für solche Projekte oder für solche Initiativen wo du eine Plattform hast und dann daraus eine generalisierte Information herausziehen kannst, wie hoch und wie groß die Potenziale sind an Wertstoffen und Rohstoff in einem konkreten Objekt, dass das auf jeden Fall sinnvoll ist. Aber wie gesagt, für den konkreten Rückbau ist es vielleicht für die Aufsicht oder für den Bauherren interessant, um Vorgaben zu geben für den Rückbau. Um die Einhaltung dieser Vorgaben monitoren zu können. Aber die konkrete Rückbaufirma die wirklich „Hands on“ rückbaut, da gehe ich wie gesagt nicht davon aus, dass die sich in der Detailtiefe mit einem BIM-Modell beschäftigen.

### 9.3.3 Detaillierungsgrad

Die Norm definiert, dass ein Modell für die Rückbauplanung einen Level of Detail 500, sprich ein As-built Modell, haben muss. As-built Modelle sind so darzustellen, wie es in der konventionellen Planung bisher geschehen ist. Einen genauen Standard, der definiert, wie präzise Informationen in ein As-built Modell einzupflegen sind, gibt es noch nicht.

#### 9.3.3.1 Frage 5

Würde eine solche Standardisierung die Rückbauplanung erleichtern?

##### Exp. 1:

Wahrscheinlich schon. Aber, zum ersten Teil der Frage, wahrscheinlich ist ein As-built-Modell notwendig, sonst bringt irgendeine Planung die nicht so ausgeführt wurde auch nichts als Informationsquelle für den Rückbau. Das ist einmal der erste Punkt mit einem As-built-Modell. Dann in weiterer Folge über die Nutzung hinweg, dass man ein BIM-Modell hat, das auch entsprechend gepflegt wurde, das den Bestand, wie ich vor ihm stehe, abbildet.

##### Exp. 2:

Also hier stecken glaube ich in 5 Sätzen 6 Widersprüche drin. Fangen wir mal vorne an. As-built-Dokumentation LOG 500 ist Blödsinn. Kein Mensch macht das wirklich. Das hieße, dass ich jedes Bewehrungsseisen und Co, was ich baue in Wahrheit vor dem Schalen vermessen müsste, punktmäßig scannen, danach modellieren und so weiter. Das macht man in ganz wenigen Gebäudetypen, in Atomkraftwerken oder wo es wirklich um Millimeter geht, aber in einem normalen Hochbau macht das kein Mensch, also LOG 500 existiert nicht. In der TGA zum Beispiel da geht das sehr wohl in die Richtung, wo man bis zur Schraube hinunter das alles durchdekliniert. Auszugehen davon, dass du LOG 500 Modelle hast ist total daneben, das wird es nie geben. Außer du machst einen Teilchenbeschleuniger in Genf, der ist wahrscheinlich LOG 500 aufgenommen, weil es da um Millimeter oder Nanometer geht. Sonst gibt es das nicht. Punkt 2: Wie genau und in welcher Schärfe As-built dokumentiert wird, ist normalerweise Vereinbarungssache, ich gehe aber grundsätzlich davon aus, dass das, was du erforscht frühestens in 50 Jahren zum Einsatz kommt, weil bis jetzt noch keine BIM-Modelle da sind. Das heißt, noch immer würde ich mich trauen zu behaupten, dass As-built-Dokumentation nie passieren wird. Und wenn sie mal passiert, dann garantiert nicht LOG 500. Das heißt man darf in der Praxis davon ausgehen, dass in der Regel von einem As-planned Modell, das ist so ungefähr LOG 300, ein As-built-Modell gemacht wird. Das bedeutet aber, dass zum Beispiel keine Bewehrung drinnen ist und maximal als Teilmodell, aber auch nur aus planerischer Sicht. Wie jetzt wirklich das Bewehrungsseisen drinnen liegt, weiß kein Mensch.

Das bedeutet im Rückbau darfst du von so etwas nicht ausgehen, du hast immer eine Unschärfe, du weißt nie wirklich, was drinsteckt, außer in ausgewählten sehr High End Gebäuden, wo wirklich großer Wert aufgelegt wird. Wo es auch viel Sinn macht zu Beispiel wo TGA eine große Rolle spielt, in Laboren und so weiter. Da geht es darum, dass du genauer weißt wie die Leitungen laufen und so weiter, aber zum Beispiel zu wissen, wo wirklich ein Eisen in der Wand ist, wirst du nie herausfinden.

Es bewegt sich in Richtung Standardisierung herzlich wenig. Also wenn, dann schreibst du das als Information auf ein Bauteil. Da gibts du den Bewehrungsgrad an. Aber du würdest nie sagen

ich zähle aus der Geometrie wie viele Schrauben da drinnen stecken. Also 3D Objekte gibt es ja, aber ganz viel über Informationen von 3D Objekte gelöst und nicht über das Objekt an sich. Das heißt Bewehrungsseisen, Schrauben, Klemmen alle diese Informationen findest du in einem normalen Modell nicht, zumindest nicht im D-A-CH-Raum.

### Exp. 3:

Im Grunde genommen ja. Aber diese Standardisierung muss einfach schon in der Planungsphase gefragt werden. Also wenn wir jetzt nur vom Bestand ausgehen, wird es sehr, sehr schwierig sein, ein BIM-Modell in Level of Detail 500 zu erstellen. Also ganz ehrlich gesagt, das ist sehr, sehr komplex. So muss man ja wirklich jedes Bauteil irgendwie durchbohren, um jede einzelne Schicht rauszubekommen und zu sehen, was das wirklich an Materialität hat und die Verbindungsart herauszubekommen, das sehe ich als sehr, sehr schwierig für die für bestehende Gebäude. Und dann hängt es auch sehr stark davon ab, was mit dem Gebäude passieren soll. Also wenn wir sagen, wir wollen wirklich Rückbauen und die Materialien wiederverwenden, also Bauteile wiederverwenden und Materialien recyceln, dann würde das noch Sinn machen, dass man diese Detaillierung auch wirklich macht und vielleicht auch modelliert. Aber wenn man dann das Gebäude sowieso komplett abbricht und dann die Sachen auf der Deponie landen, dann bringt dieser Aufwand überhaupt nichts. Also da muss man auch ein bisschen hinterfragen, was tatsächlich passieren soll mit dem Bauteil und den Materialien. Und was genau brauche ich fürs Recycling, braucht man vielleicht weniger Information, als wenn man ein Bauteil wiederverwenden möchte, zum Beispiel. Also da könnte man noch diese Granulierung mit hineinnehmen ins BIM-Modell und wie gesagt, ich finde, es müssen Anforderungen schon für die Planungsphase gegeben sein und das As-built-Modell auch instandgehalten werden, weil wir da eben sehr lange Lebenszyklus haben. Wer macht die Aktualisierung von dem BIM-Modell, so das es dann, wenn es dazu kommen sollte, dass das Gebäude renoviert oder rückgebaut wird, dass man die Information hat. Wer das dann aktualisiert und instand hält.

### Exp. 4:

Meine Erfahrung ist, dass BIM-Modelle für den Rückbau noch nicht zur Anwendung kommen oder praktisch nicht zur Anwendung kommen. Natürlich führt eine Standardisierung dazu, dass beteiligte Akteure besser verstehen, was damit gemeint ist und so weiter, das ist grundsätzlich schon zu befürworten. Die Umsetzung der realen Implementierung dieses Tools BIM im Rückbau ist noch nicht vertreten, in meiner Sicht.

#### 9.3.3.2 Frage 6

Welchen Detaillierungsgrad braucht es in einem digitalen Gebäudemodell, um Abfallströme abbilden zu können?

### Exp. 1:

Um Abfallströme abbilden zu können, glaube ich, muss der Detaillierungsgrad nicht so hoch sein wie bei der Füge-technik. Da muss ich ins Detail wo und wie Bauteile verbunden sind. Bei der Mengenschätzung brauche ich nur die Möglichkeit, dass ich sagen kann, diese Wandschale hat die und die Größe, die und die Dichte und ist so und so aufgebaut. Da reicht es, wenn ein Regelquerschnitt vorausgesetzt ist, dann ist überall der Querschnitt gleich.

Wenn man auch in Richtung Rückbau und Recycling denkt, muss ich auf jeden Fall die Materialebene anschauen. Es kommt darauf an, wenn ich die Wand theoretisch entnehmen könnte und so wie sie ist wieder wohin stellen könnte, dann bräuchte ich es nicht. Aber üblicherweise, weil ich sie Schicht für Schicht abtrage, muss ich genau diesen Aufbau wieder trennen können, weil das unterschiedliche Materialien sind und die muss ich trennen können.

**Exp. 2:**

Ich würde sagen LOG 300. Das ist ungefähr das, was bei einer Einreichung und Ende eines Entwurfs oder einer frühen Ausführungsplanung entsteht. Also das, was man in einem fünfzigstel Plan noch erkennen kann. Das entspricht ca. LOG 300. Mehr nicht, weil mehr ist nicht realistisch.

**Exp. 3:**

Es kommt darauf an, was ich damit vorhabe. Und wie gesagt, man muss nicht immer das detaillierteste Modell für alles haben, also es reicht manchmal auch simpel.

**Exp. 4:**

Ich kann es nicht ganz einschätzen. Ich sage einmal so, wie haben im BIM-Projekt genauso ein Tool entwickelt. Wir haben eine webbasierte 3D Visualisierung entwickelt, wo wir über Punktwolken ein BIM-Modell entwickelt haben und jedem Bauteil Informationen hinterlegt haben. Ich habe auf jeden Fall geometrische Figuren in BIM und ich muss jeder dieser Figuren zumindest eine Materialität hinterlegen. Wir haben dann ergänzend noch dieser Materialität eine Abfallschlüsselnummer, beziehungsweise für das Entsorgungskonzept eine Materiallenkungsinformation, also Reuse, Recycling oder wie auch immer, hinterlegt. Problematisch wird es wie gesagt, wenn ich eine Wand habe, die in sich ein geometrischer Körper ist und damit in der BIM Modellierung ein Bauteil. Und diese eine Wand aber Teile dabei hat, die kontaminiert sind und Teile die nicht kontaminiert sind. Nehmen wir zum Beispiel eine Bodenplatte. Eine Bodenplatte in einer Werkstätte hat mit Sicherheit 20 oder 25 cm Dicke. Eine 1000 Quadratmeter große Werkstätte zum Beispiel ist jedenfalls oberflächlich von Öl beeinträchtigt. Jetzt habe ich einen Bauteil, der ist an der Oberfläche mit Öl verunreinigt. Jetzt ist die Frage, wie tief geht das Öl. Aber ich muss nach den gesetzlichen Regularien einen kontaminierten Bauteil vom Recycling ausschließen. Jetzt kann ich im Rückbau die Oberfläche abräsen. Die ersten 2 Zentimeter abräsen. Als gefährlichen Abfall oder als abfallminderer Qualität in die Entsorgung bringen und die restlichen 20 Zentimeter, die dann hoffentlich nicht mehr kontaminiert sind, ins Recycling bringen. Aber ich habe in BIM eine geometrische Figur. Die Schadstoffinformation bedingt dann in der Rückbauplanung einen Arbeitsschritt, nämlich abräsen, was ich sonst nicht brauche, Kosten, die damit verbunden sind und dann die Lenkung in zwei verschiedene Ströme. Und wir haben dieses Problem damals glaube ich, so gelöst, dass wir mit prozentuellen Anteilen unterschiedliche Lenkungen vorgenommen haben. Aber natürlich könnte man auch diesem BIM Bauteil in zwei Bauteile umwandeln und sagen, das ist eine 2 cm Schicht, aber das wird dann noch komplizierter.

Vor allem ich habe zuerst eine Punktwolke aus der mache ich ein BIM-Modell und dann habe ich einen Körper. Aber wie dupliziere ich den, wie teile ich den in zwei Teile. Das ist IT technisch und programmtechnisch auch nicht so ohne weiteres möglich.

### 9.3.3.3 Frage 7

Ein As-built-Modell muss im Zuge der Gebäudenutzung auf dem neuesten Stand gehalten werden (Instandhaltung, Sanierung, Umbau...)

Was für einen Mehrwert haben fortgeschriebene As-built Modelle?

#### Exp. 1:

Einerseits, wenn wir an den Rückbau denken, dass man weiß, was tatsächlich drinnen ist. Aber wahrscheinlich auch, oder jedenfalls auch, wenn ich Umbauarbeiten habe und Umnutzungen im Bestand. Da ist wahrscheinlich die Wertigkeit oder der Wert noch höher, weil bei einer Umnutzung ist auch die Frage, wie ich die Wand oder die Einbauten oder die Decke oder den Boden herausbekomme. Das heißt, die Verbindung ist spannend und natürlich, was dahintersteckt.

#### Exp. 2:

Wenn du jetzt über 20 Jahre umbaut und das nicht mitführst, dann ist dein As-planned Modell genau gar nichts wert. Das ist ein Klassiker. Fortgeschrieben über den Lebenszyklus gibt es dem Ganzen natürlich mehr Schärfe. Das ist immer zu empfehlen das mitzuziehen, aber das passiert wiederum sehr selten. Es ist sehr selten, aber BIM ist vielleicht seit vier oder fünf Jahren in Österreich wirklich im Einsatz. Das heißt, da fehlen auch einfach Erfahrungswerte. Gebäude, die seit 10 Jahren als BIM-Modell bestehen, gibt es sehr wenige.

Es wäre praktisch zu haben. Und da muss man in andere Länder schauen, wo seit 15 bis 20 Jahren behördlich BIM gefordert wird. Da könnte man schon sehr viel mehr herausfinden, zum Beispiel UK, wenn wir in Europa bleiben, hat seit ca. 2016 die Auflage, dass du öffentliche Gebäude verbindlich in BIM abgeben musst, mit einem bestimmten Detaillierungsgrad. Ich glaub auch in LOG 300 und da könnte man wahrscheinlich in Erfahrung bringen, wie die Erfahrungen damit sind. Automation in Construction ist immer ein guter Tipp für sowas. Das ist ein sehr gutes Journal, wo viele Leute wirklich über Sachen nachdenken, wo wir hier im D-A-CH-Raum noch nicht einmal angefangen haben drüber nachzudenken.

#### Exp. 3:

Es macht sehr viel Sinn, wenn man Bauteile austauschen muss, wenn man weiß, was die Lebenszyklen und die Austauschzyklen sind. Wenn man weiß, wann man welches Bauteil vielleicht austauscht und ob ein Bauteil renovierbar ist. Wenn die Firma das Produkt vielleicht zurücknimmt, repariert, oder wenn irgendwas nicht passt, dass man das zurückführen kann. Also wirklich ein As-built BIM-Modell das lebt. So einen Digital Twin zu haben macht für Vieles sehr viel Sinn, auch für Sanierung und Renovierung von gesamten Gebäuden. Über die Lebensdauer ist dann zu sehen, wann welche Austauschzyklen kommen. Und dann auch für End-of-life natürlich weiß man, was man mit den Elementen, Produkten, Materialien noch machen kann. Also es macht auf jeden Fall Sinn. Es ist nur von der Datenseite her ein großes Modell, das dann instandgehalten werden muss, den Aufwand sieht man nicht. Und der Aufwand ist schon groß.

**Exp. 4:**

Den Mehrwert gibt es, ich sage einmal, immer wenn du eine Instandhaltung, eine weitere Entwicklung, einen Zubau, oder was auch immer machst. Oder wenn du es immobilienwirtschaftlich verwertest und da Flächen brauchst, Visualisierungen brauchst, also wenn du das für den täglichen Prozess brauchst in weiterer Folge. Dann hat natürlich ein instand gehaltenes BIM-Modell einen großen Vorteil. Es ist natürlich auch aufwändig das zu tun.

Wir sind auch aktiv im Bereich der Bauwerksprüfung. Wir haben ein Startup gemeinsam mit der Firma meiner Frau im Vermessungsbereich etabliert. Da geht es um Brückenprüfungen. Da ist auch die Überführung des Bestandes in ein BIM-Modell ein Thema. Durch eine Befliegung und photogrammetrischer Aufnahmen hast du geometrische Körper als dreidimensionale Punktwolke, die dann in weiterer Folge in ein BIM Modell übergeführt werden können und das kann man nutzen in der Planung für Sanierung und so weiter. Im Infrastrukturbereich beginnt das ein bisschen genutzt zu werden. Weil da habe ich laufend Instandsetzungsarbeiten. Aber die Bauindustrie ist trotzdem relativ träge, sage ich einmal. Also es könnte wesentlich schneller gehen, aber in solchen Fällen macht es natürlich einen Sinn, weil ich kann bis hin zur Einsatzplanung von Reparaturen optimieren.

**9.3.4 Abfallschlüsselnummern**

Im Zuge eines Rückbaues muss laut Abfallverzeichnisverordnung der Abfall nach Abfallarten kategorisiert werden. Dies geschieht durch Zuordnung von Abfallschlüsselnummern.

**9.3.4.1 Frage 8**

Welche Vorteile würde die Implementierung der Abfallschlüsselnummern in das BIM Modell bringen?

**Exp. 1:**

Erstens, dass ich die Zuordnung schon im Vorhinein habe und zweitens, wenn es um den Rückbau geht, dass ich besser kalkulieren kann bezüglich der Entsorgung oder des Recyclings der anfallenden Abfälle.

**Exp. 2:**

Große. In dieser ganzen Lebenszyklusbetrachtung kommen wir immer mehr drauf, dass Materialkennzeichnungen gut sind. Zum Beispiel für Ökobilanzen und für irgendwelche Lifestyle Assessments und so weiter ist es immer gut und da etablieren sich jetzt gerade wieder verschiedene Systeme und dann wird man sehen welche sich durchsetzt. Es ist vom BIM Sinne her kein besonders großer Mehraufwand diese Klassifikationsnummerierung dann zum Beispiel mitzunehmen in die Baustoffe. Das wäre tatsächlich eine überschaubare Übung und dann bringt es sehr viel, weil dann hast du sehr schnell eine Liste mit Zutaten die in deinem Gebäude drinstecken. Wenn dann ein Container dasteht und einer mit der Schaufel die Scherben und den Schutt und das Ganze zusammen in den Container schmeißt, das steht dann auf einem anderen Platz. Aber es würde große Vorteile bringen. Wenn man dann zumindest wüsste, was drinnen steckt und was ich abtransportieren muss und was ungefähr rauskommen muss, kann man es auch gut prüfen. Dass du sagst, da müsste so und so viel Stahl drinstecken, da wird so und so viel Beton

drinstecken, so und so viel Glas, dann könnte man das etwas sicherer prüfen, ob es dann auch richtig entsorgt wird und so weiter. Das wird sicher Vorteile bringen.

### Exp. 3:

Im besten Fall brauchen wir die Abfallschlüsselnummer nicht, wenn wir keinen Abfall mehr erzeugen. Eigentlich sollte das das Ziel sein. Aber natürlich, wenn man dann die Begehung macht, weiß man, wo sich welche Materialien befinden. Das braucht man ja für jede Schad- und Störstofferkundung zum Beispiel. Ich denke, für die Verortung macht es Sinn, wenn man so eine Erkundung macht, wo man auch die Abfallschlüsselnummern braucht. Für die Schad- und Störstofferkundung macht das Sinn. Und dann, wenn man die Materialien quasi sortieren muss, würde man auch wissen, wo welches Material nach welcher Abfallschlüsselnummer sortiert werden kann und so weiter. Also ja, bringt was. Aber ich sage, im besten Fall brauchen wir die Abfallschlüsselnummer nicht mehr. Dann kann man mit den Materialien noch was machen und muss sie dann nicht wegschmeißen.

Für mich macht es Sinn, dass man Schlüsselnummern hinterlegt, also das passt dann auch in die Norm hinein. Man weiß, um welches Material es sich handelt. Auch im Sinne von den Abfallschlüsselnummern weiß man, wie das zusammenhängt, also es macht auf jeden Fall Sinn. Ich denke auch nicht, dass das so ein großer Mehraufwand ist, die Abfallschlüsselnummern mitzugeben.

### Exp. 4:

Jeder Rückbau führt dazu, dass es eine Entledigungsabsicht für das, was dabei mobilisiert wird, gibt. Vom Dachziegel bis hin zum Fundament. Da ist abfallrechtlich dann in erster Linie alles was daraus entsteht ein Abfall.

Und dementsprechend gibt es abfallrechtlich jedenfalls die Notwendigkeit dem eine Schlüsselnummer zuzuweisen. Die Schlüsselnummer ist entscheidend was ich damit tun kann. Oder man sagt etwaige Schadstoffe, etwaige Materialverbunde oder was auch immer bedingen diese oder eine andere Schlüsselnummernzuordnung. Die Schwierigkeit ist aber, dass der Abfall erst beim Lösen aus dem Objekt entsteht. Und wenn ich jetzt ein BIM mit der Information Abfallart ergänze, dann muss ich immer antizipieren wie eine Trennung von Bauteilen passiert. Und ob das dann mit der realen Situationen zusammenpasst und sich überhaupt realisieren lässt, das ist ein ganz anderes Thema. Ich sage einmal das Beispiel Flachdachdämmung mit der künstlicher Mineralfaser Steinwolle und darauf geklebt eine Teerpappe. Von der Materialität ist es klar. Ich habe eine Pappe, die hat die Schlüsselnummer 54 913 gefährlicher Abfall. Die Steinwolle, sagen wir sie ist 30 Jahre alt und nicht freigezeichnet, hat ganz klar die Schlüsselnummer 31 437 43. In der Realität habe ich aber einen Verbund, möglicherweise sogar ein Verbundprodukt, das ich gar nicht trennen kann. Welche Schlüsselnummer weise ich dann zu?

Das sind so die Probleme. Oder wir haben in der Realität einen Asbest-Zement gehabt mit der Schlüsselnummer 31 437 40 und das Ganze war ein Verbundprodukt mit EPS. Jetzt hast du auf der Seite den Asbest als human toxikologisch höchst relevanten Schadstoff. Und auf der anderen Seiten das EPS, das stark organisch ist. Das auf der Baustelle trennen darfst du gar nicht. Weil wenn du einen gefährlichen Abfall behandelst, darfst du das auf der Baustelle gar nicht. Das heißt, du hast ein Verbundprodukt. Aber du kannst es auch nicht auf die Deponie bringen, weil du dort im organischen Kohlenstoff beschränkt bist. Die Fragestellung ist immer, wie dann tatsächlich der Rückbau passiert. Werden die Fenster als Gesamtheit ausgebaut oder ist das Glasteil

extra. Wenn es die Möglichkeit eines Reues gibt, ist es klar, dass das ganze Fenster ausgebaut wird. Aber das ist eher nicht die Realität. Was passiert in der Realität? Der Bagger greift das Fenster und das Glas fällt hinunter und ist dann Teil des Bauschuttes.

Ich glaube es geht darum, dass beim Bauen des BIM-Modells, damit die Abfallschlüsselnummernzuordnung einen Sinn macht, auch der Rückbau bereits mitbedacht sein muss. Und diese Kompetenz, wie gehe ich damit um im Rückbau und welche Schlüsselnummer weise ich zu. Welche Schlüsselnummer kann man überhaupt zuweisen. Das ist eine zentrale Frage. Nur dann macht es auch Sinn, wenn ich diese Dinge mitdenke. Weil sonst, wenn ich rein auf Grund der Materialität eine Schlüsselnummer zuweise, dann ist das eine theoretische Übung ohne praktischen Mehrwert.

Am besten weiß ich bei der Modellerstellung schon, was im Rückbaufall passiert. Aber es ist ja ohnehin so, dass im Zusammenhang mit den nachhaltigen Beschaffungskriterien und dergleichen in der Entwurfsphase bereits Rückbaukonzepte erstellt werden müssen. Das ist auch schon so, dass beim Neubauprojekten Rückbaukonzepte in einem gewissen Detailierungslevel erstellt werden müssen. Das Problem ist nur, dass diese Rückbaukonzepte in der Entwurfsphase erstellt werden, so ist es in den Kriterien festgelegt. Die Realität ist, zumindest aus meiner Erfahrung, dass der Partner, der Architekt, einen Dämmwert einer Dämmung oder eine geometrische Information über die Wand und eine stoffliche Funktion im Sinne von dem Wert und dergleichen vorgibt. Und die Entscheidung, welcher konkrete Dämmstoff dann diese Anforderungen erfüllt, die passiert auf der Baustelle. Das heißt, viel später nach der Entwurfsphase. Und ob dann das, was auf der Baustelle eingebaut wird, tatsächlich dem entspricht, was im Rückbaukonzept in der Entwurfsphase definiert worden ist, ist ganz fraglich.

Sprich Planung ist das eine, Entwurfsplanung. Aber sinnvoll wäre es, dass die Ausführungsplanung dann auch in dem Modell weitergeht, bis hin zu Anpassungen, wenn andere Materialien verwendet werden und dergleichen. Natürlich wäre das sinnvoll, wie gesagt letztendlich ist es eine Frage der Kosten und des Aufwands und auch der Schnittstellen. Ich habe jetzt doch immer wieder mit Personen zu tun, die auch mit BIM planen. Und dann höre ich, dass es zwar BIM-Modelle gibt, aber die Gebäudetechnik macht wieder ihr eigenes BIM-Modell. Also, dass das wirklich so funktioniert, dass man ein gemeinsames BIM-Modell hat und da reinarbeitet, das ist, glaube ich, noch nicht tatsächlich so.

#### 9.3.4.2 Frage 9

Änderungen von Abfallschlüsselnummern erfolgen entweder aufgrund neuer Definitionen in einer überarbeiteten Abfallverzeichnisverordnung oder durch Identifizierung eines Abfalls zu einem gefährlichen Abfall.

Wie kann eine Änderung der Abfallschlüsselnummer abgebildet werden?

#### Exp. 1:

Ich glaube, wenn es eine Zuordnung gibt und sich die Schlüsselnummer ändert, müsste ein Katalog dahinter liegen, nämlich der Abfallschlüsselnummern-Katalog und eine Zuordnung. Also wenn sich die Zuordnung zu einem gefährlichen Abfall ändert, wenn man draufkommt, dass irgendein Inhaltsstoff, sagen wir krebserregend ist, und das eine neue Schlüsselnummer gäbe, dann muss man bei seinem BIM-Modell eigentlich wissen, dass die Materialien die ich eingebaut habe, diese Kriterien erfüllen. Und dann kann ich entweder sagen, alle in dem Gebäude muss

man jetzt ändern oder ich muss durchgehen Schritt für Schritt und entscheiden, ob die Änderung der Schlüsselnummer bei dem Bauteil einschlägig ist.

Wenn ich die Schlüsselnummer von dem Dämmsystem ändere dann brauch ich eigentlich fast nicht wissen, was vorher für eine Schlüsselnummer zugeordnet war. Weil dann im Augenblick entscheidend ist, wenn ich es demontiere, welche Schlüsselnummer hat es jetzt und nicht welches einmal war. Die Schwierigkeit ist wahrscheinlich, ob ich weiß welches Material verbaut ist. Ob das Material die speziellen Inhaltsstoffe hat, daran wird es vielleicht scheitern. Wenn ich ein Material verbaue, habe ich natürlich auch ein Sicherheits- oder Produktdatenblatt, wo alle möglichen Materialinhaltsstoffe gekennzeichnet sind. Aber dann kommt man darauf, dass bei den PVC-Fenstern zum Beispiel mehr als 300 Milligramm je Kilogramm Blei enthalten sind und man sagt PVC ist ab jetzt gefährlicher Abfall. Dann ist die Frage, wenn ich dieses Gebäude zum Beispiel mit PVC-Fenstern habe, ob ich die Information habe, dass diese Fenster mehr als 300 Milligramm Blei enthalten oder nicht. Das ist eher die Schwierigkeit als dann diese Umschlüsselung vorzunehmen aufgrund dieser Kriterien, die ich wissen muss. Außer es ist klar, alles, was PVC in dem Gebäude ist, ist jetzt gefährlicher Abfall. Das wird es wohl wahrscheinlich nicht sein. Die Frage ist dann auch, ob diese Stoffeigenschaften im BIM-Modell drinnen sind. Also alle aus dem Produktdatenblatt. Dafür wäre der Wunsch ein As-built-Modell zu haben.

Und der Bauherr kann ein As-built-Modell bestellen, wenn er sagt, das hätte er gern, für den Betrieb des Gebäudes in den nächsten Jahrzehnten. Die BIG wird sowas tun, weil die natürlich die Gebäude für lange, lange Zeit betreibt. Dass sie sagt, ich plane mit BIM, ich schreibe aus mit BIM und an die Baufirma sagt, ihr macht mir bitte auch ein BIM und das übergebt ihr mir dann As-built, weil ich damit die nächsten Jahrzehnte weiterarbeite.

### Exp. 2:

Also Änderungen sind nie gut. Es ist ja auch so, dass sich die anderen Datenbanken da im Prinzip häufiger erweitern, anpassen etc. Das heißt, diese Datenwelt ist im Moment noch sowieso in extremer Bewegung. Nachdem ich aber davon ausgehe, dass das, worüber du nachdenkst, dass wir eine Abfallschlüsselnummer auf irgendetwas draufschreiben, in einem Gebäude, das heuer gebaut wird und dann in 50 Jahren abgerissen wird, bis dahin keine der Normengruppe, über die wir heute reden, mehr im Betrieb sein wird. Das heißt ehrlicherweise, wenn du mich fragst, sehe ich das aber insgesamt so, auch bei dem ganzen Lifecycle. Das ist alles ein Elfenbeinturm, drüber nachzudenken, weil wie gesagt die Daten, die wir heute produzieren, in dem Chaos, in dem wir leben, und da ist eine Änderung eines Schlüssels noch nebensächlich, da passiert gerade noch viel mehr. Also wir wissen gar nicht, ob wir die Formate, in denen wir gerade arbeiten, überhaupt in 20 Jahren noch aufkriegen. Da reden wir von einem Grunddatenformat, und das sind alles Sachen, wo ich sagen würde, verglichen mit dem ganzen Rest der da jetzt gerade an Datenschnitt produziert wird, ist das ein kleineres Problem. Weil er letztendlich austauschbar ist. Man kann immer mappen und sagen, früher hieß das so, jetzt heißt das so. So etwas kannst du dann auch auf dem Modell drauf pushen, wenn es dann besteht. Das sind dann Sachen, die kriegt man wahrscheinlich relativ leicht hin. Kompliziert wird es, wenn du nicht 1 zu 1 mappst und sagst früher hatte der Dämmstoff die Nummer 1 und jetzt hat er die Nummer 3. Das ist okay, das ist 1 zu 1 mapping. Problematisch wird es, wenn du sagst, es gibt 1 zu n oder n zu 1 mapping wo diese ganzen Sachen in 20 Kategorien zerlegt werden. Zum Beispiel Betongüte 1, 2 oder 3 sind jetzt 3 verschiedene, dann wird es interessanter, dann wird es aufwendiger. Aber wir leben im Moment

in einem vollkommenen Datenchaos und da ist, wie gesagt, da ist alles in Bewegung und da ändert sich alles ständig und da ist so etwas dann auch nur ein weiterer Stressfaktor.

Ein schönes Beispiel ist der Eternit, der war vor 40 Jahren der Standardbaustoff. Bekanntermaßen die Faser, die drinsteckt war damals Asbest. Das war früher ein ganz normaler Baustoff und ist jetzt ein Gefahrenstoff. Der wird umklassifiziert. Der Vorteil in der BIM Welt ist, wenn du weißt das ist ein Eternit aus dem Baujahr mit den und den Produktinformationen, dann kannst du auch in 50 Jahren noch nachschauen, dass das ein Eternit war mit den und den Informationen, also muss da Asbest drinstecken und dann kannst du es umklassifizieren. BIM-technisch ist das dann der Vorteil, dass du zumindest weißt, was drin war und dann kannst du auch in 30 Jahren darauf reagieren, wenn du es einmal anders klassifizierst.

### **Exp. 3:**

Das muss wirklich manuell gemacht werden. Also man müsste eben eine Liste haben, wo man weiß welches Material zu welcher Abfallschlüsselnummer gehört und wenn sich was ändert, muss man das tatsächlich manuell machen. Oder, wenn diese Liste der Abfallschlüsselnummern mit den Materialien irgendwo verknüpft ist, also live verknüpft ist, und man das vielleicht nur in der ursprünglichen Datei ändert und sich das automatisch überschreibt, sagen wir im BIM-Modell, dann wäre es vielleicht sogar einfacher. Aber auf jeden Fall irgendwo muss man diese Daten ändern, also das wird möglich sein. Ich sehe jetzt auch nicht einen so großen Aufwand, ehrlich gesagt. Weil so wie wir ein BIM-Modell modellieren, wenn wir von einem LOD 500 sprechen, haben wir die Feinheit, die Granulierung, eigentlich schon drinnen. Die Abfallschlüsselnummern sind ja ein bisschen übergeordnet. Man kann sich dann von dieser Granulierung auf diese höhere Abfallschlüsselnummer-Kategorie sehr einfach beziehen. Also ich sehe das jetzt nicht als so kompliziert, aber ich habe es auch persönlich nie gemacht. Das kann sein, ich jetzt irgendwas übersehe und ich es mir zu einfach vorstelle. Aber ich glaube, es ist nicht zu kompliziert.

### **Exp. 4:**

Das Ändern der der Schlüsselnummer müsste man auf der Bauteilebene machen. Also Bauteil für Bauteil manuell. Vielleicht kann man das auch so programmieren, dass alle Bauteile, die als Ziegel definiert sind, verändert werden. Aber das ist dann zu generalisiert, weil man hat möglicherweise nur im Erdgeschossbereich derartige Abdichtungen, die dann bedingen, dass man es nicht verwerten kann, sondern entsorgen muss. Und ab 1,50 Meter kann es dann doch wieder verwertet werden. Das ist zwar die gleiche Materialität, aber einmal mit kontaminierten PAKs und einmal nicht. Also ich glaube eine generalisierte Methodik, dass man sagt, jeder Bauteil soll jetzt von Schlüsselnummer A nach Schlüsselnummer B werden, ist zu leicht gedacht. Ich glaube, es müsste wirklich auf einer Bauteilebene sein, indem man es manuell anpasst. Das ist natürlich mit einem entsprechenden Aufwand verbunden.

Ob man im Nachhinein wissen sollte, ob sich die Nummer geändert hat, das ist Rehistorisierung über den Verlauf. Das ist sicher auch ein Thema. Die Schad- und Störstofferkundungen und die Rückbauplanung im Vorfeld kann man in einer beliebigen Detailtiefe machen. Also wenn man Rückbauplanung macht auf Basis einer Schad- und Störstofferkundung, dann hast du vielleicht 10 Proben genommen in dem Objekt. Aber ob dann tatsächlich hinter der Mauer vielleicht doch noch ein Schadstoff auftaucht oder eine Zwischenmauer existiert, die man nicht kennt und nicht gekannt hat, oder eben zwei Meter daneben die Situation möglicherweise doch anders aus-

sieht, weil dort irgendeine Reparaturarbeit passiert ist mit einem anderen Baustoff, das kann schon auch passieren.

### 9.3.4.3 Frage 10

Die Abfallverzeichnisverordnung sieht in der geltenden Fassung eine Einteilung der Abfallschlüsselnummern nach Baumaterialien (nicht nach Bauteilen) vor.

Sind Ihrer Meinung nach Abfallschlüsselnummern für die Wiederverwendung von Elementen geeignet?

#### Exp. 1:

Nein, die sind auch nicht so angedacht. Weil, wenn ich Elemente wiederverwende, fallen sie gar nicht als Abfall an. Und es gibt keine Schlüsselnummer für Fenster. Und da knallen Kulturen aufeinander. Es wird in Gebäudezertifizierungen beim Rückbau zum Beispiel gefragt, wie viele Quadratmeter Teppich entsorgt werden. Es gibt keine Schlüsselnummer für Teppich. In der Abfallwelt denken wir nicht in Quadratmeter, da gibt es nur Tonnen, vielleicht Kubikmeter, aber Quadratmeter Teppich, das versteht der Architekt oder der Bautechniker, aber nicht der Abfallwirtschaftler. Und das gilt es wahrscheinlich auch aufzulösen, weil das BIM-Modell nicht von der Abfallwirtschaft gemacht wird, nicht für die Abfallwirtschaft und Bauteile haben eben keine Schlüsselnummern per se.

Die Schlüsselnummer 31 4 27 wird natürlich der Idee nicht gerecht und es ist nur kurz Abfall, weil über die Vorbereitung zur Wiederverwendung fällt es gleich wieder raus. Wenn man draufkommt, dass der Heizkörper noch funktioniert, dann kann ich ihn reinigen, reparieren und überprüfen. Und wenn man den verwenden kann oder das Fenster, dann verliert er da die Abfalleigenschaft, ohne vielleicht je eine Schlüsselnummer bekommen zu haben.

#### Exp. 2:

Da schlagen bei mir zwei Herzen in der Brust. Ich nehme immer das Beispiel Fenster. In einem Fenster stecken 10, 15 oder 20 Materialien drinnen. Bei Baustoffen, sagen wir einmal, bei einer Wand ist klar, dass wir die betrachten sollten. Also wir sollten uns anschauen, was in der Wand steckt. Da ist Stahl drinnen, da ist Beton drinnen, da ist Putz dran und so weiter. Bei komplexeren Elementen, wie Türen, Fenster etc. bin ich da etwas zwiegespalten. Also klar wollen wir wissen, wieviel Alu wir davon wiederverwenden können, aber wie genau, wie granular betrachten wir das. Was ist mit der Dichtlippe, was ist mit den Glasscheiben, also bin ich zwiegespalten, ehrlicherweise. Bei flächigen Komponenten, also in der BIM Welt Primär- und Sekundärobjekte, das sind Hüllflächen und so weiter, im Rohbau im Wesentlichen Ausbaukomponenten ohne Einbaukomponenten, würde ich schon sagen, dass eine baustoffscharfe Betrachtung Sinn macht. Und bei den Objekten, die punktgelagerte Objekte sind, in BIM sind das Türen, Fenster etc.

Schlüsselnummern von Fenstern, das geht nicht, das ist klar. Da gibt es 1000 Normen, die sich daran versucht haben, das zu regeln. Grundkonstruktionstypen, wenn du sagst, das sind Alufenster und Holzfenster, das sind ja schon ganz gute Indikatoren. Da kann man sich wahrscheinlich auch an irgendwelchen Kosten oder Ausschreibungsnormen entlanghandeln. Ich weiß nicht, wie die Abfallwelt das sieht. Aber das Problem ist trotzdem, dass wir es erst einmal wieder auseinanderkriegen müssen. Für ein Holz-Alu-Fenster setzt sich keiner mit dem Schraubenzieher hin, der das Alu vom Holz trennt. Also ja, bin ich zwiegespalten ehrlich gesagt. Sagen wir es einmal

so, man kann froh sein, wenn man weiß woraus die Sachen sind, die da verbaut sind. Das ist schon einmal ein ganz guter Anfang, aber weiß ich wirklich, was in so einer Tür drinsteckt oder in so einem Fenster? Nicht wirklich. Da hält auch keiner diese Daten. Die sind einfach nicht da. Und das ist die Realität. Selbst wenn man es dokumentieren würde, und das macht keiner, weil das einfach viel zu aufwendig ist und wir da auch keinen Standard haben. Was machst du denn dann? Da kannst du dir Handbücher in den Ordner heften und die 100 Jahre aufbewahren. Ob es jemand tut, ist dann die Frage.

Idealerweise gibt es dann ein BIM-Modell und es ist auch idealerweise noch lesbar und jemand kann mit den Datenstrukturen, die wir uns hier in unserer digitalen Steinzeit gerade ausgedacht haben, noch irgendwas anfangen.

### **Exp. 3:**

Also man braucht auch etwas auf Elementebene, finde ich. Wenn es dann nur auf Materialebene ist, geht das alles in die Richtung Recycling und eigentlich wäre Reuse, also Wiederverwendung besser als Recycling, sogar um einiges besser in der Abfallhierarchie. Es würde dann schon auch Sinn machen, dass man auch auf Elementebene sowas hat, aber da wüsste ich jetzt nicht, dass es sowas gibt, irgendwie so eine Unterteilung auf Elementebene, ehrlich gesagt.

### **Exp. 4:**

Im ersten Moment muss man schon in eine Abfallschlüsselnummer zuweisen, und zwar der Abfallschlüsselnummer, der die Gesamtheit des Abfalls am besten entspricht. Das heißt, wenn ich ein Holzfenster habe, das aus Glas besteht und Holz-Alu, dann muss ich es abfallrechtlich, solange es Abfall ist, der Schlüsselnummer zuweisen, der es am besten entspricht. Das würde in meinen Augen nach wie vor Holz sein, weil die ganzen Zargen und Flügel und so weiter sind ja überwiegend vom Profil her Holz. Aluminium ist nur eine äußere Lage. Das Glas ist natürlich schon auch gewichtsmäßig relevant, aber wie gesagt, vom Volumen her ist auf jeden Fall das Holz aus meiner Sicht noch mehr relevant. Und ich sage das Holz hat aus der Verwertungssicht die höchste Chance der Verwertung. Die höchste Chance und gleichzeitig das höchste Potential. Das Aluminium würde ich auch nehmen, aber das Ganze würde dann aufbereitet werden, wenn es nicht wiederverwendet wird, indem es geschreddert wird. Das Aluminium wird abgeschieden, das Glas wird letztendlich ausgesiebt. Ich habe dann einen Holzstrom, einen Aluminiumstrom und das Glas, das müsste deponiert werden oder sogar auch genutzt werden. Aber deswegen würde ich dem ganzen Bauteil Holz zuweisen, wenn ich es wiederverwenden kann.

Wenn ich das Ganze wieder verwenden kann, dann muss ich diesen rechtlichen Akt vollziehen, dass ich ein Abfallende erreiche. Das mache ich, indem wir eine Funktionsprüfung machen. Das heißt, wenn ich das Bauteil ausbaue und das dann runtergehoben wird oder runtergetragen wird, dann schaue ich mir das bevor es wieder für den Transport vorbereitet wird, vielleicht an, ob es nicht beschädigt ist, ob der Flügel noch aufgeht oder schließt und so weiter. Und das ist dann die formale Funktionsprüfung. Und mit dem Zeitpunkt der Funktionsprüfung habe ich eigentlich das Abfallende erreicht. Das heißt, ich habe da möglicherweise nur sehr kurz einen Abfall. Das ist nachher kein Abfall mehr. Es ist ein bisschen komplexer, aber im Grunde ist der Zeitpunkt, in dem Abfall existiert, sehr beschränkt und ohne Relevanz, weil ob das beim hinuntertragen Abfall ist oder nicht, ist rechtlich egal. In dem Fall ist die Zuteilung einer Schlüsselnummer nicht relevant. Und ich sage einmal es ist eher unwahrscheinlich das Abfall weggeführt wird und dann entscheidet der, der das weggeführt hat in seinem Zwischenlager oder in

seiner Betriebsanlage das es doch kein Abfall, sondern ein Produkt ist. Ich glaube das wird eher auf der Baustelle passieren.

### 9.3.5 Zustandsbewertung

Für die weitere Verwendung von Bauteilen und Baumaterialien nach dem Rückbau ist eine Beschreibung des aktuellen Zustandes erforderlich.

#### 9.3.5.1 Frage 11

Wäre aus Ihrer Sicht eine digitale Zustandsbewertung dazu ausreichend?

##### Exp. 1:

Nein, wahrscheinlich nicht, weil jeder Baustoff oder jedes Bauteil irgendwann eingebaut wird und dann, wenn 30 Jahre vergangen sind, weiß ich nicht, wie der Zustand ist. Das heißt dann muss ich schon allein deswegen auch begehgen um die Frage zu beantworten, wie das gealtert oder beschädigt ist.

##### Exp. 2:

Digital zur Dokumentation, warum nicht? Wenn ich jetzt sage das Fenster 1 ist gut beieinander, das Fenster 2 ist nicht so gut, aber das ist nur der Mittel zum Zweck, es muss ja ein Mensch beurteilen.

Ich weiß aus einem Modell nicht, ob es kaputt ist oder es klappert oder ob es undicht ist oder nicht.

##### Exp. 3:

Wenn man sie digital hinkommt, ja. Ich wüsste jetzt nur nicht, wer das machen sollte, also welcher Stakeholder. Das würde natürlich Sinn machen, dass man diese Information irgendwie digital abbildet. Ob das dann in BIM ist oder irgendein angehängtes Dokument oder so sei dahingestellt, aber es wäre auf jeden Fall hilfreich, dass man so eine Beschreibung auch hat, ja.

##### Exp. 4:

Das hängt davon ab, welche Information drinnen ist. Als Beispiel ein Fenster. Was ist entscheidend, ob ich das Fenster wiederverwenden kann? Erstens einmal ob ich es in Österreich wiederverwenden kann oder woanders. Wenn ich es woanders wiederverwende, dann ist die Frage, wird es als Produkt oder als Abfall transportiert? Ich rede jetzt von Ungarn oder Rumänien oder wie auch immer, das ist durchaus auch oft der Fall. Und welche Hemmnisse haben wir in Österreich, wenn wir einmal von Österreich ausgehen. Ich habe ein Fenster mit Isolierverglasung, aus den 80er Jahren, mit Schwefelhexafluorid als Gas in der Isolierverglasung. 80er Jahre ist für Fenster extrem alt. Dann ist die Frage ob so etwas noch wiederverwendet wird, aber bleiben wir trotzdem dabei, um die Problematik zu erklären. Also ich habe einen heute verbotenen Stoff im Fenster, nämlich SF 6. Der entsprechend problematisch ist. Ich habe sicher eine gewisse Breite, eine gewisse Höhe. Ich habe mit Sicherheit ein gewisses Wärmedämmmaß, mit Sicherheit ein gewisses Schalldämmmaß, das vorgegeben ist. Wenn ich das für die österreichische Situation bewerten soll, ob ich das wiederverwenden kann, also ob ich ein Abfallende erreichen kann durch eine Funktionsprüfung, dann muss ich die österreichischen Gesetze beachten. Und das

bedeutet, ich brauche die Bauordnung und die bautechnischen Verordnungen dazu. Die legen ja auch die Brandschutzthemen und Schallschutzthemen fest und was die lichte Weite und lichte Höhe sein muss. All diese Dinge werden festgelegt, und das sind keine statischen Regularien. Die werden alle ein paar Jahre überarbeitet. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit ist sehr hoch, dass die Breite, Höhe, Schalldämmmaß, oder Wärmedämmmaß nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Sobald es nicht mehr den aktuellen Stand der Technik entspricht, kann ich das Abfallende in Österreich gar nicht erreichen, weil ich dem Gesetz nicht entsprechen kann.

Und damit habe ich für solche Bauteile die Möglichkeit verwirkt, in den Reuse zu gehen. Das könnte man nur beheben, indem man zum Beispiel in der OIB 6 festlegt, dass zum Beispiel im Fall von Reuse Ausnahmen von den OIB-Festlegungen sein dürfen. Wenn der Architekt die Möglichkeit hat zu sagen, das Fester aus dem Rückbauobjekt entspricht zwar nicht der jetzigen OIB und den jetzigen Vorgaben, aber ich habe in meinem Neubauobjekt einen Gangbereich, wo ich kein Brandschutzproblem habe und wo das eine Möglichkeit ist das einzuplanen. Wenn es diese Möglichkeit gibt und das rechtens wäre, dann könnte ein Abfallende erklärt werden. Aber aus abfallrechtlicher Sicht habe ich gar keine Möglichkeit aktuell für so ein Bauteil, der nicht mehr den aktuellen gesetzlichen Bestimmungen entspricht, ein Abfallende zu erklären.

### 9.3.5.2 Frage 12

#### Können damit Begehungen sowie Probenahmen vollständig ersetzt werden?

##### **Exp. 1:**

Wahrscheinlich nicht. Grundsätzlich, wenn man genau den Aufbau kennt und genau weiß, was drinnen ist, weiß ich vielleicht trotzdem nicht, ob jetzt in einer Styroporplatte ein Schäumungsmittel verwendet wurde. Oder auch für eine Bodenplatte in einer Lagerhalle werde ich wahrscheinlich aufgrund der Nutzung möglicherweise beproben müssen, ob das verunreinigt wurde. Durch Öl das ausgeronnen ist. Sowas sehe ich im BIM natürlich nicht.

Ich muss ja dann wissen, ob ein Gefährlichkeitskriterium überschritten ist oder ein Deponie Grenzwert eingehalten und so weiter. Dafür brauche ich die Begehung auf jeden Fall.

##### **Exp. 2:**

Nein, rein logisch nicht, weil wenn ich in das Fenster einen Stein schmeiße, weiß mein Hausmeister davon gar nichts. Selbst wenn er ein digitales Modell hätte, woher soll er das wissen. Da müsste jemand ein kaputtes Fenster in das digitale System melden. Das bedeutet aber, dass du im Facility Management alle diese Objekte komplett fahren musst. Und das ist etwas, was normalerweise niemand tut. Das heißt, ohne die Begehung wirst du nie eine verlässliche Aussage darüber machen können, wie ist der Zustand eines, vor allem eines konkreten Objekts, also einer Wand, einer Tür und so weiter, ist. Das kannst du digital gar nicht abbilden.

Aber du kannst das digital dokumentieren. Also du kannst sagen du gehst in der digitalen Checkliste durch und sagst die Tür 1 ist kaputt, die Tür 2 heil, die Tür 3 in Ordnung und kannst das dann sehr wohl im BIM-Modell hinterlegen, aber das spart dir trotzdem nicht, dass einer durchgeht.

##### **Exp. 3:**

Nein, würde ich nicht sagen, weil man weiß nie, was mit den Elementen tatsächlich passiert ist. Also das eine ist das, was vorgesehen war, wie das genutzt wird, wie lange es leben kann und so

weiter. Aber wie diese Elemente dann tatsächlich genutzt wurden von den Nutzern im Gebäude, ist dann wieder was anderes. Man müsste trotzdem eine Begehung machen und sehen, was der eigentliche Zustand ist. Aber es ist sicher eine gute Basis, wenn man eine Dokumentation hat. Ja, so würde ich das sehen.

Zum Beispiel auch der Parkettboden. Also es gibt Leute, die auf alles extrem aufpassen in ihrer Wohnung und dann gibt es andere, die einfach nicht so vorsichtig sind mit den Materialien im Gebäude. Es kann einfach wirklich unterschiedlich sein, wie die Realität ist zudem, was man prognostiziert hat.

Ich würde die Information quasi dann anreichern, nachdem ich dort war. Aber es ist eine gute Grundlage und das BIM oder digitale Dokumentation die man hat, könnte man dann ergänzen, wenn man das Gebäude begeht.

#### **Exp. 4:**

Denke ich nicht, weil das BIM-Modell wird zu einem bestimmten Zeitpunkt generiert. Und es kann während der Nutzungsphase etwas passieren, was nicht nachgeführt worden ist. Zum Beispiel Anstriche. Anstriche, die gemacht werden oder vielleicht der Bauteil, der auch ausgewechselt wird und dann nicht nachgeführt worden ist. Das ist eine gesetzliche Anforderung, dass für Schad- und Störstofferkundung jedenfalls ein Ortaugenschein passieren muss.

### **9.3.6 Abfallhierarchie**

Das Abfallwirtschaftsgesetz besagt, dass im Sinne der Ressourcenschonung der Abfall nach Abfallhierarchie zu behandeln ist. Im Rahmen des zu erarbeitenden Workflows können Bauteile und Baumaterialien nach dieser Hierarchie eingeteilt werden.

#### **9.3.6.1 Frage 13**

Ist diese Einteilung ausreichend, um einen Abfallstrom digital abzubilden?

#### **Exp. 1:**

Ich überlege, ob diese Kategorisierung nach Abfallhierarchie überhaupt notwendig ist. Weil natürlich ist es für die Entscheidung vielleicht notwendig. Aber ich überlege, ob man diese Ebene weglassen kann und tatsächlich interessiert mich, was in dem Gebäude an Aluminium, Beton, Gipskarton und Naturstein drinnen ist und wieviel und so weiter. Und wo und in welche Anlage oder Verwertung kann ich das bringen? Unabhängig von der Zuordnung der Hierarchie oder wenn, dann würde ich es vielleicht danach machen, wenn es mich aus irgendwelchen statistischen Gründen interessiert. Für den Rückbau selbst glaube ich, brauche ich diese Kategorie eigentlich nicht.

Es geht eigentlich genau darum, dass ich mir ein Material anschau oder auch einen Bauteil und dann überlege was ich damit tun kann. Und die Entscheidung, wenn ich mehrere Möglichkeiten habe, müssten dann anhand der Abfallhierarchie fallen. Wenn ich zum Beispiel Beton habe den ich recyceln, wiederverwenden und auch beseitigen kann. Wenn alle drei Kategorien möglich sind, habe ich natürlich einen Preis dahinterstehen. Aber ich weiß auch, dass die Wiederverwendung vor dem Recycling und vor der Beseitigung stattfinden sollte und dann kann ich die Entscheidung treffen.

Aber ich glaube als Entscheidungsgrundlage ist diese Einteilung in die Hierarchien jetzt nicht großartig notwendig.

Ansonsten ist die Einteilung sicher ausreichend. Also ich brauche das wahrscheinlich nicht weiter herunterziseln.

**Exp. 2:**

Digital, also aus der BIM Sicht hätten wir nicht mehr als das. Also da wüssten wir zumindest, was ist da. Und das ist an Grundmasse da, also das kann ich BIM mäßig sagen. Was davon jetzt wie verwendet wird, das macht man in einem anderen System logischerweise, also das würde man in der Datenbank machen.

**Exp. 3:**

Ja, es ist nach Abfallhierarchie geordnet, das würde passen. Ob man da noch mehr Kategorien hineinnehmen will? Ich würde es schwierig finden noch mehr hineinzuführen, weil man hat ja über den „ten Rs“ diesen Bereich Use wo man quasi Materialien länger versucht im Loop zu halten. Da wird hineinfallen die Wiederverwendung, das ist eh schon drinnen. Dann weiß ich nicht wieviel davon re-manufactured, re-purposed wurde und so weiter und sofort. Das würde ja auch in diesen Bereich fallen. Aber hier geht es ja wirklich mehr ums End of Life. Also da wurde schon entschieden, dass das Gebäude rückgebaut wird.

**Exp. 4:**

Das würde passen grundsätzlich von den Phasen her. Also Nutzung und dann der Rückbau mit der Einteilung der Abfallhierarchie und dann eine weitere Unterteilung im Hinblick auf die einzelnen Materialitäten. Und man könnte gegebenenfalls in diesen Materialitäten, sofern erforderlich, eine Unterteilung in die Schlüsselnummern machen oder eben diesen Materialitäten Schlüsselnummern hinterlegen damit das rein abfallrechtlich dem entsprechen würde. Rechtlich müsste der Abfall eine Schlüsselnummer sein, die man hier erwartet. Bitumen und Styropor kann eine Schlüsselnummer zuordnet werden, all diesen Stoffen kann eine Schlüsselnummer hinterlegt werden. Den Estrich kann ich teilweise recyceln und teilweise nicht, das kann natürlich auch sein. Also, aus meiner Sicht passt das schon, den Materialitäten müsste man aus abfallrechtlicher Sicht eine Schlüsselnummer hinzufügen.

**9.3.6.2 Frage 14**

Kann ein Abfallstrom ohne Zustandsbewertung ausreichend in die Abfallhierarchie gegliedert werden?

**Exp. 1:**

Die Abfallhierarchie, die schaut sich ja gar nicht so die Beschreibung des Abfalls an, sondern eher die Behandlung, also was mache ich damit. Natürlich brauche ich zuerst die Zusatzbeschreibung, damit ich entscheiden kann, ob ich das deponieren, verbrennen, recyceln oder wiederverwenden kann. Das brauche ich sicher aus technischen Gründen und aus rechtlichen Gründen. Ich brauche eigentlich immer eine Charakterisierung, um zu entscheiden, ob es in die Anlage A oder B oder eine Deponie oder in eine Verbrennung oder auch in eine Recyclinganlage gehen kann.

Weil diese Anlagen eben ihre abfallrechtlichen Genehmigungen haben, wo sie auch immer Grenzwerte drinnen haben, welche Materialien sie übernehmen können. Einerseits Schlüsselnummernartig, andererseits mit Grenzwerten versehen. Wenn sie das nicht haben, wie bei Recyclinganlagen, die haben nur die Schlüsselnummern, aber keine Input Grenzwerte, dann haben sie aber beim Output über die Recycling-Baustoffverordnung die Grenzwerte einzuhalten. Das heißt, man muss trotzdem schauen, dass man hinten ein Produkt herausbekommt und so gesehen braucht man auch immer Information über die Materialien. Wobei die Recyclinganlage ein ungünstiges Beispiel ist, weil ich Betonabbruch oder Bauschutt, Ziegelabbruch ohne Analytik einer Schlüsselnummer zuordnen kann und dann auch zu einer Anlage bringen, die dafür genehmigt ist. Und da brauche ich inputseitig eigentlich keine Analysen.

Und bei Abbruchgebäuden, die älter sind braucht es die Vorerkundung und die Schad- und Störstofferkundung. Wo sich ein Fachkundiger das Gebäude anschaut und sagt wo das aufgrund des Alters und so weiter sein kann. Und auch Proben nimmt oder aufmacht und reinschaut und aufgrund des Geruches und des Alters und so weiter weiß, dass es wahrscheinlich kein Bitumen, sondern ein Teeranstrich ist. Dann weiß er, dass das gefährlicher Abfall ist. Und der nach den Proben Analysen und Zuordnungen macht.

Die Beispiele, glaube ich, die es gibt, wo Fenster wieder verwendet werden, sind bei ganz neuen Fenstern. Dass man sich traut die wiederzuverwenden. Aber im großen Stil muss dann die Herstellerfirma mit eingebunden sein, die sagt sie nimmt das zurück, prüft und gibt dann noch ein-mal Gewährleistung.

### **Exp. 2:**

Wenn ich die BIM Daten grundsätzlich habe, die Grundmassen für den Abfallstrom, das ist das Einzige, wo ich sagen kann, ob ich etwas wiederverwenden kann oder nicht. Also wiederverwenden ist eine Illusion. Zu sagen, dass ich das Fenster ausbaue und es woanders wieder einbaue, das ist ja sehr unrealistisch. Das bedeutet wir sind eigentlich auf Baustoffebene und dann ist unerheblich, ob das Ding einen Mangel hat, die Wand oder das Fenster oder nicht. Und damit würde ich sagen: ja. Wenn ich das digitale Mengengerüst habe, dann kann ich auch sagen, dass ich Gipskarton so weit wiederverwenden kann, den Beton kann ich wiederverwenden, also recyceln und das muss ich jedenfalls wegschmeißen. Das denke ich schon.

Auf Bauteilebene wird es auch nicht reichen, weil ein Zustand grundsätzlich nicht eingetragen ist. Wenn ich davon ausgehe, dass es ein gepflegtes digitales Bestandsmodell gibt, dann spare ich mir das, aber wo gibt es das? Das gibt es nirgends.

### **Exp. 3:**

Also um wirklich eine genaue Einteilung machen zu können, ist es für mich notwendig. Man kann das sicher anhand von einer Dokumentation machen. Das hängt davon ab, wie alt die Dokumentation ist und wie gut sie instandgehalten wurde. Also ob das jetzt 2D Pläne sind von vor 50 Jahren, die niemand mehr aktualisiert hat, oder ob es sich wirklich um eine Dokumentation handelt, die regelmäßig aktualisiert und instand gehalten wurde. Das macht halt einen Unterschied wie genau dann die Daten sind und ob sie stimmen, aber meiner Meinung nach ist eine Besichtigung immer notwendig. Eine gute Dokumentation würde eben dazu beitragen, dass man schneller fertig ist mit der Besichtigung und dass man den Zustand ein bisschen besser schon im Vorhinein kennt. Aber es schließt eine Begehung nicht komplett aus, würde ich sagen. Eine Be-

sichtigung wird so oder so notwendig sein, nur wird sie vielleicht kürzer dauern und ist dann einfacher durchzuführen.

Den Ort von Schadstoffen würde man auf jeden Fall durch das digitale Modell dann auch sehen können, aber wirklich den Zustand und wie gut Bauteile instand gehalten wurden für einen Reuse ist schwierig, von einer digitalen Dokumentation abzuleiten.

**Exp. 4:**

Nein glaube ich nicht, weil es Bauteile gibt, die stark beansprucht sind, die vielleicht noch recycelbar sind. Wo man sich denkt, dass die sicher nicht mehr wiederverwendbar sind. Zum Beispiel beim Gipskarton Recycling, weil der Kreislauf von Gipskarton ein großes Thema momentan ist. Da ist eine große Frage, welche Gipskartonplatten sind tatsächlich recycelbar und welche nicht. Ist eine Gipskartonplatte, die verfließt ist, recycelbar - Fragezeichen. Ist eine Gipskartonplatte, die stark durchfeuchtet ist recycelbar - Fragezeichen. Und was recycelbar ist wandelt sich ja auch über die Zeit nämlich dahingehend wie fortgeschritten die Recyclingprozesse sind. Wie sind die Marktanreize in der Recyclingbranche, um ergänzende weitere Aufbereitungsstufen zu etablieren, um dann doch aus Produkten etwas Recycelbares zu machen. Das ist alles ein dynamisches System. Und dementsprechend denke ich ist es jedenfalls wichtig durch eine Begehung oder durch einen Befundaufnahme tatsächlich die Qualität der Materialität festzustellen und auf der Basis dann eine Zuweisung zu machen zu Schlüsselnummern, oder zu Verwertungspfaden.