



Entwicklung einer Methode für die Bilanzierung von Gebäuden zur Bestimmung der Zusammensetzung von Baurestmassen am Beispiel von Wohngebäuden

(Projekt V-EnBa)

Endbericht

Die Ressourcen Management Agentur (RMA)
ist ein Klimabündnisbetrieb





Entwicklung einer Methode für die Bilanzierung von Gebäuden zur Bestimmung der Zusammensetzung von Baurestmassen am Beispiel von Wohngebäuden

(Projekt V-EnBa)

Endbericht

(Vers. 2.0)

**Hans Daxbeck (RMA),
Stefan Neumayer (RMA)**

**Paul H. Brunner (FAR)*
Stefan Skutan (FAR)***

* (TU-Wien, Inst. für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Fachbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement)

unterstützt durch das
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

und
gefördert aus Mitteln
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt
und Wasserwirtschaft,

Projektleitung:

Hans Daxbeck (RMA), P.H. Brunner (FAR)

Projektsachbearbeitung:

Hans Daxbeck, Stefan Neumayer (RMA)
P.H. Brunner, Stefan Skutan (FAR)

Impressum:

Ressourcen Management Agentur (RMA)
Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinierstraße 48/2. Stock
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1 913 22 52.0
Fax: +43 (0)1 913 22 52.22
Email: office@rma.at; www.rma.at

TU-Wien
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
Fachbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement

Karlsplatz 13/226
1040 Wien
Tel.: +43 (0)1 58801.22641
Fax: +43 (0)1 504 22 34
Email: aws@iwa.tuwien.ac.at; www.iwa.tuwien.ac.at

Kurzfassung

Im Rahmen des Bundesabfallwirtschaftsplans 2006 wurde eine Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsstrategie entwickelt. Diese zielt auf große Material- und Abfallströme, Materialien und Abfälle mit hohen Schadstoffgehalten, Produkte und Abfälle mit hohem Symbolgehalt für das Abfallverhalten der Konsumenten und innovative Ansätze ab. Dementsprechend befasst sich die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsstrategie auch mit dem Thema „Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen“.

Ein Maßnahmenbündel zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen sollen mithelfen, die Ziele der Abfallvermeidung und Abfallverwertung zu erreichen. Das Maßnahmenbündel umfasst neben der Vermeidung von Abfällen aus dem Baubereich in allen Lebenszyklusphasen auch eine optimale Verwertung der entstehenden Baurestmassen. Um dies zu erreichen, sollen auch Maßnahmen zur Förderung des selektiven (verwertungsorientierten) Rückbaus und des Baurestmassenrecyclings ergriffen werden.

Das Ziel des Projektes V-EnBa ist die Entwicklung einer Methode zur massenmäßigen und stofflichen Bilanzierung des Abbruchs von Gebäuden. Am Beispiel des Abrisses eines mehrgeschoßigen Wohnbaus wird getestet, wie die Massenflüsse der verschiedenen Reststoffe eines Abbruchs bestimmt werden können, wie aus diesen Reststoffen repräsentative Proben gezogen werden können, wie diese Proben aufbereitet werden können, und wie sie im Labor auf Schad- und Wertstoffe analysiert werden können.

Der Abbruch des Gebäudes verursacht einen Güterfluss von 534 t, wovon rund 33 t, d.s. 6 % aussortiert wurden. Vor dem eigentlichen Abbruch wurden rund 1 t lackiertes Holz in Form von Türblättern und Fensterflügel sowie rund 2 t unbehandeltes Holz durch den teilweisen Ausbau von Blindböden repariert. Mit den Fenstern wurde rund 0,2 t Flachglas entfernt. Beim Abbruch selbst wurden rund 8 t Dachziegel und rund 21 t unbehandeltes Holz aussortiert. Praktisch alle separierten Fraktionen wurden thermisch und stofflich verwertet. Die restlichen 501 t an mineralischem Abbruchmaterial wurden zwischengelagert, mit dem Brecher zerkleinert und vor Ort verwertet. Im Gebäude befanden sich etwa 10 kg an metallischem Kupfer v.a. in Drähten der Elektroinstallationen. Diese wurde rechnerisch aus den Daten der Gebäudeaufnahme errechnet. Die Kabel wurden im Zuge der Analyse aus dem Schutt separiert.

Im Projekte V-EnBa wurden die Möglichkeiten und Grenzen der Methodik zur Bilanzierung von Gebäuden getestet. Folgende Schlussfolgerungen wurden gezogen:

Die entwickelte Methodik hat sich für die bauteilweise Aufnahme eines Gebäudes und für die Bilanzierung ausgewählter Baumaterialien bewährt. Die Erfahrungen wurden in einer „Toolbox“ zusammengefasst. Sie zeigt, welche Rahmenbedingungen bei Probenahme, -aufbereitung und -auswertung zu beachten sind.

Die Analyse der Zusammensetzung der Bauteile nach ausgewählten Materialien kann mit einem vertretbaren Aufwand durchgeführt werden. Die Beprobung und Analyse einzelner Bauteile vor dem Abbruch liefert die notwendigen Daten für die Bilanzierung. Die Erweiterung um stoffliche Informationen erhöht den Analyseaufwand erheblich. Die Beprobung des Outputs der mobilen Aufbereitungsanlage liefert wenig verlässliche Daten über den ursprünglichen Massenanteil der Baustoffe des Gebäudes. Wertstoffe sind durch Einzelproben praktisch nicht zu quantifizieren.

Ein um 1900 errichtetes, mehrgeschossiges Wohnhaus besteht fast zur Gänze aus mineralischen Baustoffen und zu einem sehr geringen Teil aus Holz. Das untersuchte Wohnhaus bestand zu 94 % aus mineralischen Baustoffen (Natursteine, Ziegel) und zu 5 % aus Holz, wovon der überwiegende Teil (>90 %) unbehandeltes Holz war. Die Kupferfracht war verwindend gering. In dem Haus befanden sich knapp 10 kg metallisches Kupfer.

Praktisch das gesamte Haus wurde geschreddert und vor Ort im Landschaftsbau verwertet. Ausgeschleust wurde nur Holz und Dachziegel. Es wurden keine relevanten Mengen an Schadstoffen bzw. Wertstoffen ausgeschleust und auch keiner Deponie zugeführt.

Die Heterogenität der metallischen Kupferträger im Gebäude übersteigt jene natürlicher Edelmetallerze bei weitem. Daher ist eine Analyse des aufbereiteten Abbruchmaterials durch eine quantitative Bestimmung der Metalle nicht möglich. Durch die untersuchte mobile Anlage werden Wert- und Schadstoffe nicht abgeschieden. Eine Aussortierung der Baustoffe beim Abbruch selbst ist möglich und neben dem Rückbau gegenwärtig die einzige effiziente Möglichkeit zur Abscheidung von Wert- und Schadstoffen. Eine Identifizierung und Abtrennung der Schad- und Wertstoffträger ist im stehenden Gebäude bzw. während des Abbruchs besser möglich.

Die für die Aufbereitung des Abbruchmaterials eingesetzte mobile Aufbereitungsanlage lieferte außer für Eisenschrott und entschrottetem Schutt keine weitergehend aufbereiteten Fraktionen. Die Untersuchungen können daher nicht als Vorlage für die Bilanzierung einer stationären Anlage, die Recyclingbaustoffe in verschiedenen Kornklassen erzeugt, dienen.

Es wurden erste Erfahrungen über die Aufnahme eines Gebäudes und die Beprobung einzelner Bauteile in einem sehr heterogenen Objekt gesammelt. Die bauteilweise Aufnahme der Kubaturen eines Objekts, von dem kaum Unterlagen vorhanden sind, ist mit vertretbarem Aufwand möglich. Für die Bestimmung des Aufbaus der Bauteile ist deren teilweise Zerstörung bei der Aufnahme notwendig. Eine Beobachtung des Abbruchs kann ergänzende qualitative und quantitative Informationen liefern. Die Erweiterung zu einer Darstellung nach Gütern und Stoffen kann umfangreiche Analysen erfordern.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	V
INHALTSVERZEICHNIS	I
1 EINLEITUNG	1
2 ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG.....	5
3 METHODISCHES VORGEHEN	7
3.1 Systemdefinition.....	7
3.1.1 Beschreibung der einzelnen Prozesse	8
3.2 Beschreibung des Abbruchobjekts.....	9
3.2.1 Vorhandene Unterlagen.....	10
3.3 Aufnahme des Abbruchobjekts	10
3.3.1 Ziel der Aufnahme.....	10
3.3.2 Systematik bei der Aufnahme des Objekts	10
3.3.3 Durchführung der Aufnahme des Objekts.....	13
3.3.4 Probenahme aus den Bauteilen.....	17
3.3.4.1 Mineralisches Material von Fußböden und Deckenschüttungen	18
3.3.4.2 Mauerwerk	20
3.3.4.3 Verputze und Verschalungen.....	21
3.3.4.4 Bauteile aus Holz	22
3.3.5 Probenaufbereitung und Fraktionierungen an den Bauteilproben	25
3.3.5.1 Magerbetonestrich (Proben Nr. 08/23 und 08/24)	25
3.3.5.2 Schlackenschüttungen (Proben Nr. 08/25, 08/26, 08/27, 08/28, 08/29, 08/30).....	25
3.3.5.3 Holzsparren (Scharten von der Sparrenoberfläche und Bohrspäne vom Kern) (Proben Nr. 08/35 und 08/36).....	25
3.3.5.4 Heraklith-Verschalung von Trockenbau-Zwischenwand (Proben Nr. 08/37 und 08/38).....	26
3.3.5.5 Anstrich und Kern vom Deckentram (Proben Nr. 08/43, 08/44 und 08/45).....	26
3.3.5.6 Außenmauern (Proben 08/49 und 08/50)	26
3.3.5.7 Schlackenziegel- und Tonziegelmauerwerk der Zwischenwände (Proben 08/51 und 08/52)	27
3.3.5.8 Außenputz, Innenputz (Proben 08/53, 08/56, 08/ 57).....	27
3.3.5.9 Kacheln (Probe 08/61)	27
3.3.6 Chemische Analytik	28
3.3.6.1 Aufschluss.....	28

3.3.6.2	Analyse	28
3.4	Beschreibung des Gebäudeabbruchs	29
3.5	Beschreibung der Baurestmassenaufbereitung und der Probenahme für die Analyse der Outputfraktionen.....	32
3.6	Vorgehen bei der Analyse der gezogenen Proben	34
3.6.1	Probenaufbereitung	34
3.6.1.1	Aufbereitung vor Ort.....	34
3.6.1.2	Laboraufbereitung der Bauschuttproben und Kabel	36
3.6.2	Chemische Analysen	37
4	ERGEBNISSE	39
4.1	Zusammensetzung Baumaterialien.....	39
4.1.1	Bestandteile der „heterogenen“ Bauteile	39
4.1.1.1	Außenmauern	39
4.1.1.2	Zwischenwände aus gebranntem Ton- und Schlackenziegeln.....	40
4.1.1.3	Verputze und Anstriche.....	40
4.1.1.4	Verputzte Heraklithverschalung	41
4.1.1.5	Deckentram mit Anstrich.....	41
4.1.2	Kupfergehalt der einzelnen Baumaterialien	41
4.1.3	Identifizierung Schadstoffhaltiger Baumaterialien	42
4.2	Zusammensetzung der Fraktionen der Baurestmassenaufbereitung	43
4.2.1	Zusammensetzung des aufbereiteten Schutts nach Gütern.....	43
4.2.2	Kupfergehalt des aufbereiteten Schutts.....	45
4.3	Auswertung der Daten der Gebäudeaufnahme	46
4.3.1	Rahmenbedingungen und Annahmen für die Berechnung der Zusammensetzung des Bauwerks.....	48
4.3.1.1	Spezifische Kennzahlen für Fenster und Türen.....	49
4.3.2	Güterbilanz des Abbruchobjekts	49
4.3.2.1	Zusammensetzung der Inputgüter in den Prozess „Abbruch“	49
4.3.2.2	Zusammensetzung und Zielprozesse der Outputgüter aus dem Prozess „Abbruch“	52
4.3.2.3	Güterflussanalyse Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74	52
4.3.3	Stoffflussanalyse Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74.....	53
4.3.3.1	Stoffflussanalyse Kupfer Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74	54
4.4	SOLL-IST-Vergleich der abgeschätzten und der abgebrochenen Mengen	55
4.5	Tool Kit.....	56
4.5.1	Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss	56

4.5.1.1	Probenahmeplanung.....	56
4.5.1.2	Probenahmetechniken für Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss	59
4.5.1.3	Probenaufbereitung und Analyse.....	60
4.5.2	Beprobung beim Abbruch	61
4.5.3	Beprobung nach dem Abbruch	61
4.5.4	Indirekte Beprobung: Bilanzierung Baurestmassenaufbereitung.....	62
4.5.4.1	Probenahmeplanung.....	62
4.5.4.2	Beprobung	63
4.5.4.3	Probenaufbereitung und Analyse.....	63
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN	65
6	LITERATUR.....	67
7	ANHANG	69

1 Einleitung

Das Projekt V-EnBa ist eine Machbarkeitsstudie zur Bestimmung der Zusammensetzung von Baurestmassen anhand von praktischen Analysen von Abbrüchen im Feld. Diese Machbarkeitsstudie stellt ein Vorprojekt zur Erarbeitung einer geeigneten Methodik dar. Im darauf folgenden Hauptprojekt EnBa, welches nicht Gegenstand dieser Untersuchung ist, soll anhand von 10 mehrgeschossigen Wohnbauten die in der Vorstudie vorgeschlagene Methode praktisch angewendet und die chemische Zusammensetzung der Baurestmassen einschließlich ihrer Bandbreite gemessen werden.

Baurestmassen sind gemäß Deponieverordnung [BGBl 164, 1996] und [BGBl II 49, 2004] ein Gemenge von bei Bau- oder Abbrucharbeiten anfallenden Materialien, wie Bodenaushub, Betonabbruch, Asphaltaufruch sowie mineralischer Bauschutt und Baustellenabfälle.

Im Bundesabfallwirtschaftsplan stellen Baurestmassen mit 28 Mio. t den größten Anteil (52 %) am Gesamtabfallaufkommen in Österreich dar, wobei auf den Bodenaushub 22 Mio. t entfallen [BMLFUW, 2006]. Der Anfall an Baurestmassen ohne Bodenaushub beträgt rund 6,3 Mio. t pro Jahr. Diese Menge umfasst folgende Abfallschlüsselnummern gemäß [ÖN S 2100, 1997]:

31409 (Bauschutt/Brandschutt) und 31427 (Betonabbruch) mit gemeinsam 3,8 Mio. Tonnen, 31410 (Straßenaufbruch) mit 1,2 Mio. Tonnen, 91206 (Baustellenabfälle) mit 1,1 Mio. Tonnen und 31467 (Gleisschotter) mit 230.000 Tonnen [Scheibengraf & Reisinger, 2005].

Die Baurestmassentrennverordnung [BGBl 259, 1991] schreibt die getrennte Sammlung und Verwertung der verwertbaren Baurestmassen vor. Dabei sind jene Stoffgruppen der Baurestmassen zu trennen, bei denen im Rahmen der Bau- oder Abbruchtätigkeit die angegebenen Mengenschwellen überschritten werden. Werden diese Mengenschwellen nicht erreicht, erfolgt eine Deponierung dieser Abfälle, ohne diese zu trennen. Für gefährliche Abfälle sind keine Mengenschwellen festgelegt. Sie sind daher stets von den nicht gefährlichen Abfällen zu trennen. Eine Trennung hat entweder am Anfallsort oder in einer Behandlungsanlage zu erfolgen und ist so durchzuführen, dass eine Verwertung der einzelnen Stoffgruppen möglich ist. Der Anfall der Abfälle ist anhand von Aufzeichnungen entsprechend der Abfallnachweisverordnung [BGBl II 618, 2003] nachzuweisen.

Durch die Deponieverordnung [BGBl 164, 1996] in der Fassung von [BGBl II 49, 2004] wird dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprechend die Ausstattung und Betriebsweise von Deponien festgelegt. Es werden vier Deponietypen festgelegt und beschrieben, darunter die Baurestmassendeponie. Bestimmte mineralische Baurestmassen aus Abbruch- oder Sanierungsarbeiten dürfen ohne chemische Analyse abgelagert werden, sofern eine Verunreinigung mit umweltgefährdenden Stoffen nicht zu besorgen ist. Dabei dürfen Bauwerksbestandteile aus Metall, Kunststoff, Holz oder anderen organischen Materialien wie Papier, Kork etc., in einem Ausmaß von insgesamt höchstens zehn Volumsprozent enthalten sein

Beide Verordnungen zielen im Hinblick auf die Erfüllung der Ziele des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) [BGBl 102, 2002] darauf ab, eine verstärkte Wiederverwertung von Baurestmassen und ihre Rückführung in den Stoffkreislauf zu forcieren. Vor allem das dritte Ziel des AWG, Schonung der Ressourcen, wird durch den verminderten Verbrauch an (minerali-

schen) Rohstoffen auf der einen Seite sowie durch Schonung von Deponievolumen auf der anderen Seite erfüllt.

Auch in dem Projekt „Beitrag der Abfallwirtschaft zum Kupferhaushalt Österreichs (Projekt ABASG III – Cu)“ [Daxbeck et al., 2006] wurde im Rahmen der Stoffflussanalyse von Kupfer auf das Thema Baurestmassen eingegangen.

Es kann keine Aussage darüber gemacht werden, inwieweit es sich bei den in [BMLFUW, 2006] bzw. [Scheibengraf & Reisinger, 2005] genannten Werten um vor- bzw. unsortierte Baurestmassen handelt bzw. ob und wie viele Wertstoffe bereits vor dem Abriss von den Abbruchgebäuden entfernt wurden, um einem Recyclingprozess bzw. dem Sekundärrohstoffhandel zugeführt zu werden. Wertstoffe, wie zum Beispiel kupferhaltige Abfälle in der Form von Drähten, Rohren, Bändern oder Blechen, werden, abgesehen von den gesetzlichen Bestimmungen, oft vor oder während der Sanierungs- bzw. Abrucharbeiten direkt von der Baustelle entfernt und entziehen sich damit häufig einer statistischen Erfassung. Jene Baurestmassen, die an Baurestmassensortieranlagen geliefert werden, sind deshalb zumeist vorsortiert und enthalten nur mehr einen Teil des, in diesem Falle, tatsächlichen Kupferabfalls in Baurestmassen. Auch ist zu erwarten, dass gegenwärtig, trotz entsprechender gesetzlicher Regelung nur ein Teil der Baurestmassen in Baurestmassensortieranlagen geleitet wird und somit auch nur ein Teil des Kupfers über diese Anlagen ausgeschleust werden kann. Es ist daher zu untersuchen, welche Mengen an Wertstoffen während bzw. vor den Sanierungs- bzw. Abrissarbeiten ausgesondert werden und welche Mengen über die Baurestmassensortieranlagen ausgeschleust werden können. Dafür ist es notwendig, die stoffliche Zusammensetzung der Input-Materialien in die Baurestmassensortieranlage zu bestimmen. Deren Kenntnis ermöglicht es, Aussagen darüber zu treffen, welche Wertstoffmengen schlussendlich über die Baurestmassen auf die Deponien gelangen [Daxbeck et al., 2006].

Im Rahmen des Bundesabfallwirtschaftsplans 2006 wurde eine Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsstrategie entwickelt [Reisinger & Krammer, 2006]. Diese zielt auf große Material- und Abfallströme, Materialien und Abfälle mit hohen Schadstoffgehalten, Produkte und Abfälle mit hohem Symbolgehalt für das Abfallverhalten der Konsumenten und innovative Ansätze ab. Dementsprechend befasst sich die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsstrategie unter anderem mit dem Thema „Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen“.

Die daraus abgeleiteten Maßnahmenbündel zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen sollen mithelfen, die Ziele der Abfallvermeidung und Abfallverwertung zu erreichen. Das Maßnahmenbündel zielt neben der Vermeidung von Abfällen aus dem Baubereich in allen Lebenszyklusphasen auch speziell auf eine optimale Verwertung der entstehenden Baurestmassen ab. Um dies zu erreichen, werden u. a. Maßnahmen zur Förderung des selektiven (verwertungsorientierten) Rückbaus und des Baurestmassenrecyclings ergriffen.

Im Bereich des Baurestmassenrecycling umfasst das Maßnahmenbündel folgende Maßnahmen:

- die Entwicklung von Qualitätsstandards und Umweltverträglichkeitsbestimmungen, die gleichermaßen für Primärbaustoffe und Recyclingbaustoffe gelten,
- die Entwicklung von Kriterien der öffentlichen Beschaffung zur Verwendung von Recyclingbaustoffen,

- die Einführung einer Verordnung, welche die Einhaltung der Qualitätsstandards und Umweltverträglichkeitsbestimmungen für Primärbaustoffe und Recyclingbaustoffe vorschreibt,
- die Einführung einer Abfallende-Verordnung.

2 Zielsetzung, Fragestellung

Das Ziel des Projektes V-EnBa ist die Entwicklung einer Methode zur massenmäßigen und stofflichen Bilanzierung des Abbruchs von Gebäuden. Das Resultat dient im nachfolgenden Projekt EnBa zur Untersuchung des Abbruchs von 10 mehrgeschoßigen Wohnbauten sowie als Grundlage für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit und des Ressourcenpotentials von Baurestmassen anhand von Güter- und ausgewählten Stoffbilanzen.

Am Beispiel des Abrisses eines mehrgeschoßigen Wohnbaus soll untersucht werden, wie die Massenflüsse der verschiedenen Reststoffe eines Abbruchs bestimmt werden können, wie aus diesen Reststoffen repräsentative Proben gezogen werden können, wie diese Proben aufbereitet werden können, und wie sie im Labor auf Analysenfeinheit zerkleinert, aufgeschlossen und auf Schwermetalle analysiert werden können. Als Methoden werden die Stoffflussanalyse, neue Probenahme- und Zerkleinerungsprozeduren, standardisierte Aufschlussverfahren sowie ein modernes ICP Analysengerät zur Metallbestimmung eingesetzt. Es ist anzunehmen, dass einige Reststoffe erst nach dem Durchlaufen einer Sortieranlage beprobt und untersucht werden können. Die Entwicklung einer Methode zur Bilanzierung von Sortieranlagen ist deshalb ebenfalls Gegenstand dieses Vorprojektes. Die Auswahl der zu bilanzierenden Sortieranlage erfolgt gemeinsam mit dem Auftraggeber.

Zur Überprüfung der Methode wird eine Massenbilanz eines Abbruchs erstellt, und exemplarisch ein Element (Kupfer) bilanziert, wobei es sich im Vorprojekt nicht um „echte“ Bilanzierung handelt, da nur die Reststoffe aus dem Abbruch bestimmt werden und der Input in das Bauwerk jedoch nicht gemessen sondern aus dem Output (Summe aller Reststoffe) berechnet wird.

Im Hauptprojekt werden zukünftig weitere 9 Güterflussanalysen und 5 Stoffflussanalysen von Abbrüchen, und falls notwendig, von Bauschuttrecyclinganlagen erstellt. Dazu werden 5 exemplarische Stoffe für die Bilanzierung ausgewählt. Anhand der ausgewählten Stoffe wird die qualitative Bedeutung der unterschiedlichen Recycling- und Entsorgungspfade für Baurestmassen mittels Stoffflussanalysen der untersuchten Gebäude und der Baurestmassensortieranlage bestimmt. Aus den Ergebnissen der Stoffflussanalysen des Hauptversuches lassen sich Aussagen darüber treffen, ob sich in den deponierten Baurestmassen ein ungenutztes Ressourcenpotential befindet und ob im Falle der aufbereiteten Baurestmassen eine ausreichende Schadstoffentfrachtung im Sinne der Zielerreichung des Abfallwirtschaftsgesetzes, der Baurestmassentrennverordnung und der Deponieverordnung erfolgt.

Im Zuge der Erstellung der Stoffflussanalysen wird im Hauptprojekt ein besonderes Augenmerk auf die Identifikation der Herkunft ausgewählter Stoffe gelegt. Dadurch ist es möglich, die Herkunft von Kontaminationen zu bestimmen und nach Möglichkeiten zu forschen, diese Kontaminationen abzugrenzen oder auszuschleusen, um die optimale Zuweisung zu Verwertungsprozessen oder Deponietypen zu erreichen.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Systemdefinition: Welches sind die Systemgrenzen für die Güter- und Stoffbilanzen, welche Güter und Prozesse sind in die Untersuchung einzubeziehen?
2. Welche Reststoffe fallen bei einem Abbruch an?
3. Welche Reststoffe können direkt durch eine Analyse und welche nur indirekt mit Hilfe einer Stoffflussanalyse bestimmt werden?

4. Wie bestimmt man die Massenflüsse dieser Reststoffe einfach, kostengünstig und mit kleiner Unsicherheit?
5. Wie kann man aus diesen Reststoffe Proben ziehen, um darin Stoffe (z.B. Metalle, Cellulose etc.) zu bestimmen?
6. Welche Analysengenauigkeit kann mit einem vertretbaren Aufwand erreicht werden?
7. Ist die Entwicklung eines allgemeingültigen Vorgehens zur repräsentativen Bestimmung von Güter- und ausgewählten Stoffflüssen beim Abriss eines Wohngebäudes möglich, und welche Kosten fallen bei vorgegebener, akzeptabler Unsicherheit dabei an?
8. Welche Informationen werden benötigt, um die Verwertung von mineralischen Baurestmassen zu optimieren? Welche Vorgangsweise ist notwendig, um in der Praxis diesem Optimum möglichst nahe zu kommen?

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Systemdefinition

Berücksichtigt werden alle immobilen Bestandteile des Gebäudes zum Zeitpunkt des Auszugs der Bewohner aus dem Haus. Der Weg der verbauten Güter wird einerseits bis zur Lagerung auf einer Deponie als Baurestmasse oder am Grundstück als Verfüllmaterial und andererseits bis zu jenem Punkt verfolgt, wo das Gut vom Bauausführenden in den Besitz eines Dritten übergeht. Dies kann sein der Wertstoffhandel zur Verwertung als Sekundärrohstoff oder die Wiederverwendung im Bauwesen als Recycling-Baustoff.

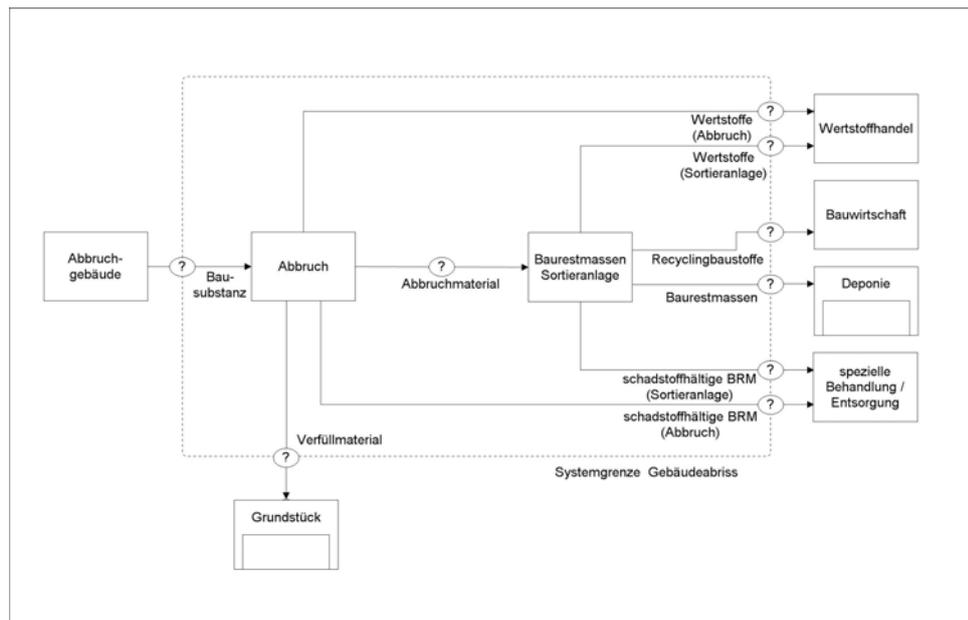
Nicht berücksichtigt werden die mobilen Einrichtungsgegenstände der Bewohner. Die Maschinen, welche für den Abbruch selbst und für den Transport und die Behandlung bzw. Aufbereitung der Baurestmassen eingesetzt werden, sowie deren Betriebsmittel und die beim Transport und der Behandlung entstehenden Emissionen sind nicht Gegenstand der Betrachtungen.

Räumliche erstreckt sich das System auf das Grundstück des Abbruchobjekts und auf die Orte, an denen die Aufbereitung bzw. Behandlung der Baurestmassen vorgenommen wird.

Der zeitliche Rahmen beginnt mit dem Abbruch des Objekts und endet mit der Entsorgung oder Verwertung der abgebrochenen Bestandteile des Objekts.

Die Systemdefinitionen werden mit der speziell vom Institut f. Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien und mit Unterstützung des Lebensministeriums, der Bundesländer Österreichs und der voestalpine entwickelten Software STAN erstellt. [Inka software & Cencic, 2007]

Abbildung 3-1: Systemdefinition des Gebäudeabrisses (mit STAN erstellt)



3.1.1 Beschreibung der einzelnen Prozesse

Prozess Abbruch	
Dieser Prozess beinhaltet als Lager das Bauwerk selbst und alle Tätigkeiten zum Abbruch des Gebäudes. Die Aussortierung von Wert- und Schadstoffen im Rahmen der Rückbauarbeiten, beim Abbruch oder durch die Abbruchmaschinen ist Bestandteil dieses Prozesses.	
INPUT-Güter	
Bausubstanz	Alle Bestandteile des Abbruchobjekts die im Rahmen des Gebäudeabbruchs bearbeitet werden.
OUTPUT-Güter	
Wertstoffe (Abbruch)	Jene Bausubstanz die nach der Demontage ohne weitere Behandlung durch das Abbruchunternehmen an den Wertstoffhandel verkauft wird (z.B. Holz, Bleche, Kabel).
Abbruchmaterial	Abgebrochene Bausubstanz die vor einer Verwertung oder Entsorgung einer weiteren mechanischen und/oder physikalischen Behandlung zugeführt wird.
schadstoffh. BRM (Abbruch)	Abgebrochene Bausubstanz die aufgrund ihres Gehalts an Schadstoffen einer speziellen Behandlung oder Entsorgung zugeführt werden muss.
Verfüllmaterial	Abgebrochene Bausubstanz die zum Verfüllen von Hohlräumen am Grundstück (z.B. Keller) verwendet wird. Dieses Material wird (teilweise) erst bei einem neuerlichen Bau am Grundstück ausgehoben und ggf. entsorgt oder verbleibt über längere Zeit im Boden am Grundstück

Prozess BRM Sortieranlage	
Dieser Prozess beinhaltet alle Tätigkeiten zur Auftrennung der abgebrochenen Bausubstanz unter Einsatz einer Abfolge von mechanischen und/oder physikalischen Verfahren. Zum Prozess werden jene Geräte gezählt, die ausschließlich zur Auftrennung der Baumaterialien bestimmt sind, unabhängig von deren Aufstellungsort.	
INPUT-Güter	
Abbruchmaterial <i>von: Gebäudeabbruch</i>	Abgebrochene Bausubstanz die vor einer Verwertung oder Entsorgung einer weiteren mechanischen und/oder physikalischen Behandlung zugeführt werden.
OUTPUT-Güter	
Wertstoffe (Sortieranlage)	Separierte Bestandteile des Abbruchmaterials die nach der Behandlung an den Wertstoffhandel verkauft werden (z.B. Holz, Bleche, Kabel).
Recycling-Baustoffe	Separierte Bestandteile des Abbruchmaterials die nach der Behandlung wieder als Baustoff eingesetzt werden.
Baurestmassen	Separierte Bestandteile des Abbruchmaterials die nach der Behandlung nicht wiederverwendet oder wiederverwertet werden können und aufgrund ihrer Zusammensetzung nicht weiter behandelt werden müssen sondern deponiert werden können.
schadstoffh. BRM (Sortieranlage)	Separierte Bestandteile des Abbruchmaterials die nach der Behandlung aufgrund ihres Gehalts an Schadstoffen einer speziellen Behandlung oder Entsorgung zugeführt werden müssen.

3.2 Beschreibung des Abbruchobjekts

Das für das Projekt bereitgestellte Objekt befindet sich in der Gemeinde Eisenerz, Steiermark. Vom Objekt sind die folgenden Daten bekannt:

Tabelle 3-1: Rohdaten des Abbruchobjekts (Quelle: GIWOG)

Rohdaten des Abbruchobjekts	
Adresse	Krumpentalerstraße 74, 8790 Eisenerz
Katastralgemeinde	Krumpental
Objektnummer	75 910
Typ	Wohnhaus mit ebenerdigen Verkaufslokal (Gemischtwarenhandlung)
Baujahr	1870
Bebaute Fläche	103 m ²
Wohneinheiten	1
Wohnnutzfläche	93 m ²
Umbauter Raum	690 m ³
Beschreibung	1 Stock hoher Massivziegelbau, 80 % unterkellert, freistehend, hölzernes Satteldach, Ziegeleindeckung Decken über Keller Ziegelplatzel zwischen eisernen Profilträgern, sonst stukkatierte Holzdecken, Kanalanschluss



Abbildung 3-2: Abbruchobjekt Krumpentalerstraße 74, 8790 Eisenerz

Zum Zeitpunkt der Gebäudeaufnahme waren die Fensterflügel fast vollständig und die Türflügel zur Gänze entfernt worden. Dazu kam, dass alle Versorgungsleitungen unterbrochen waren, was die Arbeit vor Ort erschwerte. Die Bodenbeläge wurden, mit Ausnahme der Bodenfliesen, alle herausgerissen. Vorhanden waren die Trockenschüttungen, betonierte Untergründe und die Holzbalken und -dielen, soweit diese Teil von tragenden Boden- bzw. Deckenkonstruktionen sind. In den einzelnen Räumen konnten nur mehr Reste des Bodenaufbaus gefunden werden. Über die ehemals verwendeten Beläge kann keine Aussage gemacht werden.

3.2.1 Vorhandene Unterlagen

Die ursprünglichen Pläne und Unterlagen von 1870 sind nicht mehr vorhanden. Zur Verfügung standen:

Der Einreichplan für den Einbau einer Mansardenwohnung aus 1937. Dieser Plan zeigt die, als Wohnraum ausgebauten nördliche Hälfte des Dachbodens im Grundriss, einen Querschnitt des Daches und des Obergeschoßes sowie einen Längsschnitt, der das nördliche Drittel der Mansarde und des Obergeschoßes zeigt.

Ein Plan erstellt durch die Alpine Montanbetriebe aus dem Jahr 1943 mit Ergänzungen von 1951. Dieser Plan zeigt die Grundrisse von Erdgeschoß und Obergeschoß. Weiters einen Querschnitt des ganzen Hauses auf der Höhe des Verkaufslokals. In dem Plan sind grundlegende Abmaße der Räume enthalten.

In den Plänen sind keine Angaben über die verwendeten Baustoffe, den Aufbau der einzelnen Bauteile (Wände, Geschoßdecken, Böden, udgl.) und die verlegten Installationen für Wasser, Abwasser und Strom enthalten.

3.3 Aufnahme des Abbruchobjekts

3.3.1 Ziel der Aufnahme

Bei der Aufnahme vor Ort vor dem Abbruch des Objekts werden erhoben:

- Kontrolle der Maße in den vorhandenen Plänen
- alle relevanten Abmaße zur Errechnung des Volumens der einzelnen Bauteile
- die Zusammensetzung und Aufbau der einzelnen Bauteile
- Art und Größe der in den Bauteilen eingebauten Installationen
- Fotodokumentation der Bauteile

3.3.2 Systematik bei der Aufnahme des Objekts

Mit Hilfe der vorhandenen Pläne wurde ein System zur Codierung von Räumen und Bauteilen entwickelt. Ausgangspunkt ist das Geschoß.

Codierung der Geschoße:

Jedes Geschoß wird beschrieben durch eine einstellige Nummer, beginnend mit 0 im Erdgeschoß.

- 0.....Erdgeschoß
- 1.....Obergeschoß
- 2.....Mansarde
- 3.....Dachboden

Codierung der Räume:

Jeder Raum erhält eine dreistellige Nummer. Die erste Stelle ergibt sich aus dem Geschoß in dem sich der Raum befindet. Die weiteren beiden Stellen ergeben sich aus der fortlaufen-

den Nummerierung der Räume. Für den Gang wurde immer die Nummer 01 vergeben. Vom Gang ausgehend erfolgt die weitere Nummerierung der Räume fortlaufend im Uhrzeigersinn.

Codierung der Bauteile:

Ein Bauteil wird festgelegt durch die Angabe der Nummern der Räume zwischen denen er sich befindet, die mit einem Bindestrich getrennt werden. Somit erhält die Zwischenwand, welche die Räume 105 und 106 im Obergeschoß trennt die Codierung 105-106. Sollte diese Codierung zur eindeutigen Identifizierung des Bauteils nicht ausreichen, so wird die Bezeichnung erweitert, z.B. durch die Ergänzung durch eine Himmelsrichtung.

Für Außenwände wird anstelle der zweiten Raumnummer die Himmelsrichtung der Außenansicht angegeben, z.B. 001-N.

Geschoßdecken werden mit den Nummern der angrenzenden Geschoße beschrieben und erhalten einen zweistelligen Code. Soll ein Bezug nur auf einen Raum hergestellt werden, so wird die Raumnummer ergänzt, z.B. 12 – 103.

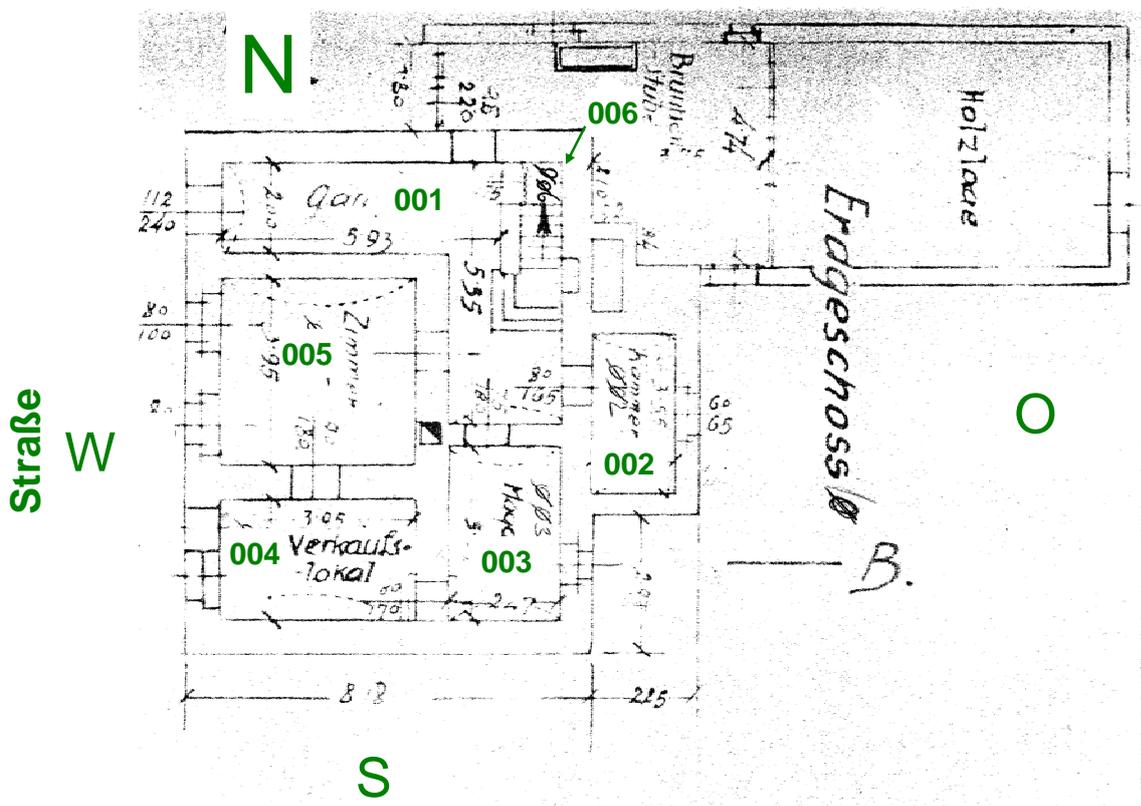


Abbildung 3-3: Grundriss mit Raumnummern, Erdgeschoss

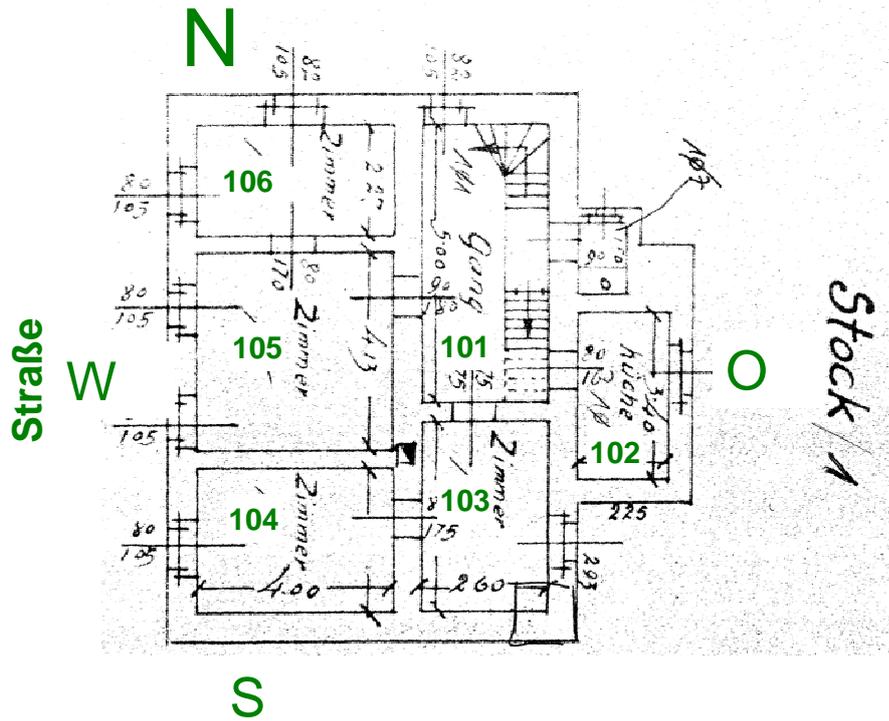


Abbildung 3-4: Grundriss mit Raumnummern, 1. Stock

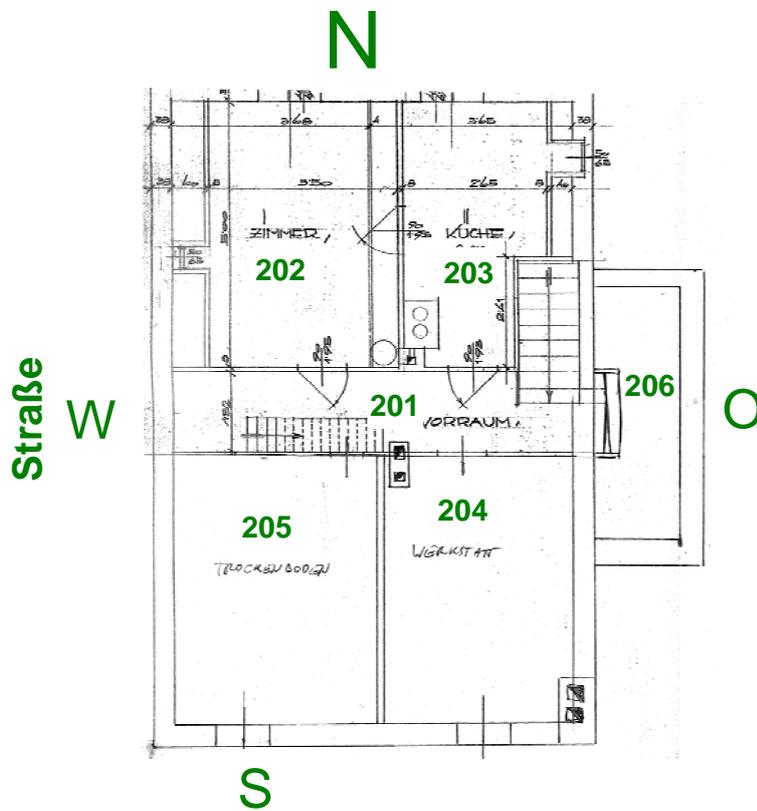


Abbildung 3-5: Grundriss mit Raumnummern, Dachgeschoss

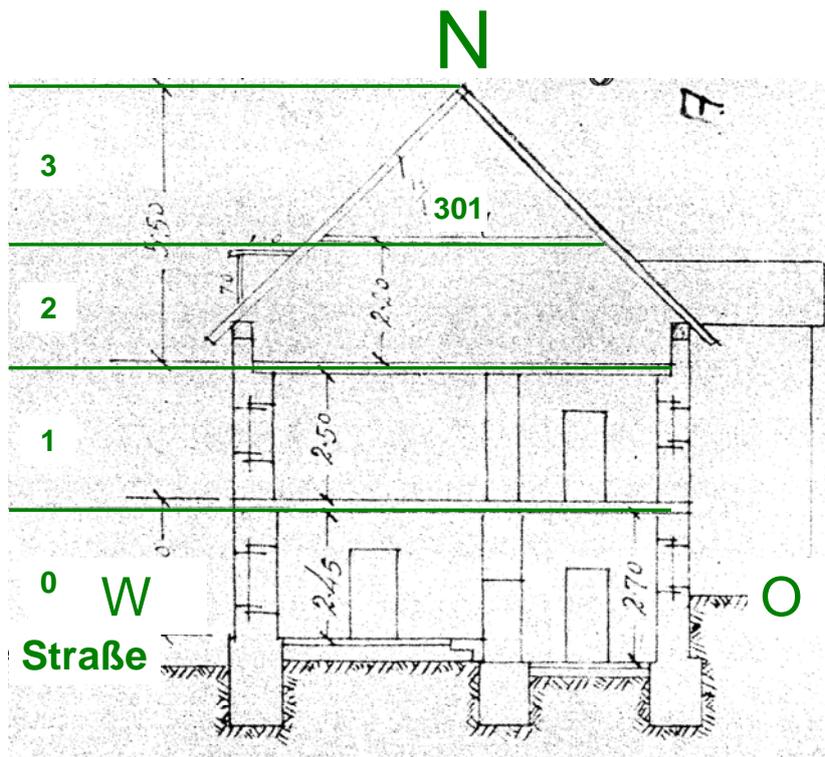


Abbildung 3-6: Querschnitt des Gebäudes auf Höhe des Verkaufslokals mit Geschosnummern

3.3.3 Durchführung der Aufnahme des Objekts

Die einzelnen Etagen/Stockwerke wurden systematisch von unten nach oben aufgenommen. Ausgangspunkt der Aufnahme war das Erdgeschoss. Innerhalb der einzelnen Stockwerke wurde immer zuerst der Gang aufgenommen, also die Räume mit der Endcodierung 01, um danach die restlichen angrenzenden Räume aufzunehmen. Der Dachboden wurde letztendlich als Ganzes aufgenommen, da dieser keine räumlichen Unterteilungen aufwies.

Die am Haus angrenzende Brunnenstube und das Holzlager waren nicht Gegenstand der Aufnahme.

Für die Durchführung der Gebäudeaufnahme des Objektes wurden folgende Formulare/Unterlagen für jeden Raum erstellt um die erhobenen Daten zu dokumentieren:

- Raumskizze
- Datenaufnahme Raum
- Foto Liste

Die Formulare sind im Anhang aufgeführt.

Vorgehen im Innenbereich

Der erste Schritt bestand darin die einzelnen Räume hinsichtlich Höhe, Länge und Breite sowie die Größe der Einbauten (Fenster, Türen, Balken, Türstöcke, Fensterbretter, etc...) mittels eines Laser-Distanzmessgerätes oder eines Maßbands abzumessen.

Ziel war es die Maße (in cm) in den vorhandenen Plänen zu kontrollieren. Die erhobenen Daten wurden dann in den jeweiligen Plan eingetragen. Im Rahmen der Aufnahme wurden die Pläne hinsichtlich ihrer Aktualität geprüft und Veränderungen gegenüber dem im Plan eingezeichneten Bestand (z.B. neu aufgezugene Wände, nicht mehr vorhandene Türen, etc.) wurden festgehalten. Weiters wurde der Aufbau des Bodens und der Decke im Plan skizziert und die Wanddicken ermittelt. Die Maße waren die Grundlage um das Volumen der einzelnen Räume errechnen zu können (siehe Kapitel 3.2.1).

Im zweiten Schritt wurden die Längen und die Zusammensetzung der verlegten Installationen (Elektro-, Wasser-, Heizungs- und/oder Abwasserinstallationen) im Raum erfasst. Um den Verlauf und die Länge der Leitungen bestimmen zu können, wurden diese teilweise freigelegt. Anschließend wurden Material und Menge von noch vorhandenen Boden- und Wandbeläge aufgenommen. Die Daten wurden in die dafür vorgesehene Liste (Datenaufnahme Raum) eingetragen. Die Liste „Datenaufnahme Raum“ berücksichtigt auch sonstige Ausstattungen. Zu den sonstigen Ausstattungen gehört alles was nicht unter Punkt 1 bis 8 fällt wie zum Beispiel eingebaute Öfen oder sanitäre Einrichtungsgegenstände.

Einige Einbauten konnten nur schlecht erfasst werden, wie zum Beispiel eingebaute Eisenträger. Das Problem solcher Bauteile bestand darin, dass nur der sichtbare Anteil erfasst werden konnte. In den Bauteilen eingemauerte Streben, Verstärkungen udgl. werden erst beim Abbruch sichtbar.

Im nächsten Schritt wurden von jedem Raum Fotos gemacht und die fortlaufende Fotonummer in die entsprechende Fotoliste eingetragen.

Im Dachboden wurden die Anzahl und die Dimension aller vorhandenen Balken und Träger aufgenommen. Für das Dach wurde außerdem vor Ort eigens eine Skizze angefertigt um die Maße zum Beispiel des Ortgangs (= Abstand zwischen First und Traufe) eintragen zu können. Zur Ermittlung der Dachschräge waren Abmessungen in der Mansarde und im Dachgeschoss notwendig.



Abbildung 3-7: Raum 301: Dachboden

Im Anschluss wurden die im Haus befindlichen Treppenaufgänge (Anzahl der Stufen und Dimensionen) aufgenommen. Der Aufbau des Aufgangs, der vom Erdgeschoss in das Obergeschoss führte, konnte nur von außen beurteilt werden.

In einem Durchgang durch das Haus wurde die Art der ausgeführten Deckenkonstruktion (Gewölbe, Tramdecke) notiert.

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der verbauten Materialien wurden von der TU Wien Proben von allen Bauteilen gezogen (Details siehe Kapitel 3.3.4).

Vorgehen im Außenbereich

Auch die notwendigen Außenmaße wurden bestimmt und das Gebäude fotografiert, wobei die Südseite des Hauses nicht zugänglich war.

Ausrüstungsliste:

- Laser Distanzmessgerät
- Handmessgeräte (Maßband)
- Generator
- Schutzausrüstung (Mundschutz, Arbeitshandschuhe,..)
- Verlängerungskabel
- Verteilerstecker
- Bohrmaschine sowie Bohrer
- Sägen sowie Sägeblätter
- Bohrhammer
- Stirnlampen, Taschenlampen, Handlampen
- Kernbohrer
- Kompass
- Schreibutensilien, Klemmbretter
- diverses Werkzeug (Hammer, Schraubenzieher,..)



a)



b)

Abbildung 3-8: a) Raum 101, Bauteil 101-N; b) Raum 102, Bauteil 102-O



a)



b)

Abbildung 3-9: a) Raum 103 Blick in Raum 104, Bauteil 103-104; b) Raum 104 Bauteil 104-W



Abbildung 3-10: a) Raum 105; b) Raum 106



Abbildung 3-11: a) Raum 107; b) Raum 101 mit Blick in Raum 107 u. Aufgang zur Mansarde

3.3.4 Probenahme aus den Bauteilen

Im Folgenden sind die Probenahmen aus den verschiedenen Bauteilen beschrieben. Eine Tabelle, in der alle gezogenen Proben angeführt sind, findet sich im Anhang (Tabelle 3-2).

3.3.4.1 Mineralisches Material von Fußböden und Deckenschüttungen

Im 2. Stock wurden je zwei Proben vom Magerbetonestrich und dem darauf angesammelten Schmutz gezogen (Schmutz, der sich im ehemaligen Hohlraum unter den Brettern des Blindbodens, zwischen den Polsterhölzern gesammelt hat). In den Räumen 202 und 203 wurde jeweils der Schmutz von etwa einem viertel Quadratmeter zusammengekehrt und als Proben abgesackt (Abbildung 3-12 a). Die gesäuberte Fläche wurde ausgemessen, um mit der Probenmasse auf die Schmutzmenge im Raum hochrechnen zu können. Zur Beprobung des Estrichs wurden je etwa 6,5 kg Magerbeton ausgestemmt und abgepackt (Abbildung 3-12 b).



Abbildung 3-12: Probenahme vom Schmutz unterhalb des ehemaligen Blindbodens und vom Magerbetonestrich (Räume 202 und 203)

Von den Schüttungen im 1. Stock wurden insgesamt sechs Proben gezogen. Die Probenahme erfolgte jeweils derart, dass kreisrund und mit senkrechten Wänden bis zum jeweiligen Untergrund ausgegraben wurde (Abbildung 3-13 a). Zum Teil wurden PE-Kunststoffrohre (150 mm Durchmesser) eingestochen, um das Nachrutschen von Material (Trichterbildung) zu verhindern. Von den Schüttungen über den Holzdecken in den Räumen 104, 105 und 106 wurden insgesamt drei Proben ausgegraben, von jener über dem Gewölbe im Raum 103 zwei. Im Raum 103 bestand die Schüttung offensichtlich aus zwei verschiedenen Materialien, einem hellgrauen Material, so wie es in den anderen Räumen vorgefunden wurde, als Unterlage und einer ca. 10 cm dicken Schicht dunklen Materials (Abbildung 3-13 b). Von der dunklen Deckschicht und dem hellen Untergrund wurden die Proben getrennt gezogen. Die Fläche der dunklen Schüttung insgesamt, sowie die beprobten Flächen wurden ausgemessen, um die Masse des dunklen Schüttmaterials hochrechnen zu können.



Abbildung 3-13: Probenahme von den mineralischen Deckenschüttungen; a) die Entnahme über der Tramdecke im Raum 104; b) die selektive Entnahme der dunklen Deckschicht in Raum 103

Im Eingangsbereich im Erdgeschoß (Raum 001) wurde aus dem Beton und dem darunterliegenden Pflaster ein Kern (80 mm Durchmesser) ausgebohrt. Diese Testbohrung diente in erster Linie dazu, die Tauglichkeit von Kernbohrungen für die Beprobung von Bauteilen zu beurteilen. Für die Montage des Bohrständers mittels Schlaganker ist ein solider Untergrund Voraussetzung. Im Abbruchhaus konnte allerdings weder an den Mauern noch an den übrigen Böden eine verlässliche Verankerung sichergestellt werden.

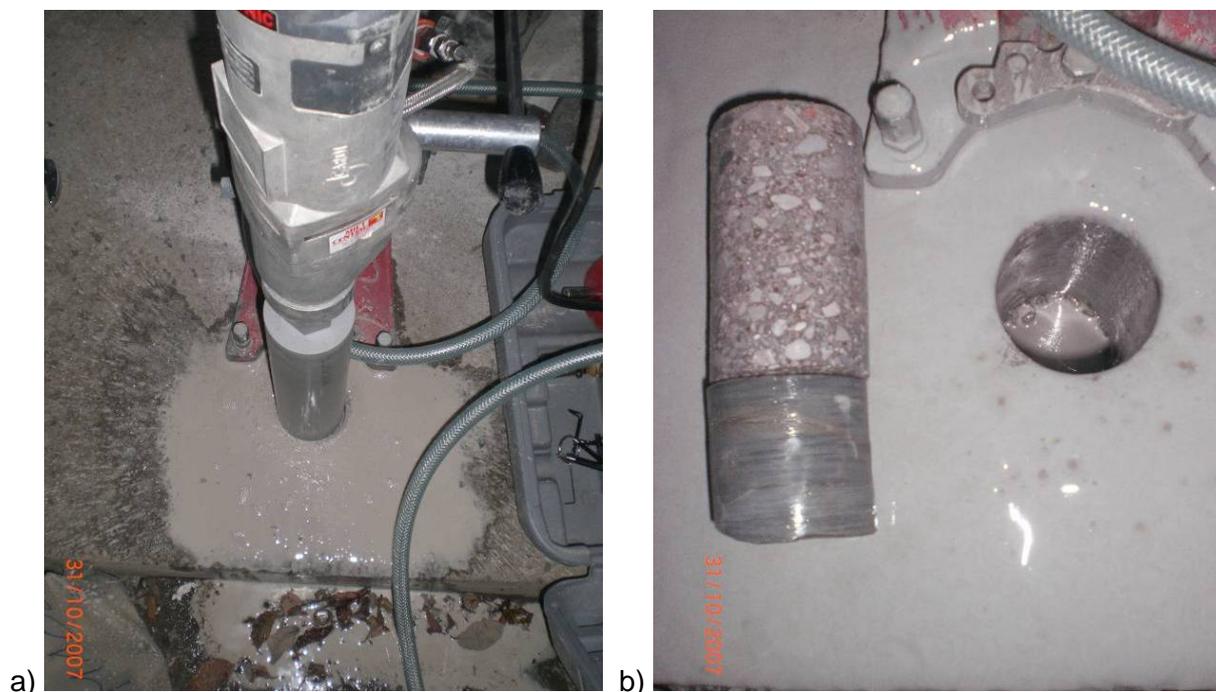


Abbildung 3-14: Kernbohrung im Eingangsbereich von Raum 001; Bohrkern aus dem Beton der Stiege und des darunter liegenden Pflasters

Zumindest für Bauteile aus Beton und ähnlich solide Materialien gibt die Kernbohrung eine elegante Möglichkeit, rasch und probenahme-theoretisch einwandfrei (konstanter Querschnitt über volle Tiefe des Bauteils) Proben zu entnehmen.

3.3.4.2 Mauerwerk

Von den Außenmauern (größtenteils Natursteinmauerwerk) wurden an zwei Stellen Proben entnommen, einmal im Erdgeschoß (Raum 006, Außenmauer WC) einmal im ersten Stock (Raum 106). Das Probenmaterial wurde gewonnen, indem „Fenster“ mit etwa 50 x 50 cm Seitenlänge in die Mauern gestemmt wurden (Abbildung 3-16 a). Zuvor wurde der Verputz entfernt (der Verputz wurde separat beprobt) und eine Plane zum Aufsammeln des Probenmaterials aufgebracht. Die Plane wurde mit Hilfe einer Latte, die an die Mauer gedübelt wurde, fixiert. Das Material wurde mit einem elektrischen Meißelhammer heraus gestemmt (Abbildung 3-15 a) und in Bauschuttsäcke eingefasst (Abbildung 3-15 b). Insgesamt wurden so ca. 175 kg Probe vom Mauerwerk gewonnen.

Die Probenahmen vom Kamin und den Zwischenwänden (alles Ziegelmauerwerk) erfolgten mit den selben Techniken. Auf Grund des regelmäßigen Aufbaus (im Gegensatz zum Natursteinmauerwerk der Außenmauern) wurden hier kleinere Proben von ca. 6 bis 22 kg je Probe ausgebrochen.



Abbildung 3-15: Ausstemmen und Einfassen des Probenmaterials von der Außenmauer im Erdgeschoß



Abbildung 3-16: a) „Probenahmefenster“ in der Außenmauer im ersten Stock (106-N);
b) Probenahmestelle am Kamin (Raum 204)

3.3.4.3 Verputze und Verschalungen

Von den Verputzen wurden ganze Stücke vom Mauerwerk gelöst (Abbildung 3-17 b), um im Labor einzelne Schichten zur Analyse herauspräparieren zu können. Es wurden sieben Innenputz und eine Außenputzprobe gezogen. Die Putzteile wurden gelöst, indem zuerst ringsum der Putz abgeschlagen und die Proben mit vorsichtigen Meißelschlägen von allen Seiten von der Mauer abgehoben wurde.

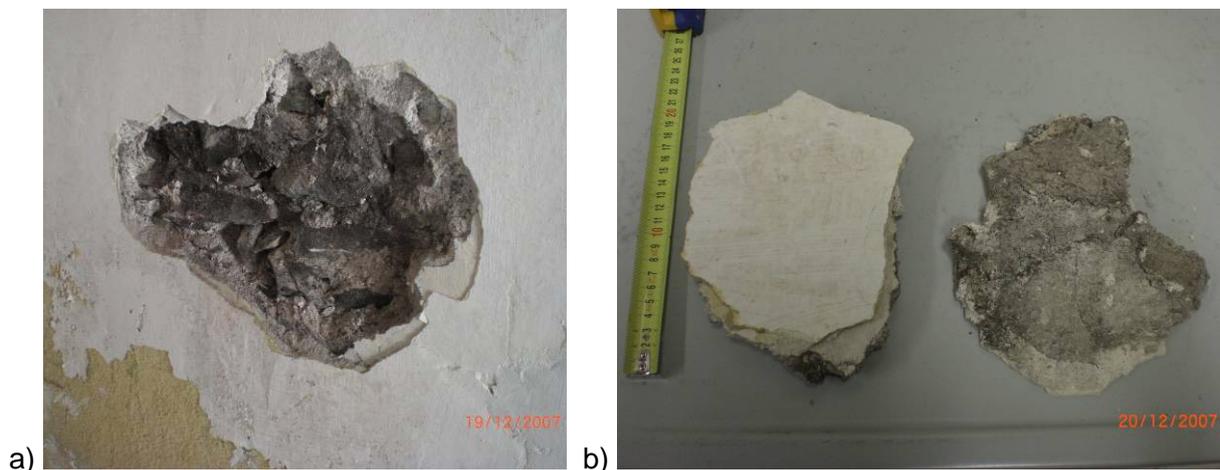


Abbildung 3-17: a) Probenahmestelle vom Innenputz;
b) das (zerbrochene) abgenommene Verputzstück (Vorder- und Rückseite)

Von den Heraklith-Schalungen bzw. der Schilf-Platzträgermatte (Raum 101, Plafond) wurden mit dem Winkelschleifer (Trennscheiben für Stein) rechteckige Stücke als Proben herausgeschnitten.

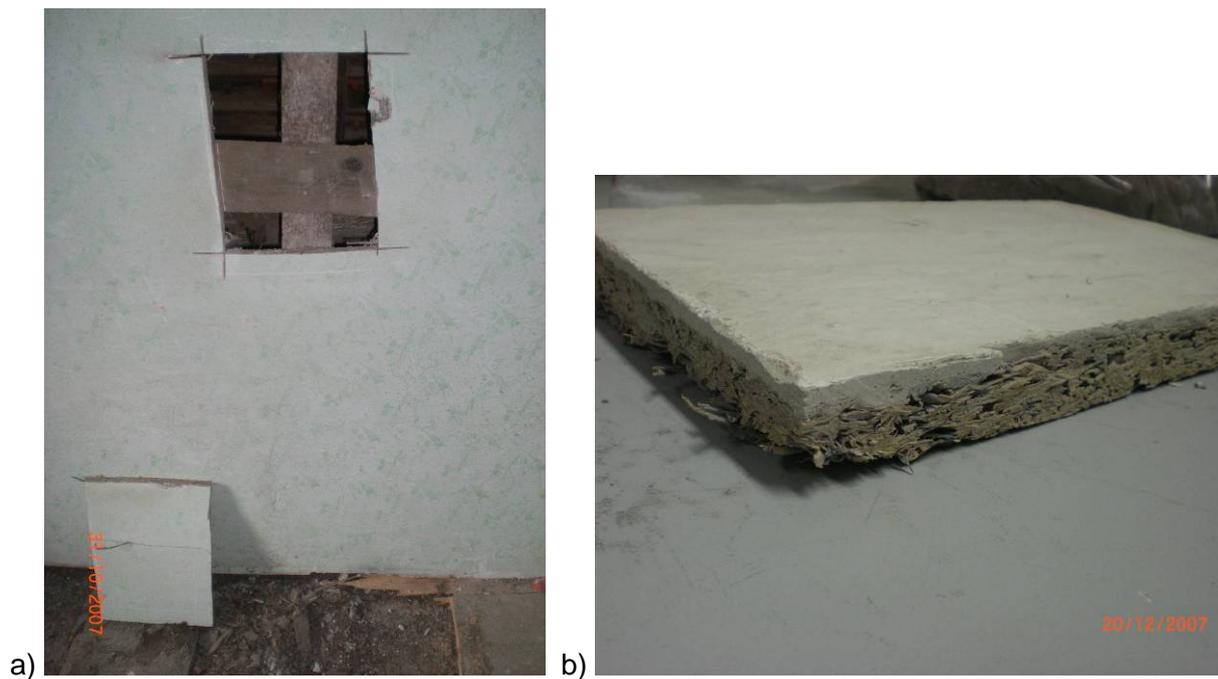


Abbildung 3-18: a) Probenahmestelle vom Heraklith-Inenausbau;
b) Nahaufnahme der Probenplatte

3.3.4.4 Bauteile aus Holz

Bei den Probenahmen an den Deckentram und Sparren vom Dachstuhl wurde jeweils zwischen Oberfläche und Kern differenziert, um die Beiträge von Anstrichen bzw. Oberflächenverschmutzungen zu den Schwermetallgehalten untersuchen zu können. Es wurden zunächst mit einem Stemmeisen 1 bis 4 mm dicke Scharten abgehoben und anschließend mit einem 16 mm-Bohrer Proben vom Inneren der Teile herausgebohrt. Die beiden Materialien wurden getrennt als Proben verpackt.

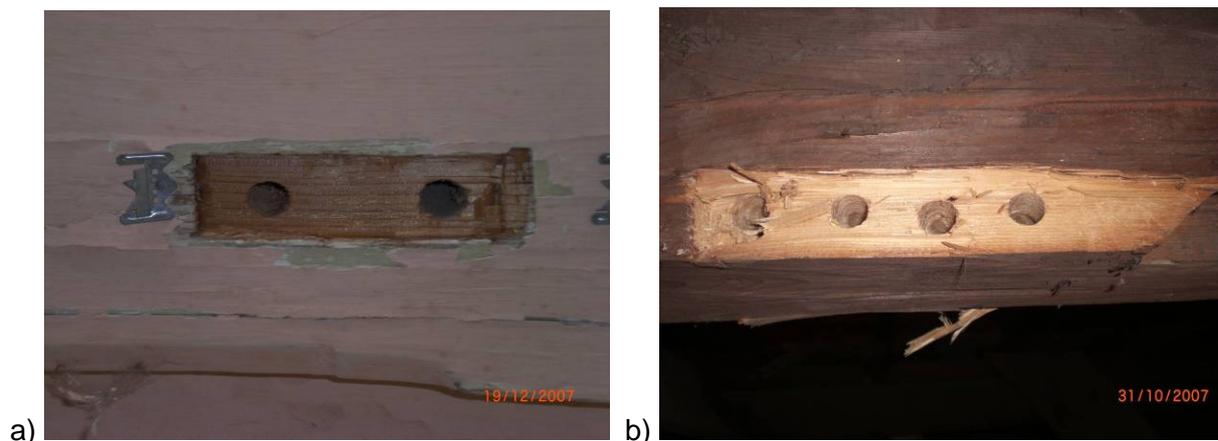


Abbildung 3-19: a) Probenahmestelle an der Tramdecke (Raum 005);
b) an einem Sparren des Dachstuhls

Von den Fenster- und Türstöcken wurden jeweils mit einer Bogensäge Stücke als Proben ausgeschnitten. Die Trennung von Anstrich und „reinem“ Holz erfolgt bei diesen Proben erst im Labor.



Abbildung 3-20: Ausgeschnittener Teil des Fensterstocks als Probe (Raum 105)

Tabelle 3-2: Aufstellung der gezogenen Proben aus den Bauteilen des Abbruchobjekts

Proben- bezeichnung	Probenmasse [kg]	Raum	Beschreibung
DZ01	5,269	Dach	Tondachziegel
DZ02	5,53	Dach	Tondachziegel
SPA1A	0,050	Dach	Sparren
SPA1b	0,032	Dach	Sparren
HE01	1,488	101	Heraklith Wandverschalung
HE02	1,953	202	Heraklith Wandverschalung
HE03	1,741	203	Heraklith Wandverschalung
DE01	1,739	202	Heraklith Deckenverschalung
SH1	0,421	101	Deckenverschalung, Schilfputzträger
101	14,0	106	Schüttung auf Deckentram
102	18,95	104+105	Schüttung auf Deckentram
103	19,7	104+106	Schüttung auf Deckentram
104	21,8	103	Schüttung dunkel
105	12,65	103	Schüttung dunkel
106	26,4	103	Schüttung auf Gewölbe
201	1,604	202	Schmutz
202	1,927	202	Schmutz
203	6,55	203	Magerbetonestrich
204	6,2	205	Magerbetonestrich
HB1	2,202	203	Holz Brett, Blindboden
H01	0,032	005	Lackierte Oberfläche Deckentram
H02	0,013	005	Lackierte Oberfläche Deckentram
H01+H02	0,039	005	Kern Deckentram
Fensterstock 1	1,568	105	Fensterstock
Fensterstock 2	1,449	005	Fensterstock
KA1	6,0	204	Kaminmauerwerk
001	69,65	001	Außenmauerwerk
MA01	106,15	106	Außenmauerwerk
MA02	22,3	103/104	Zwischenwand, Schlackenziegel
MA03	17,2	101/103	Zwischenwand, Tonziegel
AP1	0,829	106 straßenseitig	Außenputz
IP1	0,833	103	Innenputz + Anstrich
IP2	1,005	103	Innenputz + Anstrich
IP3	0,921	103	Innenputz + Anstrich
IP4	1,215	104	Innenputz + Anstrich
IP5	0,447	105	Innenputz + Anstrich
IP6	1,066	001	Innenputz + Anstrich
IP7	1,737	005	Innenputz + Anstrich
Kachel-MP	3,342	102/1+105	Mischprobe Kacheln
Bohrkern	1,997	001	Beton und Pflaster

3.3.5 Probenaufbereitung und Fraktionierungen an den Bauteilproben

3.3.5.1 Magerbetonestrich (Proben Nr. 08/23 und 08/24)

Ziel der Probenaufbereitung war einerseits die Erzeugung einer analysenfertigen Probe, andererseits die Bestimmung von „Fremdmaterialien“ wie Holz, Kunststoffen oder Metallen im Baustoff.

Die Probe wurde gewogen und anschließend auf 6,3 mm gesiebt. Die Grobfraction wurde mit einem Laborbackenbrecher zerkleinert. Aus beiden Fraktionen wurde soweit vorhanden, Holz aussortiert und gewogen (andere Fremdbestandteile wurden nicht gefunden).

Danach wurden die Fraktionen $>6,3$ mm und $<6,3$ mm im Mischkreuz auf 250 - 500 g geteilt, beide Mengen wurden separat mit einer Scheibenschwingmühle vermahlen. Die beiden Fraktionen wurden zur Erzeugung der Analysenprobe in dem Massenverhältnis rückvermischt, in dem sich die Probe bei der Siebung teilte. Diese Probe wurde zur vollständigen Durchmischung nochmals in der Scheibenschwingmühle gemahlen.

3.3.5.2 Schlackenschüttungen

(Proben Nr. 08/25, 08/26, 08/27, 08/28, 08/29, 08/30)

Ziel der Probenaufbereitung war einerseits die Erzeugung einer analysenfertigen Probe, andererseits die Bestimmung von „Fremdmaterialien“ wie Holz, Kunststoffen oder Metallen in der Schüttung. Zusätzlich wurde die Schüttdichte bestimmt.

Diese Proben wurden abgesehen von folgenden Abweichungen wie die Proben des Magerbetonestrichs behandelt. Als „Fremdmaterialien“ wurden Holz, Metall, Ziegel, Fliesen, Schilf, Kunststoff und Glas und Mineralwolle in den Proben angetroffen und aussortiert. Die Sortierung der Fraktionen $>6,3$ mm erfolgte dabei vor dem Brechen. Weiters wurden die Proben 08/28 und 08/29 nach der Wiedervereinigung der Teilproben und dem letzten Mahlgang nochmals auf 0,1 mm gesiebt, da diese Proben nicht zerkleinerbare Teilchen aus Eisen enthielten. Der Metallrückstand wurde als „Eisenmetall“ klassifiziert und gewogen.

Bei der Probe 08/30 wurde in Anlehnung an die ÖNORM S 2023 die Schüttdichte bestimmt.

3.3.5.3 Holzsparren (Scharten von der Sparrenoberfläche und Bohrspäne vom Kern) (Proben Nr. 08/35 und 08/36)

Von den Sparren des Dachstuhls lagen eine Probe von der äußersten Holzschicht (Scharten) und eine Probe vom Kern des Sparrens vor. Beide Proben sollten analysenfertig aufbereitet werden, bei der „Oberflächenprobe“ zusätzlich die (verschmutzte) Fläche (ehemalige Sparrenoberfläche) planimetriert werden.

Die „Kernprobe“ (Bohrspäne) wurde gewogen und in der Scheibenschwingmühle auf $<0,5$ mm vermahlen. Die Umrisse der Scharten (ehemalige Sparrenoberfläche) wurden auf Papier übertragen und diese Flächen ausgeschnitten und gewogen. Die Fläche wurde mit der flächenspezifischen Masse eines (rechteckigen) Referenzstücks berechnet. Die Scharten wurden mit einer Cutterklinge und einer Raspel vorzerkleinert und in der Scheibenschwingmühle auf $<0,5$ mm gemahlen.

3.3.5.4 Heraklith-Verschälung von Trockenbau-Zwischenwand (Proben Nr. 08/37 und 08/38)

Ziel der Probenaufbereitung war die Fraktionierung in Heraklith, Verputz und Anstrich sowohl zur Bestimmung der Massenanteile (bzw. flächenspezifischen Massen) als auch zur Gewinnung von separaten Analysenproben.

Die Probe 08/37 wurde verwendet, um die flächenbezogene Masse des Gesamtaufbaues Heraklith/Putz/Anstrich zu bestimmen. Dazu wurde die ganze Probeplatte planimetriert und gewogen.

Von der Probe 08/38 wurden auf zwei 3x3 cm großen Quadraten die Anstrich- und Verputz-Schicht separat abgekratzt. Die abgekratzten Mengen wurden gewogen. Durch weiteres separates Abkratzen der Schichten wurde Material zur Vermahlung in der Scheibenschwingmühle gewonnen um Analysenproben herzustellen.

3.3.5.5 Anstrich und Kern vom Deckentram (Proben Nr. 08/43, 08/44 und 08/45)

Von der Probenahme lagen Scharfen vor, die inkl. Anstrich von den Tramoberflächen abgehoben wurden. Der Anstrich neigte zum Abblättern. Dieser Umstand sollte zur Fraktionierung benutzt werden, um eine Analysenprobe des Anstrichs zu gewinnen und die flächenspezifische Masse zu bestimmen.

An den Scharfen wurde die Holz- und Anstrichdicke gemessen. Anschließend wurde der Anstrich vom Holz abgehoben und beide Fraktionen gewogen. Der Anstrich wurde in der Scheibenschwingmühle auf <0,5 mm vermahlen.

Die Probe des Tramkerns (Bohrspäne) wurden in der Scheibenschwingmühle auf <0,5 mm gemahlen.

3.3.5.6 Außenmauern (Proben 08/49 und 08/50)

Ziel der Probenaufbereitung war die Erzeugung einer Analysenprobe des Gesamtmauerwerks (Natursteine, Tonziegel und Mörtel) sowie die Bestimmung der Massenanteile von Natursteinen, Tonziegeln und Mörtel.

In einem ersten Schritt wurden aus den Proben unversehrte Mörtelstücke herausgesucht bzw. von Mauersteinen abgeklopft, um zu eine reine „Mörtelprobe“ zu bilden. Die entnommenen Mörtelmengen wurden gewogen. Die Mauerwerksproben wurden danach bei 20 mm, 6,3 mm, 4 mm, 2 mm und 0,63 mm gesiebt. In diesen Siebfraktionen wurden durch Sortieren die Anteile an Ziegeln, Steinen und Mörtel bestimmt, indem Ziegel und Natursteinstücke bzw. -körnchen separiert wurden. Die Fraktion >20 mm wurde komplett sortiert, von den übrigen Fraktionen wurden Teilmengen gebildet und diese sortiert (6,3 - 20 mm 2:1 geteilt, 4 6,3 mm 8:1 geteilt, übrige Fraktionen außer <6,3 mm 16:1). Die Fraktion <0,63 mm wurde nicht sortiert.

Für die Erzeugung der Analysenprobe wurden alle Siebfraktionen mit Korngrößen über 4 mm zunächst mit einem Backenbrecher vorzerkleinert. Von der Fraktion >20 mm wurden die

großen Brocken mit einer Größe über etwa 50 mm zuerst mit Hammer und Meißel gespalten bzw. zerschlagen. Die gebrochenen Fraktionen wurden auf Mengen von 350 – 500 g verjüngt und diese Teilmengen vollständig mit der Scheibenschwingmühle vermahlen. Die fein vermahlene Fraktionen wurden im Massenverhältnis in den sich das Material in die Siebfraktionen teilte, wieder rückvermischt. Die Mischung wurde zur vollständigen Vermischung nochmals in der Scheibenschwingmühle vermahlen.

3.3.5.7 Schlackenziegel- und Tonziegelmauerwerk der Zwischenwände (Proben 08/51 und 08/52)

Ziel der Probenaufbereitung war die Erzeugung getrennter Analysenproben von Ziegeln und Mörtel sowie die Bestimmung der Massenanteile von Ziegeln und Mörtel. Außerdem sollten die Dichten von Ziegeln und Mörtel bestimmt werden.

Die Probe wurde abgewogen, Länge, Breite und Höhe der Ziegel sowie die Mörteldicken an mehreren Stellen vermessen. Die Mörtelprobe wurde aus freiliegenden Mörtelstücken generiert. Für die Ziegelprobe wurden mehrere Ziegel halbiert und mit Meißel und Hammer einige Brocken über den ganzen Querschnitt verteilt herausgeschlagen. Sämtliche Proben wurden mit der Scheibenschwingmühle fein vermahlen.

Für die Bestimmung der Dichte wurden jeweils wenige cm große Stücke der Materialien zunächst über Nacht in Wasser eingelegt, um den Porenraum vollständig zu sättigen. Von den wassergesättigten Stücken wurde in Messzylindern die, die auf ein bestimmtes Volumen mit Wasser gefüllt wurden, die Volumsverdrängung bestimmt.

3.3.5.8 Außenputz, Innenputz (Proben 08/53, 08/56, 08/57)

Ziel der Probenaufbereitung war die Fraktionierung der Proben in Grobputz, Feinputz und Anstrich. Von diesen Schichten sollten die flächenbezogenen Massen bestimmt und separate Analysenproben gewonnen werden.

Die Probenstücke wurden zunächst an den Rändern bearbeitet, um senkrechte Schnittflächen zu erzeugen. Die zurecht geputzten Stücke wurden gewogen und planimetriert, um die flächenbezogene Masse des Gesamtaufbaus zu bestimmen. Von den Probenstücken wurden mit Cutterklingen Proben von Anstrich und Feinputz abgekratzt, um Material zur Herstellung von Analysenproben zu gewinnen. Für diesen Zweck wurde darauf geachtet, „sortenreines“ Material abzukratzen, während für die Bestimmung der flächenbezogenen Massen versucht wurde, die betreffende Schicht „vollständig“ abzutragen. Aufgrund der Oberflächenrauigkeit und Verzahnung ist diese vollständige Trennung jedoch unmöglich. Um den vollständigen Abtrag anzunähern wurde das Material jeweils so tief plan abgekratzt, bis an der Hälfte der abgekratzten Fläche die darunterliegende Schicht freilag. Die für die chemischen Analysen bestimmten Proben wurden mit der Scheibenschwingmühle vermahlen.

3.3.5.9 Kacheln (Probe 08/61)

Von den Kacheln wurde eine Mischprobe zur chemischen Analyse erzeugt.

Die Probe (bestehend aus je einem Stück der verschiedenen Arten, die im Haus anzutreffen

waren) wurde abgewogen und im Backenbrecher gebrochen. Das gebrochene Material wurde auf ca. 500 g verjüngt und mit der Scheibenschwingmühle gemahlen.

3.3.6 Chemische Analytik

3.3.6.1 Aufschluss

Es wurden Königswasseraufschlüsse in Anlehnung an die ÖNORM M6290 gemacht. Aufgrund des unterschiedlichen Löseverhaltens der verschiedenen Materialien wurden unterschiedliche Einwaagen für die Aufschlüsse gewählt. Die Aufschlusslösungen sollen, um eine problemlose Messung zu gewährleisten, eine Salzkonzentration unter 10 g/l aufweisen. Tabelle 3-3 enthält neben den Einwaagen der verschiedenen Probenarten auch deren Kurzbezeichnungen, wie sie in den Ergebnistabellen auch zu finden sind.

Tabelle 3-3: Probenbezeichnungen und Größenordnung der Einwaagen für den Königswasseraufschluss

Zusatzbezeichnung	Erklärung	Einwaage [g/100 ml]
AN	Anstrich	1,0
EB	Endbeschichtung	1,0
H1	Holz	2,0
H2	Heraklith	2,0
K	Kacheln (Fliesen)	2,0
M	Mörtel	1,0
U	Unterputz	1,0
V	Verputz	1,0
T1; T1A2; B2T1; usw.	Bezeichnung von geteilten Proben	4,0
SZ	Schlackeziegel	2,0
Z	Ziegel	2,0
-	Estrich und Schüttungen	1,0

3.3.6.2 Analyse

Die Messung erfolgte mit einer ICP Ultima2 von Horiba Jobin Yvon in Anlehnung an die Norm DIN 38406 Teil E22.

Zur Qualitätssicherung wurden folgende Maßnahmen getroffen:

In einem ersten Arbeitsgang wurden je Materialart zwei Aufschlüsse ausgewählt und ohne Matrixanpassung (nur säurematrixangepasst) in einer Verdünnung von 1:100 die Matrixelemente gemessen. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden matrixangepasst Standardlösungen erzeugt und die Aufschlüsse gegen diese gemessen. Pro Matrix wurden vier Kalibrationslösungen, rückführbar auf NIST, der Firma Merck, hergestellt.

Zur Abschätzung der Gehalte der Elemente As, Cd, Cr, Cu, Pb, Sb und Zn wurden die folgenden Fraktionen gewählt:

Tabelle 3-4: Für die Analyse mittels ICP ausgewählte Proben

Laufende Nr.	Art
08/29	Schlackenschüttung
08/30	Schlackenschüttung
08/57	Anstrich
08/56	Anstrich
08/51	Schlackenziegel
08/61	Fliesen
08/67	gebrochener Schutt < 6,3mm

Die Abschätzung erfolgte aus den fertigen Königswasseraufschlüssen mittels der Software "WIN IMAGE V2" auf einer Ultima 2 ICP - OES (Fa. Horiba / Jobin Yvon).

Dieses Programm ermöglicht einen Wellenlängenscan von 190 - 800 nm innerhalb von 3 Minuten, wobei die Auflösung noch so genau ist, dass die einzelnen Elemente semiquantitativ erfassbar sind.

Die Entwicklung der Ergebnisse erfolgt über die 5 empfindlichsten Wellenlängen (inklusive Shiftkorrektur) der Elemente. Als Referenzdaten sind die vom Hersteller eingespielten Spektren mit einer standardisierten Elementkonzentration von 10mg/L herangezogen worden. Weiters wurden nur die interferenzarmen Linien, zur Auswertung bearbeitet.

3.4 Beschreibung des Gebäudeabbruchs

Vom Abbruchunternehmen war der Abbruch für das Frühjahr 2008 avisiert worden. Es wurde vereinbart, dass die RMA bzw. TU-Wien rechtzeitig informiert werden, wenn die Aufnahme der Abbrucharbeiten absehbar ist. Ein Warmwettereinbruch machte die Abbrucharbeiten schon Ende Jänner möglich. Über den Kontakt zu Hr. DI Mitterwallner erfuhr die RMA von den Vorarbeiten zum Abbruch am 21.01.2008, worauf sich zwei Mitarbeiter der TU-Wien und ein Mitarbeiter der RMA für die Dokumentation des Abrisses am nächsten Tag bereit machten. Mit dem Abbruch sollte am 22.01.2008 begonnen werden.

Bei der Ankunft in Eisenerz (Dienstag, 22.01.2008, etwa 08:15) waren der Dachstuhl und der erste Stock des Gebäudes sowie die Decke des Erdgeschoßes bereits abgebrochen. Mit dem Abbruchmaterial waren die Räume des Erdgeschosses verfüllt worden, sodass der eingesetzte Bagger auf einem etwa 2,5 m hohen Schuttberg arbeitete (Abbildung 3-21 a).



Abbildung 3-21: Aussortieren von Holz- und Metallteilen aus dem Abbruchmaterial

Mit einem Greifer wurden große Holzstücke und Metalle in den oberen Schichten des Schuttberges aussortiert. Das Holz wurde dabei in zwei Fraktionen getrennt. Balken wurden auf dem bereitgestellten LKW gesammelt. Die zweite Holzfraktion enthält in einer bereitgestellten Mulde vor allem Holzbretter und größere Holzsplitter. (Abbildung 3-21 a, Abbildung 3-22) Metallgegenstände, Blechteile, I-Träger und andere Verstärkungen aus Eisen sowie Elektrokabeln wurden vom Baggerfahrer am Rand des Abbruchs separiert und gesamt auf eine LKW verladen (siehe Abbildung 3-21 b).

Nach Auskunft eines anwesenden Arbeiters wurden die Holzteile des Dachstuhls und der Deckenkonstruktionen auch in zwei Fraktionen getrennt. Die Nachfrage ob die Schüttungen in den Deckenkonstruktionen entfernt und gesondert entsorgt wurden, konnte explizit nicht beantwortet werden. Der Arbeiter meinte, dass „alle umweltschädlichen Teile“ herausgebracht und getrennt entsorgt wurden. Belege dafür wurden nicht überreicht.



Abbildung 3-22: Aussortieren von Holz

Gegen 09:00 Uhr wurde das Holz auf dem LKW weggebracht, die Metallfraktion auf den LKW verladen und am Zwischenlagerplatz abgekippt. Der Zwischenlagerplatz befand sich

etwa 50 m weiter südlich (Richtung Blumau) auf dem Grundstück des schon größtenteils abgerissenen Objekts Krumpentalerstraße 80 (Abbildung 3-23).



Abbildung 3-23: Planierter Zwischenlagerplatz vor dem abkippen des Abbruchmaterials

Beim Bagger wurde der Greifer gegen eine Schaufel getauscht. In weiterer Folge wurde der Schuttberg schrittweise abgetragen und auf den LKW verladen, der die Ladung am Zwischenlagerplatz abkippte. Beim Abgraben auftauchende Metallteile und Kabeln wurden weiterhin vom Baggerfahrer separiert. Ebenso einige größere Holzbalken die am Gehsteig abgelegt wurden. Es wurden rund 25 Fuhren mit ca. 8 m^3 pro Fuhre Bauschutt für das Brechen zwischengelagert, was, lt. Schätzung eines Arbeiters, einer Masse von etwa 250 t entspricht (10 t pro Fuhre). Bei der Abfahrt um ca. 15:00 Uhr waren bis auf einige Reste des Erdgeschoßes alle Teile des Hauses abtransportiert. Die Fundamente wurden nicht ausgegraben. Der Abbruch endete mit der Bodenoberkante (Abbildung 3-24, Abbildung 3-25).



Abbildung 3-24: Separierte Metallfraktion (a) und abgekipptes Abbruchmaterial (b) am Zwischenlagerplatz



Abbildung 3-25: Schrittweises Abgraben des Schuttberges a) am Beginn; b) am Ende

Die weitere Verarbeitung des Abbruchmaterials wurde bei anhaltendem warmem Wetter für die folgenden Wochen oder bei Frühlingsausbruch avisiert. Dabei soll das Material mit einem Brecher, der mit einem Magnetabscheider ausgestattet ist, auf wählbare Korngröße zerkleinert werden. Außer der Abscheidung von Metall ist keine weitere Auftrennung des Abbruchmaterials vorgesehen.

Aufgrund des schon weit fortgeschrittenen Abbruchs bei Eintreffen beim Objekt konnten im Rahmen des Lokalaugenscheins folgende Informationen nicht erhoben werden:

- detailliertere Informationen über Konstruktion und Aufbau der Geschoßdecken
- weiterführende Informationen über die Zusammensetzung und den Aufbau von einzelnen Bauteilen
- Menge und Dimension von eingebauten Trägern und anderen Verstärkungen aus Eisen
- wie weit die Schüttungen auf den Geschoßdecken entfernt und separat entsorgt wurden
- wie weit die Dachziegel separat entsorgt wurden
- wie weit das Heraklith aus dem Dachausbau von der Holzunterkonstruktion getrennt werden konnte
- wie weit die Holzkonstruktionen der Geschoßdecken separiert werden konnten
- wie weit das verbleibende Holz aus Konstruktionen stammt, die nicht entfernt werden können (z.B. Tür- und Fensterstöcke) und der Holzanteil somit nicht vermeidbar ist.
- wie weit eine Auftrennung der mineralischen Baumaterialien beim Abbruch machbar ist (z.B. getrennte Entsorgung von Kaminen)

3.5 Beschreibung der Baurestmassenaufbereitung und der Probenahme für die Analyse der Outputfraktionen

Nach dem Abbruch des Hauses (22.01.2008) durch die Fa. Radlingmayer wurde das Abbruchmaterial zunächst auf einem benachbarten Grundstück Krumpentalerstraße 80 zwischengelagert. Zwei Monate später (18./19.03.2008) erfolgte dort die Aufbereitung mit einer mobilen Aufbereitungsanlage vom Typ RCI 100-100T der Maschinenfabrik Liezen. Diese Maschine zerkleinert das Material (Prallbrecher) und separiert ferromagnetische Bestandteile (Überbandmagnetabscheidung). Die mobile Anlage hat eine Kapazität von etwa 150 t/h.

Der Schutt des Hauses Krumpental 74 wurde während der zweimonatigen Lagerzeit umgesetzt (parallel zur Straße in Richtung Ort versetzt), wobei der Haufen an Metallteilen, die beim Abbruch separiert wurden (siehe Abbildung 3-24 a), fast zur Ganze verschüttet wurde (siehe Abbildung 3-26 b). Auf die freigeräumte Fläche wurde weiterer Schutt vom Abbruch Hieflauerstraße 37¹ (etwa noch einmal die Menge des Schutts vom Haus Krumpental 74) abgelagert. Während der Aufbereitungs- und Planierungsarbeiten wurden die Metalle von Haus Krumpental 74 vollständig verschüttet und gingen für die Analysen verloren.



Abbildung 3-26: a) Mobile Aufbereitungsanlage; der Bagger steht noch auf dem Schutt von Haus Krumpental 74, der Schutt rechts davon stammt von einem anderen Abbruch; b) Die verschütteten Metallteile von Haus Krumpental 74

Die Probenahme erfolgte am 18.03.2008 im Zuge der Aufbereitung zwischen 11:20 und 16:45 Uhr. Der Baggerfahrer, der den Brecherauswurf abtransportierte bzw. vor Ort anplanierte, wurde angewiesen, alle 15 bis 30 Minuten mit der Baggerschaufel direkt vom Abwurf des Brechers eine Probe vom zerkleinerten Schutt zu nehmen. Jede Probe wurde in eine eigene Plane eingeschlagen und auf das gegenüberliegende Grundstück zur Voraufbereitung gebracht. Die 15 so entnommenen primären Proben wogen 43 - 190 kg (im Mittel 108 kg). Direkt beim Auswurf des Brechers wurden außerdem über die gesamte Dauer des Brechvorganges mit einem Rechen händisch Kabel separiert (Abbildung 3-27 a, teilweise war der Brecherdurchsatz sehr hoch), um später deren Kupfergehalt bestimmen zu können. Eisenteile wurden nicht abgeschieden bzw. die abgeschiedenen Teile wurden dem zerkleinerten Bauschutt wieder zugesetzt.

¹ Das Objekt Hieflauerstraße 37 ist ein Wohnhaus aus dem Jahr 1880 mit vergleichbarer Bauweise wie das untersuchte Objekt Krumpentalerstraße 74



Abbildung 3-27: a) Separation von Kabeln beim Auswurf der Aufbereitungsanlage; b) Die aus Bauschutt geschüttete Böschung

3.6 Vorgehen bei der Analyse der gezogenen Proben

3.6.1 Probenaufbereitung

3.6.1.1 Aufbereitung vor Ort

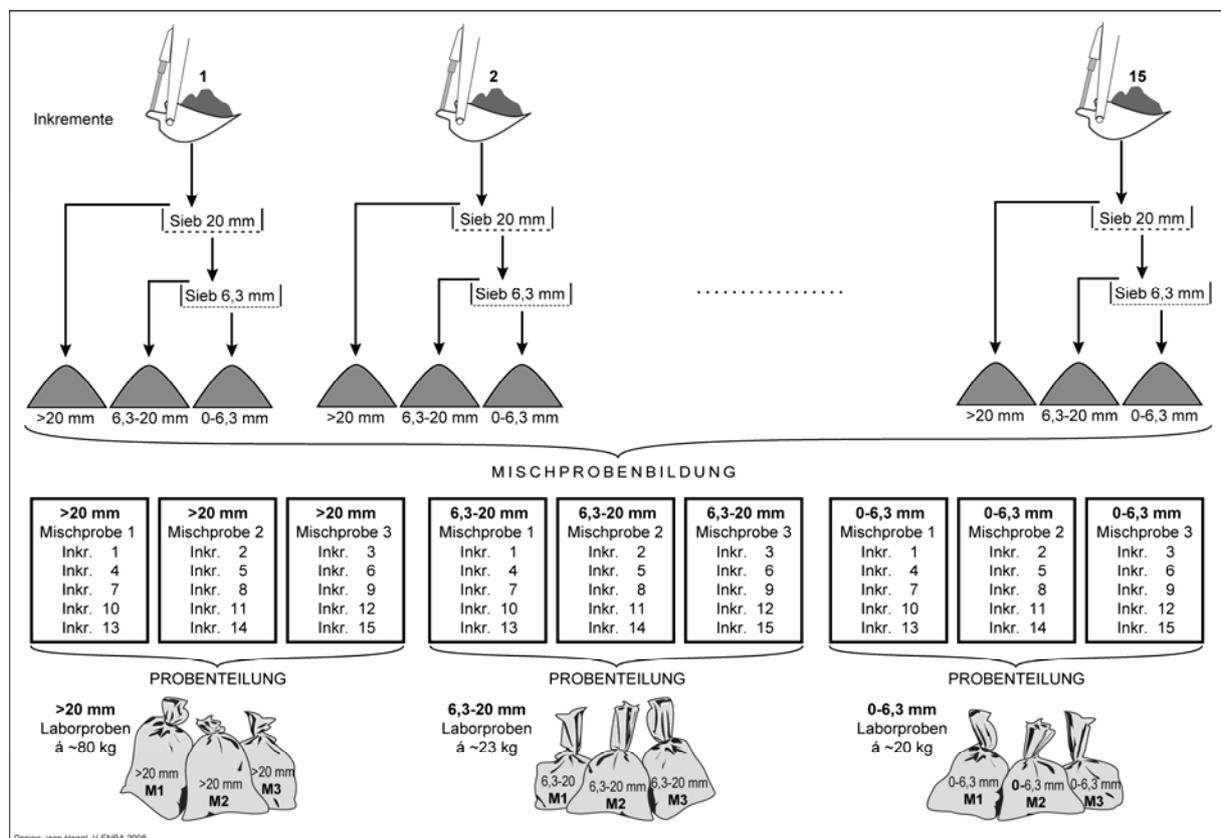


Abbildung 3-28: Schema zur Herstellung handhabbarer Laborproben (Mischproben) aus den gezogenen Inkrementen

Die mit dem Bagger genommenen primären Proben (Inkremente) wurden abgewogen und mit 2 Sieben mit Maschenweiten von 20 mm und 6,3 mm klassiert. Pro Korngrößenklasse wurden drei Mischproben aus je fünf Einzelproben hergestellt (siehe Schema Abbildung 3-28).

Nach intensivem Durchmischen jeder dieser insgesamt 9 Mischproben (3 Korngrößenfraktionen x 3 Proben) wurden die Probenmassen wie folgt reduziert:

Die größte Fraktion (> 20 mm) wurde durch fraktionierendes Schaufeln geteilt, d.h. es wurden Teilmengen mit ca. 1/3 der ursprünglichen Masse hergestellt, indem beim Umschaufeln des Materials jeweils jede 3. Schaufel der verjüngten Probe zugeordnet und der Rest verworfen wurde. Die Mischproben der Fraktionen < 6,3 mm und 6,3 – 20 mm wurden vor der Probenteilung zunächst mit einer Schaufel intensiv gemischt und anschließend in dünnen Schichten auf einer Plane aufgestreut (Das Aufstreuen in dünnen Schichten gewährleistet eine annähernd zufällige Verteilung von Gemeineteilen, die zur Segregation neigen z.B. Holzstückchen.) Mit Hilfe einer Kelle wurden an vielen zufällig ausgewählten Stellen kleine Teilmengen entnommen (jeweils scharf abgegrenzt und über den vollen Querschnitt; siehe Abbildung 3-29 a). Die entnommenen Teilmengen wurden vermischt und bilden jeweils eine Laborprobe. Der bei der Probenteilung verbleibende Rest wurde verworfen. Die Massen der Laborproben betragen ca. 80 kg bei den Proben der Fraktion > 20 mm und 23 kg bzw. 20 kg bei den Proben der Fraktionen 6,3 - 20 mm und 0 – 20 mm.

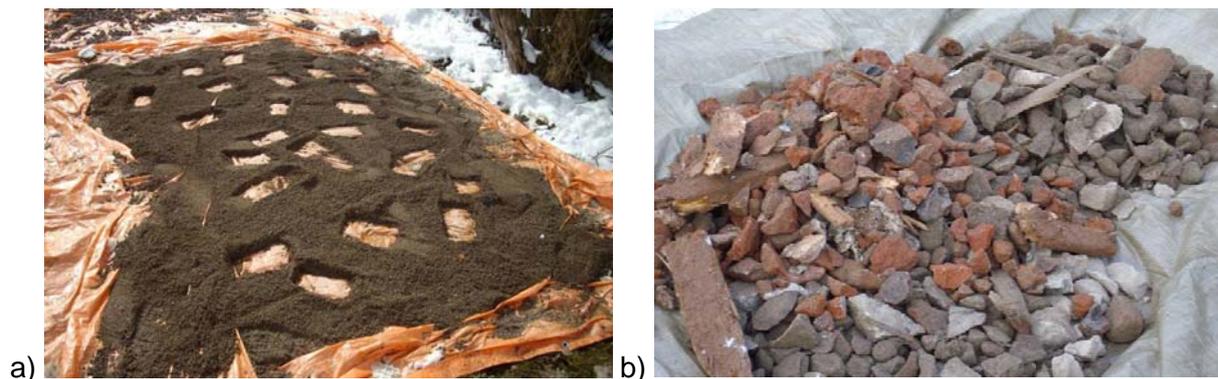


Abbildung 3-29: a) Restmenge nach der Probenteilung einer Mischprobe der Fraktion 0 - 6,3 mm; die entnommenen Mengen bilden die Laborprobe, der Rest wird verworfen; b) Siebfraktion > 20 mm aus 2 Inkrementen stammend

Wie die Abbildung 3-29 b sowie Abbildung 3-30 am Beispiel des gebrannten Tons zeigen, ist die Variabilität des Brecheroutputs über die Zeit sehr hoch. Das, obwohl der Schutt umgelagert wurde, was eine gewisse Durchmischung erwarten lässt. Manche Inkremente sind frei von gebranntem Ton, in anderen bilden Tonziegelstückchen den Hauptbestandteil. Die grauen Massen sind vorwiegend Schlackenziegel und Schlackenschüttung.

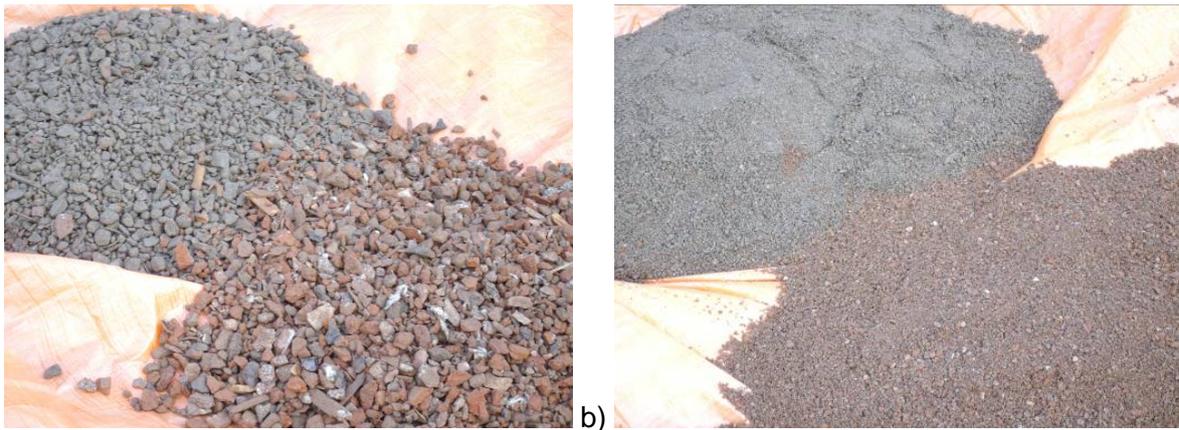


Abbildung 3-30: Jeweils zwei gesiebte Mengen aus zwei unterschiedlichen Inkrementen (a: Fraktion 6,3 - 20 mm, b: Fraktion 0 - 6,3 mm). Auffällig ist die unterschiedliche Farbe durch den stark differierenden Anteil an gebranntem Ton

3.6.1.2 Laboraufbereitung der Bauschuttproben und Kabel

3.6.1.2.1 Kupferkabel (Proben Nr. 08/89)

Ziel der Untersuchungen an den Kabeln war die Ermittlung der insgesamt darin enthaltenen Kupferfracht sowie die Aufnahme einer Stückmassenverteilung, Stücklängenverteilung und der Massenverhältnisse Kupfer zu Isolationsmaterial. Diese Daten werden benötigt, um die Heterogenität des Schutts in Bezug auf die Verteilung des metallischen Kupfers zu berechnen.

Die Kabel wurden zum Entfernen der Anhaftungen (Regen und Schneefall bei der Probenahme führten zu starker Verschmutzung durch den feuchten Schutt) gewaschen und anschließend nach Durchmesser und Anzahl der Adern sortiert. Anschließend wurden von jedem Stück die Masse, die Länge und der Durchmesser des Kabels bzw. der (einzelnen) Leiter bestimmt. Danach wurde pro Kabelsorte ein ca. 20 cm langes Kabelstück abisoliert und die Massen von Kupfer und Isolationsmaterial bestimmt. Mit diesen längenbezogenen Massen wurden die Massen von Kupfer und Isolationsmaterial eines Kabels jeweils hochgerechnet. Bei Kabeln in Verbund mit anderen metallhaltigen Teilen z. B. Lusterklemmen wurde der Anteil an kupferhaltigen Metallteilen bestimmt. Die Verbunde wurden zerlegt und die Einzelteile gewogen. Bei den Teilen aus Messing wurde mit einem Kupfergehalte von 59 % die Kupferfracht berechnet.

3.6.1.2.2 Aufbereitung der Schuttfraktionen

Die Probenaufbereitung hatte zum Ziel, Proben für die chemische Analyse bereitzustellen und Sortieranalysen zur Bestimmung der Massenanteile von Tonziegeln, Holz und Heraklith vorzunehmen.

Fraktion 0 - 6,3 mm (Probe Nr. 08/67, 08/68 ,08/69)

Die Proben wurden abgewogen und bei 110°C getrocknet. Als erster Schritt wurden in einem Teil der Proben (je etwa 100 g; Teilung mit Riffelteiler) die Stückchen von Ziegeln, Heraklith

und Holz aussortiert. Um die Sortierung zu vereinfachen, wurde das Material in Wasser aufgeschwemmt, um die schwimmenden Holz- und Heraklithteilchen abzutrennen. Anschließend wurde mit verdünnter Salzsäure der (hauptsächlich carbonatische) Staub, der die Tonziegelstückchen grau färbt, gelöst, um den gebrannten Ton besser erkennen zu können. Die aussortierten Mengen wurden getrocknet und gewogen. Etwa je 350 g der ursprünglichen, unfraktionierten Laborproben wurden mittels Scheibenschwingmühle gemahlen und auf 0,5 mm abgeseibt. Aus der Siebfraktion > 0,5 mm wurden die Metallteile entfernt, der Rest (vorwiegend Holzstückchen) solange weiter vermahlen, bis auch dieses Material in einer Körnung < 0,5 mm vorlag. Die Probe wurde nach der vollständigen Vermahlung intensiv durchmischt.

Fraktion 6,3 – 20 mm (Probe Nr. 08/90, 08/91, 08/92)

Die Proben wurden abgewogen und bei 110°C getrocknet. Danach wurde die Probe auf eine Masse von ca. 5 kg geteilt, anschließend Stücke von Tonziegel, Heraklith und Holz aussortiert. Gebrannter Ton und Heraklith wurden nach dem Abwägen dem Sortierrest wieder zugesetzt und das ganze Material mittels Backenbrecher vorzerkleinert. Das Holz wurde getrennt mit der Schneidmühle vorzerkleinert. Die gebrochenen Proben wurden auf etwa 300 g geteilt und analog zur Vorgangsweise bei der Fraktion 0 - 6,3 mm auf < 0,5 mm vermahlen. Das vorzerkleinerte Holz wurde beim Vermahlen mit der Scheibenschwingmühle dem mineralischen Material wieder beigemischt.

Fraktion > 20 mm (Probe Nr. 08/93, 08/94, 08/95)

Die Probe wurde abgewogen, bei 110°C getrocknet und anschließend aus der Gesamtmasse die großen Stücke von Holz und Heraklith (etwa > 4 cm) aussortiert. Danach wurde das Material in mehreren Schritten auf eine Masse von ca. 20 kg geteilt. Aus den reduzierten Mengen wurden die Stücke von Tonziegeln sowie die restlichen kleinen Holz- und Heraklithstücke aussortiert und gewogen. Ziegel und Heraklith wurden danach der Probe wieder beigemischt. Die weitere Aufbereitung erfolgte mit Brecher, Schneidmühle und Scheibenschwingmühle analog zur Vorgangsweise bei der Fraktion 6,3 – 20 mm.

3.6.2 Chemische Analysen

Die chemischen Analysen der aufbereiteten Proben vom Bauschutt erfolgten analog zu den Analysen an den Bauteilproben (siehe Kap. 3.3.6).

4 Ergebnisse

4.1 Zusammensetzung Baumaterialien

4.1.1 Bestandteile der „heterogenen“ Bauteile

Als „heterogen“ werden jene Bauteile bezeichnet, die aus mehreren Baustoffen zusammengefügt sind z.B. Ziegelmauern. Der Aufbau kann regelmäßig (Ziegelmauerwerk) oder unregelmäßig (Natursteinmauerwerk) sein.

4.1.1.1 Außenmauern

Die Außenmauern waren hauptsächlich mit Natursteinen gemauert, wobei an den Ecken zum Teil Blöcke verwendet wurden. Die Natursteine sind Kalke und Dolomite in verschiedenen Färbungen (rötlich, grünlich weiß) mit Korngrößen von wenigen cm bis etwa 50 cm. Die Zwischenräume zwischen den großen Steinen waren mit kleineren Steinen und Kalkmörtel ausgemauert, gelegentlich finden sich auch Ziegelstückchen. An den Leibungen der Fenster wurden einzelne Schlackenziegel (vermutlich im Zuge eines Fenstertausches) vermauert. Außerdem wurden in die Mauerbank (direkt unter dem Dach) Tonziegel eingebaut.

Die Zusammensetzung der beiden aus den Außenmauern entnommenen Proben sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt. Dabei sind folgende Unsicherheiten zu berücksichtigen: Beim Herausstemmen der Proben aus dem Mauerwerk wurden Natursteine und Ziegel zum Teil zerbrochen und Feinmaterial (staubförmig) erzeugt, das in der Analyse dem Mörtel zugeordnet wird. Dieser Fehler wird allerdings als vernachlässigbar angesehen. Eine größere Unsicherheit ergibt sich aus der schlechten Unterscheidbarkeit von sandigem Material, das entweder aus dem Mörtel oder von zerbrochenen Mauersteinen stammt. Konkret konnten im Bereich < 4 mm die weißen Kalksteinkörnchen nicht mehr eindeutig zugeordnet werden. Die Bruchkanten der aus dem Mörtel stammenden Körnchen waren etwas gerundet im Vergleich zu den frischen Bruchkanten der bei der Probenahme entstandenen Körnchen. Auf Grund dieses Merkmals konnte jedoch keine scharfe Abgrenzung gezogen werden.

Tabelle 4-1: Zusammensetzung der Proben von den Außenmauern in Massenprozenten.

	08/49 %	08/50 %	Mittelwert %	St.-Abw. %
Natursteine	86,1	92,9	89,5	4,8
Ziegel	5,1	0,24	2,6	3,4
Mörtel	8,8	6,8	7,8	1,4

Mit den Messwerten aus Tabelle 4-2 errechnet sich der Wert für die Dichte der Außenmauer wie folgt:

Tabelle 4-2: Durchschnittliche Dichte der Außenmauern

	Zusammensetzung [% m]	Dichte [kg/m ³]
Natursteine	90	2.300
Ziegel	2	1.600
Mörtel	8	1.800
Außenmauer gesamt	100	2.246

4.1.1.2 Zwischenwände aus gebranntem Ton- und Schlackenziegeln

Die Ziegelmauern sind regelmäßig aufgebaute „heterogene“ Bauteile. Aus den Dimensionen der Ziegel und den Mörteldicken wurden zunächst die volumetrischen Anteile von Ziegeln und Mörtel berechnet, mit Hilfe der Dichten schließlich die Massenanteile. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-3 zusammengestellt.

Tabelle 4-3: Volumetrische Anteile und Massenanteile von Ziegeln und Mörtel im Ziegelmauerwerk der Zwischenwände

	Tonziegelmauerwerk		Schlackenziegelmauerwerk	
	% vol	% m	% vol	% m
Ziegel	86	81	85	83
Mörtel	14	19	15	17

4.1.1.3 Verputze und Anstriche

Verputze und die darauf aufgetragenen Anstriche wurden aufgetrennt, um die Schwermetallinhalte der Anstriche getrennt erfassen zu können. Bei der Probe vom Plafond des Stiegenhauses im 1. Stock (Probe 08/41) wurde zusätzlich der Massenanteil des Putzträgers (Schilfmatte) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-4 zusammengestellt. Die Putzstärken waren generell sehr unterschiedlich. Die Ziegelzwischenwände waren etwa 1 bis 2 cm stark verputzt, die Natursteinaußenmauern stellenweise bis zu 5 cm. Die Schichtdicke der Anstriche war bis zu 5 mm. Zum Teil waren die Wände acht mal überstrichen.

Tabelle 4-4: Zusammensetzung von Verputzen und Anstrichen

		flächenbezogene Masse			Massenanteile			erkennbare Schichten Anstrich (z.T. mehrfach)
		Verputz kg/m ²	Anstrich kg/m ²	Schilf kg/m ²	Verputz %	Anstrich %	Schilf %	
Innenputz	08/56	23,1	2,4	---	90,2	9,4	---	grün, orange, blau
Innenputz	08/57	76,9	5,4	---	93,4	6,6	---	grün, rot, gelb, braun, grau
Deckenputz	08/41	15,6	4,5	0,17	77,1	22,0	0,85	weiß
		Grobputz + Feinputz +	Edelputz					
		Anstrich			Grobputz	Edelputz		
		kg/m ²	kg/m ³		%	%		
Außenputz	08/53	44,3	6,7		84,1	12,7		Anstriche: blau, grün, violett Edelputz: hellbraun

Beim Außenputz lagen unter dem hellbraunen Edelputz drei Farbschichten, die auf dem ursprünglichen Feinputz aufgetragen waren. Der Edelputz konnte von der darunter liegenden

Farbschicht getrennt werden, eine saubere Trennung der Farbschichten vom Feinputz bzw. eine Trennung von Grob- und Feinputz gelang nicht.

4.1.1.4 Verputzte Heraklithverschalung

Bei den Herklith-Verschaltungen im 2. Obergeschoß wurden die Anstriche und der Verputz vom Heraklith separiert. Die flächenbezogenen Massen und Massenanteile des gesamten Aufbaues sind wie folgt:

Tabelle 4-5: Massenanteile von Anstrich, Verputz und Heraklithplatten der Verschaltung

	flächenspezifische Masse		Massenanteil
	Mittelw.	St.-Abw.	Mittelw.
	kg/m ²	kg/m ²	%
Anstrich	0,12	0,05	0,51
Verputz	3,4	1,9	14,0
Heraklith	20,9	---	85,5

4.1.1.5 Deckentram mit Anstrich

Die Unterseite der Tramdecke im Raum 005 war mit zwei übereinanderliegenden Anstrichen versehen (weiß und rosa). Die Fraktionierung an den Proben ergab eine flächenbezogene Anstrichmenge von 0,97 kg/m².

4.1.2 Kupfergehalt der einzelnen Baumaterialien

Die Kupfergehalte der untersuchten Proben sind in der Tabelle 4-6 zusammengestellt:

Der Wert bei Probe 08/49 von den Mauersteinen der Außenwand wird als Ausreißer eingestuft und nicht in die Auswertung einbezogen. Zwar bestätigte sich der hohe Kupfergehalt der gezogenen primären Probe (Laboraufbereitung, Aufschluss und Analyse wurden wiederholt), ein derartig hoher Gehalt in der Außenmauer ist aber durch die niedrigen Gehalte im Schutt nicht plausibel. Da eine Kontamination der primären Probe unwahrscheinlich ist und keine metallischen Kupferträgerpartikel gefunden wurden, ist das Auftreten der hohen Konzentration bemerkenswert und relevant für die Probenahmeplanung.

Tabelle 4-6: Kupfergehalte verschiedener Materialien

Proben-nummer	Bauteil	Material	Probenbeschreibung	Kupfergehalt	
				Mittelwert mg/kg TS	St.abw. mg/kg TS
08/49	Mauerwerk (Außenmauer)	Mauersteine und -ziegel	Kalksteine und Ziegel	43	18
08/49M	Mauerwerk (Außenmauer)	Kalkmörtel		15,2	0,3
08/50	Mauerwerk (Außenmauer)	Mauersteine und -ziegel	Kalksteine und Ziegel	<5	---
08/50M	Mauerwerk (Außenmauer)	Kalkmörtel		<10	---
08/51SZ	Mauerwerk (Zwischenwand)	Schlackenziegel	Mauerziegel voll	<5	---
08/51M	Mauerwerk (Zwischenwand)	Mörtel		9,8	0,4
08/52Z	Mauerwerk (Zwischenwand)	Tonziegel	Mauerziegel voll	18,6	0,5
08/52M	Mauerwerk (Zwischenwand)	Mörtel		12,3	0,4
08/53EB	Außenmauer, Verputz außen	Edelputz und Anstrichfarbe	Endbeschichtung (Edelputz und Anstrich)	<10	---
08/53U	Außenmauer, Verputz außen	Grob- und Feinputz	Grob- und Feinputz (ohne Anstrich)	11,6	0,7
08/56AN	Zwischenwand, Verputz innen	Anstrichmittel	Anstrich auf Verputz	12,0	0,2
08/56V	Zwischenwand, Verputz innen	Innenverputz	Verputz ohne Anstrich	<10	---
08/57AN	Außenmauer, Verputz innen	Anstrichmittel	Anstrich auf Verputz	<10	---
08/57V	Außenmauer, Verputz innen	Innenverputz	Verputz ohne Anstrich	16,8	3,9
08/23	Estrich	Estrichbeton		17,9	1,5
08/24	Estrich	Estrichbeton		16,9	4,9
08/28	Schüttung auf Gewölbe	Schlacke	Schlacke dunkel	270	6
08/29	Schüttung auf Gewölbe	Schlacke	Schlacke dunkel	325	3
08/30	Schüttung auf Gewölbe	Schlacke	Schlacke hell	15,3	1,2
08/25	Schüttung auf Deckentram	Schlacke	Schlacke hell	15,7	1,1
08/26	Schüttung auf Deckentram	Schlacke	Schlacke hell	14,3	0,5
08/27	Schüttung auf Deckentram	Schlacke	Schlacke hell	12,3	0,4
08/38AN	Heraklith Wandverschalung	Anstrich	Anstrich auf verputztem Heraklith	9,5	0,1
08/38V	Heraklith Wandverschalung	Verputz	Verputz auf Heraklith (ohne Anstrich)	<10	---
08/38H2	Heraklith Wandverschalung	Heraklith	Heraklith (ohne Putz und Anstrich)	11,5	0,4
08/61K	div. Wände	Fliesen	Mischprobe aus allen vorgefundenen Typen	16,00	0,03
08/43AN	Deckentram	Anstrichmittel	Anstrich	<10	---
08/44AN	Deckentram	Anstrichmittel	Anstrich	<10	---
08/45H1	Deckentram	Fichtenholz	Holzern ohne Oberflächenverschmutzung	<5	---
08/35H1	Sparren	Fichtenholz	Oberflächenprobe (ca. 3 mm dick)	6,0	0,4
08/36H1	Sparren	Fichtenholz	Holzern ohne Oberflächenverschmutzung	<5	---

Für die „heterogenen“ Bauteile, die fraktioniert analysiert wurden, ergeben sich folgende hochgerechnete Werte:

Tabelle 4-7: Hochgerechnete durchschnittliche Kupfergehalte von Bauteilen, die fraktioniert untersucht wurden

Bauteil	Cu-Gehalt mg/kg TS
Außenputz alle Schichten und Anstriche	<11,4
Innenputz alle Schichten und Anstriche	<10,3
Innenputz auf Heraklith mit Anstrich	<11,3
Außenmauer ohne Putz und Anstrich	<5,5
Zwischenwand Tonziegel ohne Putz und Anstrich	17,7
Zwischenwand Schlackenziegel ohne Putz und Anstrich	<10,2
Außenmauer inkl. Außen- und Innenputz und Anstriche	<6,1
Zwischenwand Tonziegel inkl. Innenputz	~ 17
Zwischenwand Schlackenziegel inkl. Innenputz	<10,2
Heraklithverschalung inkl. Verputz und Anstrich	~11,5

4.1.3 Identifizierung schadstoffhaltiger Baumaterialien

Bei der Gebäudeaufnahme wurden speziell von jenen Bauteilen Proben genommen, die schwermetallhaltige Inhaltsstoffe z. B. anorganische Pigmente enthalten können. Bei der Probenaufbereitung wurden diese Materialien so gut wie möglich separiert (z.B. Ablösen der Anstriche vom Verputz) und getrennt analysiert. Weiters wurden je eine Probe der optisch

unterscheidbaren Aschen-/Schlackenschüttung und eine Mischprobe der Schuttfraction 0-6,3 mm in die weiterführende Analyse aufgenommen. Im Zuge des Projekts konnten allerdings nur einige wenige Materialien mit der erweiterten Parameterliste untersucht werden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 4-8: Halbquantitative Messergebnisse im erweiterten Parameterumfang für ausgewählte Proben

Materialart (Proben-Nr.)	As [mg/kg TS]	Pb [mg/kg TS]	Zn [mg/kg TS]	Cr [mg/kg TS]
Schlacke dunkel (08/29)	100-150	200-250	300-350	320-370
Schlacke hell (08/30)	-	-	100-150	50-100
Anstrichfarbe (08/57 AN)	-	-	1.500-2.000	-
Anstrichfarbe (08/56 AN)	-	-	7.500-8.000	-
Schlackenziegel (08/51)	-	-	70-120	-
Fliesen diverse (08/61)	-	700-900	300-350	50-100
Schuttfraction 0-6,3 mm (08/67)	-	-	100-150	10-50

Cd und Sb waren in keiner Probe über 50 mg/kg TS nachweisbar.

4.2 Zusammensetzung der Fraktionen der Baurestmassenaufbereitung

Vom Output der Aufbereitungsanlage wurde nur das mineralische Material beprobt und untersucht. Der Output des Magnetabscheiders konnte nicht mehr gewogen oder beprobt werden, da der Schrott im hinteren Teil des Grundstückes unter das gebrochenen Material eingebaut wurde.

4.2.1 Zusammensetzung des aufbereiteten Schutts nach Gütern

Im Schutt wurden die Massenanteile von Tonziegeln, Fliesen und Heraklith bestimmt, um die Werte mit jenen aus der Gebäudeaufnahme vergleichen zu können. Die Fraktionierung lieferte folgende Massenanteile:

Tabelle 4-9: Massenanteile ausgewählter Bestandteile des gebrochenen Schutts in Kornklassen gegliedert

Fraktion	Probe Nr.	Holz	Metall	Ziegel	Fliesen	Heraklith	Kunststoff	Glas
		%	%	%	%	%	%	%
0 - 6,3 mm M1	08/67	0,076	0,00	9,8	0,00	0,01	0,00	0,00
0 - 6,3 mm M2	08/68	0,051	0,00	5,0	0,00	0,06	0,06	0,00
0 - 6,3 mm M3	08/69	0,026	0,00	5,0	0,00	0,12	0,00	0,00
0 - 6,3 mm	Mittelw.	0,051	0,00	6,6	0,00	0,06	0,02	0,00
	St.abw.	0,025	0,00	2,8	0,00	0,06	0,03	0,00
6,3 -20 mm M1	08/90	0,18	0,05	12,5	0,00	0,06	0,12	0,00
6,3 -20 mm M2	08/91	0,32	0,23	17,3	0,00	0,06	0,06	0,00
6,3 -20 mm M3	08/92	0,29	0,01	14,3	0,00	0,10	0,01	0,00
6,3 -20 mm	Mittelw.	0,26	0,10	14,7	0,00	0,07	0,06	0,00
	St.abw.	0,08	0,12	2,4	0,00	0,02	0,05	0,00
>20 mm M1	08/93	1,2	0,19	20,2	0,77	0,00	0,08	0,20
>20 mm M2	08/94	1,5	0,03	17,2	0,00	0,01	0,03	0,02
>20 mm M3	08/95	0,9	0,01	14,7	0,00	0,02	1,69	0,00
>20 mm	Mittelw.	1,2	0,08	17,4	0,26	0,01	0,60	0,07
	St.abw.	0,3	0,10	2,7	0,44	0,01	0,94	0,11
Schutt gesamt	Mischpr. 1	0,58	0,09	14,9	0,33	0,02	0,06	0,08
Schutt gesamt	Mischpr. 2	0,76	0,07	13,5	0,00	0,04	0,05	0,01
Schutt gesamt	Mischpr. 3	0,50	0,01	11,7	0,00	0,07	0,76	0,00
Schutt gesamt	Mittelw.	0,61	0,06	13,4	0,11	0,04	0,29	0,03
	St.abw.	0,13	0,04	1,6	0,19	0,03	0,40	0,05

Rest auf 100 %: nicht zuordenbare mineralische Bestandteile

Beim Brecherauswurf wurden mit dem Rechen 297 kupferhältige Teile (vor allem Kabel) aus dem Schutt separiert. Die Gesamtmasse dieser kupferhältigen Güter betrug 17,3 kg das sind 0,0016 % Massenanteil am feuchten Schutt. Die Verteilung der Kabellängen ist in Abbildung 4-1 a dargestellt. Insgesamt ist die Fracht metallischen Kupfers das aus kupferhältigen Gütern stammt 6,9 kg, das sind 0,00065 % Massenanteil oder 6,5 mg/kg. Der Beitrag dieser Teile zum Gesamtgehalt an Kupfer ist also in absoluten Zahlen sehr klein, nur relativ zum (geringen Kupfergehalt des mineralischen Anteils vom Schutt von ca. 8 mg/kg TS) bedeutend. Wie aus Abbildung 4-1 b ersichtlich ist, ist die Heterogenität bezüglich metallischen Kupfers groß. Die fünf größten Teile verursachen etwa 20 % der Fracht, 50 % der Fracht werden von etwa 10 % der größten Stücke verursacht.

Dies bedeutet, dass durch die Entfernung von 10 % der größten Kabel - was maschinell wahrscheinlich einfach umzusetzen ist, da nur kurze Stücke schwierig zu erfassen sind - die Heterogenität auf ca. 1/10 des Ausgangswertes sinkt (siehe Abbildung 4-2). Außerdem werden mit 10 % der größten Kabelstücke 50 % der Fracht an metallischem Kupfer erfasst. Die Berechnung der Heterogenität aus den Kabeln ergab einen Wert von 15.000 kg (zum Vergleich: Golderze besitzen Heterogenitäten von einigen kg bis einige zig kg (d.s. 20-40 kg)). Das bedeutet, dass bei einer Probenmasse von 100 Tonnen im Schnitt mit einer Streuung von 40 % zu rechnen ist (siehe Formel 4-1 in Kap. 4.5.1.1.2).

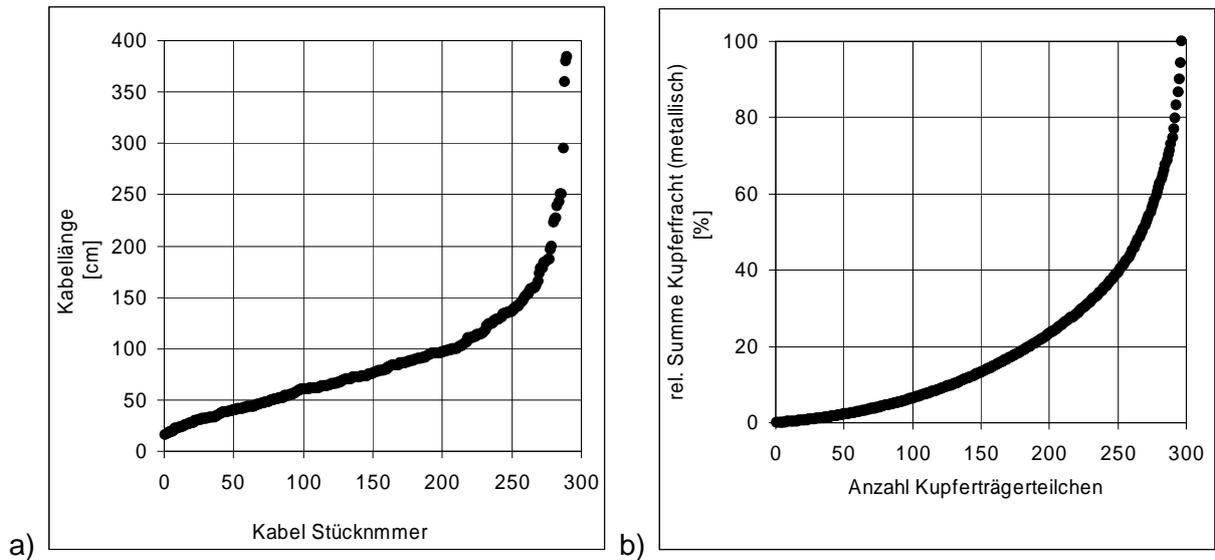


Abbildung 4-1: a) Verteilung der Längen von den aus dem Schutt separierten Kabeln;
 b) Verteilung der Kupferfracht auf die einzelnen Teile

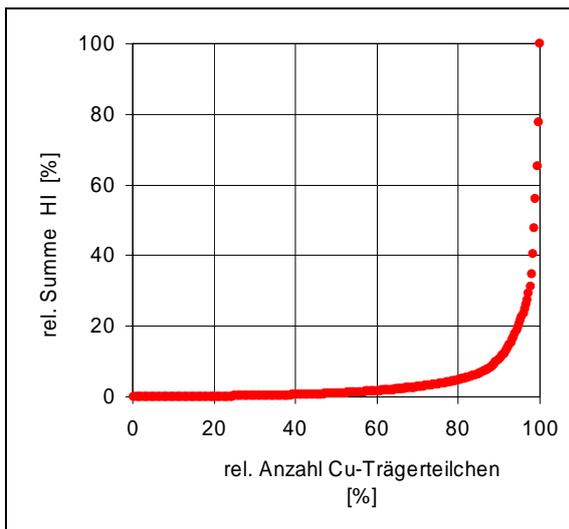


Abbildung 4-2: Relative Summenkurve der Heterogenitätsbeiträge (heterogeneity invariant) der im Bauschutt aufgefundenen kupferhaltigen Metallteile (vor allem Kabel)

4.2.2 Kupfergehalt des aufbereiteten Schutts

In der folgenden Tabelle sind die Kupfergehalte der bei der Probenaufbereitung erzeugten Siebfraktionen vom Schutt zusammengestellt.

Tabelle 4-10: Kupfergehalte des Schutts gesamt und nach einzelnen Kornklassen unterteilt

Fraktion	Mischprobe 1			Mischprobe 2			Mischprobe 3			Mischprobe 1-3	
	Proben-Nr.	Mittelw.	St.abw.	Proben-Nr.	Mittelw.	St.abw.	Proben-Nr.	Mittelw.	St.abw.	Mittelw.	St.abw.
		mg/kg TS	mg/kg TS		mg/kg TS	mg/kg TS		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
0 - 6,3 mm	08/67	6,6	0,4	08/68	11,2	1,1	08/69	12,2	0,1	10,0	3,0
6,3 - 20 mm	08/90	6,9	0,3	08/91	7,3	0,1	08/92	14,9	0,8	9,7	4,5
>20 mm	08/93	5,5	0,5	08/94	4,9	0,1	08/95	5,8	0,3	5,4	0,4
Gesamt		6,2			7,5			10,0		7,9	1,9

Die Streuung zwischen den drei Mischproben ist groß. Dies war, nachdem sich die einzelnen Inkremente beider Probenahme deutlich optisch unterschieden, erwartet worden. Die Vereinigung von fünf Inkrementen zu einer Mischprobe ist unter diesen Umständen zu wenig, um die durchschnittliche Zusammensetzung verlässlich in der Mischprobe abzubilden.

4.3 Auswertung der Daten der Gebäudeaufnahme

In einer Excel-Tabelle werden für jeden Raum Abmessungen und Zusammensetzung der Bauteile des Raums pro Bauteil erfasst. Aus den Abmessungen wird das Volumen des Bauteils errechnet. Aussparungen für Fenster und Türen werden dabei berücksichtigt und in Abzug gebracht. Weiters wird das Volumen der vorgefundenen Wasserinstallationen, Boden- und Wandbeläge sowie sonstiger Ausstattung quantifiziert.

Für die Abschätzung des Volumens von Fensterflügel und Türblätter sowie den zugehörigen Fenster- und Türstöcken, die größtenteils schon entfernt wurden, werden von einem noch vorhandenen Fenster Kennzahlen abgeleitet, die sich auf die Abmessungen beziehen. Mit Durch Anwendung dieser Kennzahlen werden Volumen und Zusammensetzung der Fenster und Türen abgeschätzt.

Bei den Elektroinstallationen ist statt dem Volumen die Länge die relevante Bezugsgröße und die Massen werden mit Hilfe des Gewichts pro Längeneinheit errechnet. Beim Verputz wurde die Fläche als Bezugsgröße gewählt (siehe Tabelle 4-11).

Tabelle 4-11: Messwerte für das spezifische Gewicht verschiedener Bauelemente

Bauteil	Material	spezifisches Gewicht	Einheit
Wandverputz + Anstrich	Wandverputz + Anstrich	54	kg/m ²
Wasserrohr 1/2"	Eisen	1,22	kg/m
E-Installationsrohr Metall	Eisen	0,139	kg/m
E-Installationsschlauch flexibel Eisen	Eisen	0,155	kg/m
E-Installationsschlauch flexibel Kunststoff	Kunststoff	0,059	kg/m
E-Installationsschlauch flexibel Kartonverbund	Verbund	0,075	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 1,5mm ²	Kupfer	0,016	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 1,5mm ²	Kunststoff	0,007	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 1,5mm ² Stoffisoliert	Kupfer	0,016	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 1,5mm ² Stoffisoliert	Stoffisolierung	0,011	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 2,5mm ²	Kupfer	0,044	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 2,5mm ²	Kunststoff	0,015	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 2,5mm ² Stoffisoliert	Kupfer	0,044	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 2,5mm ² Stoffisoliert	Stoffisolierung	0,029	kg/m

Einziehdraht Kupfer – 10mm ²	Kupfer	0,701	kg/m
Einziehdraht Kupfer – 10mm ²	Kunststoff	0,133	kg/m
Telefonleitung 3 Adern	Kupfer	0,007	kg/m
Telefonleitung 3 Adern	Kunststoff	0,013	kg/m
Telefonleitung 40 Adern	Kupfer	0,098	kg/m
Telefonleitung 40 Adern	Kunststoff	0,167	kg/m
Kabel 4 polig	Kupfer	0,063	kg/m
Kabel 4 polig	Kunststoff	0,128	kg/m
Kabel 3 polig	Kupfer	0,047	kg/m
Kabel 3 polig	Kunststoff	0,110	kg/m
Antennenkabel geschirmt	Kupfer	0,012	kg/m
Antennenkabel geschirmt	Kunststoff	0,032	kg/m
Dachziegel West-Seite	Ziegel	2,634	kg/Stk
Dachziegel Ost-Seite	Ziegel	1,566	kg/Stk

Mit Hilfe von gemessenen oder angenommenen Dichten werden aus den Volumina die Massen der Hausbestandteile ermittelt.

Zur Beschreibung der Zusammensetzung werden folgende 22 Materialklassen verwendet:

- Naturstein
- Ziegel
- Mörtel
- Beton
- Verputz
- Anstrich
- Schüttungen
- Steingut
- Fliesen
- Keramik
- Flachglas
- Verbund
- Kunststoff
- Gummi
- Heraklith
- Schilf
- Holz, lackiert
- Holz, unbehandelt
- Stoffisolierung
- Kupfer
- Aluminium
- Eisen

Die Baustoffe „Naturstein, Ziegel, Mörtel“, „Ziegel, Mörtel“ und „Verputz + Anstrich“ werden mit Hilfe der Analyseergebnisse aus Kap. 4.1.1 rechnerisch in ihre Materialklassen aufgeteilt.

Für jeden Bauteil wird aus den Abmessungen das Volumen der einzelnen Materialklassen berechnet. Über die Dichte der Materialklasse aus Tabelle 4-12 wird die Masse des Bauteils errechnet. Die Werte über Volumen, Masse und Zusammensetzung der Bauteile werden pro Raum zusammengefasst. Die Summe über alle Räume ergibt die Zusammensetzung des jeweiligen Geschosses. Beim Zusammenfassen werden Bauteile an die mehrere Räume grenzen nur einmal berücksichtigt.

Tabelle 4-12: Verwendete Literatur- und Messwerte für die Dichte der Baumaterialien

Material	Dichte [kg/m ³]
Aluminium	2.800
Beton	2.000
Eisen	7.800
Flachglas	2.500
Fliesen	2.000
Deckenverputz + Anstrich	1.060 ⁽¹⁾
Gummi	920
Heraklith	350
Holz, lackiert	600
Holz, unbehandelt	600
Keramik	2.000
Kupfer	8.900
Naturstein, Ziegel, Mörtel	2.246 ⁽¹⁾
Kunststoff	1.400
Schilf	40 ⁽¹⁾
Schüttung	1.578 ⁽¹⁾
Steingut	2.000
Ziegel, Mörtel	1.740 ⁽¹⁾

1) Messwerte aus der Analyse der Materialien

4.3.1 Rahmenbedingungen und Annahmen für die Berechnung der Zusammensetzung des Bauwerks

Bedingt durch den fortgeschrittenen Abbruch im Rahmen des Lokalausgangs (siehe Kap. 3.4) müssen bezüglich des Aufbaus einzelner Bauelemente Annahmen für Abmessung und Zusammensetzung getroffen werden:

Schüttungen in den Geschoßdecken 01

Als Höhe der Schüttungen auf der Geschoßdecke zwischen Erdgeschoß und Stock wird aufgrund der Messungen einheitlich 15 cm angenommen. Bei den Räumen mit darunterliegenden Gewölbeböden (101, 102, 103, 106) erhöht sich die Menge durch das Volumen des Zwickels, der durch Mauer, Gewölbe und Gewölbescheitel gebildet wird. Das Verhältnis dieses Zwickels zu dem Volumen der 15 cm hohen Schüttung über dem Niveau des Gewölbescheitels wird im Raum 103 mit 0,93 berechnet. Dieser Faktor wird auch auf die anderen Räume angewandt.

Aufbau der Geschoßdecke 12

Für die Tragkonstruktion der Geschoßdecke 12 zwischen Stock und Mansarde wird angenommen, dass eine ähnliche Menge an Holz verbaut wurde, wie bei der Tramdecke über den Räumen 005 und 004. Aus der Tramdecke ergibt sich ein Holzverbrauch von 99,8 kg pro m² Nutzfläche. Weiters wird aufgrund der Gebäudeaufnahme angenommen, dass statt einer Schüttung ein Estrich mit einer Stärke von 10 cm ausgeführt ist.

4.3.1.1 Spezifische Kennzahlen für Fenster und Türen

Die Kennzahlen für die Masse und Zusammensetzung von Türen und Fenstern wurden mit Hilfe der noch vorhandenen Fenstern und Türen abgeleitet. Die Kennzahlen für das Volumen der Türstöcke, Fensterstöcke und Fensterflügel beziehen sich auf den Umfang des Fensters bzw. der Türe. Die Kennzahl für das Volumen der Fensterscheiben bezieht sich auf die Fläche des Fensters (siehe Tabelle 4-13).

Tabelle 4-13: Spezifische Messwerte für das Volumen und die Zusammensetzung von Türen und Fenster incl. der Tür- und Fensterstöcke

Bauteil	Material	spezifisches Volumen	Einheit	Bezugsgröße
Türen				
Türstock	Holz, lackiert	89,9	cm3/cm	Türrahmenumfang
Türblatt	Holz, lackiert	5,0	cm3/cm2	Türlichte
Fenster				
Fensterstock	Holz, lackiert	113,6	cm3/cm	Fensterrahmenumfang
Fensterflügel, doppelt	Holz, lackiert	105,0	cm3/cm	Fensterrahmenumfang
Fensterflügel, doppelt	Flachglas	0,5	cm3/cm2	Fensterlichte
Fensterflügel, einfach	Holz, lackiert	25,0	cm3/cm	Fensterrahmenumfang
Fensterflügel, einfach	Flachglas	0,3	cm3/cm2	Fensterlichte

4.3.2 Güterbilanz des Abbruchobjekts

4.3.2.1 Zusammensetzung der Inputgüter in den Prozess „Abbruch“

Die Tabelle 4-14 zeigt die errechnete Zusammensetzung des Hauses Krumpentalerstraße 74. Durch Einbeziehung der Analyseergebnisse der heterogenen Bauteile aus dem Kap. 4.1 können diese in die einzelne Baustoffe aufgeteilt werden.

Tabelle 4-14: Zusammensetzung des Abbruchobjekts Krumpentalerstraße 74

Material	Volumen [m3]	Masse [t]	Masse [t]
Natursteine, Ziegel, Mörtel	119	270	
¹⁾ davon Naturstein 90 % m			243
Ziegel 2 % m			5
Mörtel 8 % m			22
Ziegel, Mörtel	72	123	
²⁾ davon Ziegel 79 % m			97
Mörtel 21 % m			26
Dachziegel	5	8	
Beton	12	24	
Wandverputz + Anstrich	19	51	
¹⁾ davon Wandverputz 92 % m			47

Material	Volumen [m3]	Masse [t]	Masse [t]
Wandanstrich 8 % m			4
Deckenverputz + Anstrich	1	1	
¹⁾ davon Deckenverputz 78 % m			1
Deckenanstrich 22 % m			0,3
Schüttungen	15	24	
Steingut	< 0,1	0,1	
Fliesen	1	2	
Keramik	< 0,1	< 0,1	
Flachglas	0,1	0,2	
Verbund	< 0,1	< 0,1	
Kunststoff	0,1	0,1	
Gummi	< 0,1	< 0,1	
Heraklith	3	1	
Schilf	0,3	< 0,1	
Holz, lackiert	4	2	
Holz, unbehandelt	110	25	
Stoffisolierung	< 0,1	< 0,1	
Kupfer	< 0,1	< 0,1	
Aluminium	< 0,1	< 0,1	
Eisen	0,1	1	
Summe	362	534	

Aufteilung nach: 1). Laboranalyse der Materialien, 2) Planungsrichtlinien „Ziegel- und Mörtelbedarf“ des Verband Österreichischer Ziegelwerke

In Summe enthielt das Abbruchobjekt rund 530 t Baumaterialien. Etwa 94 % dieser Menge entfällt auf mineralische Baustoffe (Natursteine 46 %, Ziegel 21 %, Verputz, Mörtel jeweils 9 %). Auf unbehandeltes Holz (25 t), verschiedenen Schüttungen (24 t) und Beton (24 t) entfallen jeweils etwa 5 % der Masse. Mit den Anstrichen an der Außenfassade und an den Innenwänden wurde im Laufe der Zeit rund 4 t an Farbe aufgebracht (siehe Abbildung 4-3, Tabelle 4-15).

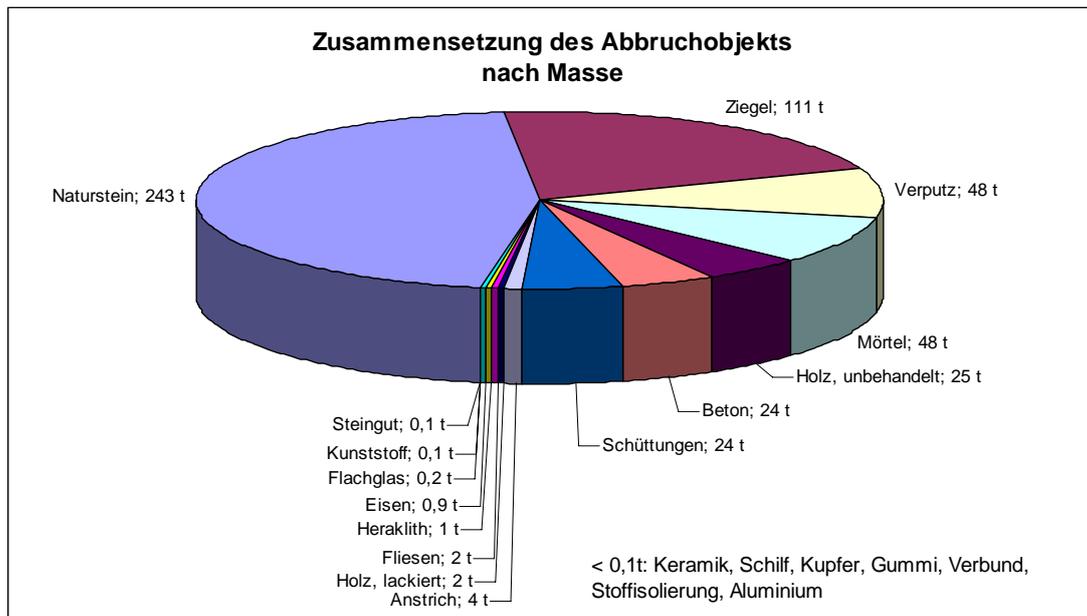


Abbildung 4-3: Zusammensetzung des Abbruchobjekts nach Baustoffen

Tabelle 4-15: Zusammensetzung des Abbruchobjekts nach Baustoffen

Material	Masse [t]	Anteil [m %]
Natursteine	243	46%
Ziegel	111	21%
Verputz	48	9%
Mörtel	48	9%
Holz, unbehandelt	25	5%
Beton	24	5%
Schüttungen	24	5%
Anstrich	4	0,8%
Holz, lackiert	2	0,4%
Fliesen	2	0,4%
Heraklith	1	0,2%
Eisen	0,9	0,2%
Flachglas	0,2	< 0,1%
Steingut	0,1	< 0,1%
Kunststoff	0,1	< 0,1%
Keramik	< 0,1	< 0,1%
Schilf	< 0,1	< 0,1%
Kupfer	< 0,1	< 0,1%
Verbund	< 0,1	< 0,1%
Gummi	< 0,1	< 0,1%
Stoffisolierung	< 0,1	< 0,1%
Aluminium	< 0,1	< 0,1%
Summe	534	

Die Mengen in Tabelle 4-15 überschreiten bei Holz, Beton und der Summe der anderen mineralischen Baustoffen die Mengenschwellen der BaurestmassentrennVO [BGBl. Nr. 259/1991, 1991].

4.3.2.2 Zusammensetzung und Zielprozesse der Outputgüter aus dem Prozess „Abbruch“

Im Rahmen des Abbruchs wurden von den 534 t des Gebäudes rund 33 t aussortiert. Vor dem eigentlichen Abbruch wurden rund 1 t lackiertes Holz in Form von Türblättern und Fensterflügel sowie rund 2 t unbehandeltes Holz durch den teilweisen Ausbau von Blindböden separiert. Mit den Fenstern wurde rund 0,2 t Flachglas entfernt. Beim Abbruch selbst wurden rund 8 t Dachziegel und rund 21 t unbehandeltes Holz aussortiert.

Alle separierten Fraktionen wurden einer Verwertung zugeführt. Die Holzfraktionen wurden zur thermischen Verwertung separiert. Die angefallenen Dachziegel wurden stofflich verwertet.

Die restlichen 501 t an Baumaterialien wurden zwischengelagert, mit dem Brecher zerkleinert und vor Ort landschaftsbaulich verwertet. Diesen 501 t setzten sich zusammen aus:

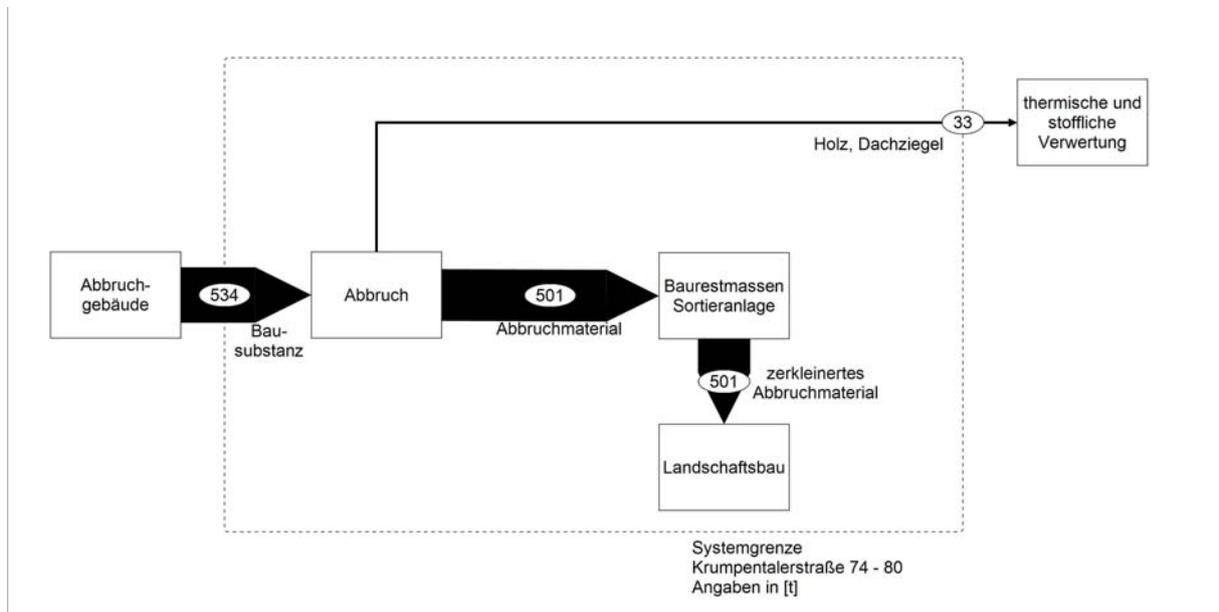
- 492 t Mineralische Baustoffe
- 4 t Anstriche
- 1 t Heraklith und Schilf
- 3 t Holz (bestimmt aus dem Holzanteil von 0,61 % im Bauschutt)
davon 1 t lackiertes Holz von Tür- und Fensterstöcken
- 1 t Metalle hauptsächlich Eisen,
- 0,1 t an Kunst- und Verbundstoffen

4.3.2.3 Güterflussanalyse Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74

Anpassung der Systemdefinition an die Gegebenheiten „Eisenerz“

Die allgemeine Systemdefinition (siehe Abbildung 3-1) wurde an die Rahmenbedingungen beim Abbruch in Eisenerz angepasst. Nicht benötigte Flüsse und Prozesse wurden gestrichen. Statt durch den Wertstoffhandel werden die separierten Wertstoffe lokal verwertet. Der Output aus der BRM-Sortieranlage, das zerkleinerte Abbruchmaterial, wird am Grundstück zur Herstellung des ursprünglichen Geländeverlaufs verwendet. Dies wird durch den hinzugefügten Prozess „Landschaftsbau“ innerhalb der Systemgrenzen abgebildet (siehe Abbildung 4-4).

Abbildung 4-4: Güterflussanalyse Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74 in [t] (mit STAN erstellt)



4.3.3 Stoffflussanalyse Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74

Durch die Einbeziehung von Stoffkonzentrationen der einzelnen Baustoffe können aus der Massenbilanz Stoffbilanzen für Wert- und Schadstoffe erstellt werden. Exemplarisch wurde in der vorliegenden Studie der Stoff Kupfer ausgewählt.

Kupferfluss in den Inputgütern

Vom Labor wurden die Kupferkonzentrationen in den verschiedenen Input-Gütern, den Baumaterialien (siehe Kap. 4.1.2), und im Output-Gut, dem aufbereiteten Bauschutt (siehe Kap. 4.2.2), bestimmt. In Tabelle 4-16 werden für die Berechnung der Kupferfracht die Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen verwendet.

Tabelle 4-16: Kupferfracht in den Baumaterialien (Input)

Material	Masse [t]	Cu- Konzentration [mg/kg]	Cu-Fracht [g]
Naturstein, Ziegel, Mörtel	270	5,5	1.487
Ziegel, Mörtel	123	17	2.095
Wandverputz + Anstrich	51	11	560
Beton	24	17,4	421
Schüttungen	24	14,4	348
Deckenverputz + Anstrich	1,4	11	15
Heraklith	1	11,5	12
Summe aufbereitete Materialien	494		4.937
Dachziegel	8	17	142
Gesamtsumme Input	502		5.079

Für die Schüttungen wird der Mittelwertwert der „Schlacke hell“ aus Tabelle 4-6 verwendet. Der um das 20-fache höhere Wert der „Schlacke dunkel“ wird ausgeschieden, da von diesem Material nur eine geringe und lokal begrenzte Menge (geschätzt 0,1 m³ bzw. 150 kg) bei der Gebäudeaufnahme gefunden werden konnte. Auf diese Menge entfällt eine Kupferfracht von rund 45 g.

An metallischem Kupfer wurde in den Drähten der Elektroinstallationen eine Menge von etwa 10 kg Kupfer aus den Daten der Gebäudeaufnahme errechnet.

Kupferfluss in den Outputgütern

Bei der Analyse des aufbereiteten Schutts wurde eine mittlere Kupferkonzentration von 7,9 mg/kg bestimmt (Tabelle 4-10). Da 501 t Baumaterialien geschreddert wurden, ergibt sich eine Kupferfracht aus der Analyse der aufbereiteten Baumaterialien von 3.961 g. Somit konnten mit der Analyse des Outputs rund 80 % der in den mineralischen Baumaterialien enthaltenen Kupferfracht erfasst werden.

Mit den Dachziegeln verlassen etwa 140 g gebundenes Kupfer das System.

An metallischem Kupfer wurden während des Brechens von 1.070 t Abbruchmaterial 6,9 kg Kupfer in Form von unterschiedlichen Kabeln aus dem Abwurf des Brechers gefischt (siehe Kap. 4.2.1). Da diese Separierung der Kabel händisch mit Hilfe eines Rechens erfolgen musste (siehe Abbildung 3-27 a), wird geschätzt, dass etwa 60 % der im Abbruchmaterial enthaltenen Kabel ausgeschleust wurden. Somit ergibt sich ein Anteil an metallischem Kupfer aus Elektrokabeln von etwa 12 kg in den verarbeiteten 1.070 t. Der Menge von 501 t Abbruchmaterial vom Haus Krumpentalerstraße 74 kann somit eine metallische Kupfermenge von etwa 5,4 kg zugeordnet werden. Dies entspricht etwa der Hälfte der rechnerisch bestimmten Menge.

Beurteilung der Schadstoffgehalte der analysierten Güter

Für einige ausgewählte Baumaterialien und für die Feinfraktion des zerkleinerten Abbruchmaterials wurde neben Kupfer auch die Gehalte an Arsen, Blei, Zink, Crom, Cadmium und Antimon bestimmt (siehe Tabelle 4-8).

Das zerkleinerte Material hält die Grenzwerte für die Deponierung in einer Bodenaushubdeponie ein. Bei der Betrachtung einzelner Baumaterialien im Vergleich mit den Grenzwerten der Inertabfalldeponie überschreiten die Anstrichfarben den Grenzwert für Zink (Grenzwert 1.000 mg/kgTS) und die Fliesen den Grenzwert für Blei (Grenzwert 500 mg/kgTS). Die hohen Zink-Konzentrationen in den Anstrichfarben sind vermutlich durch die Verwendung von ZnO als Pigment begründet.

4.3.3.1 Stoffflussanalyse Kupfer Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74

Die Abbildung 4-5 zeigt den Kupferfluss unterteilt in metallisches Kupfer aus den Elektroinstallationen und gebundenes Kupfer in den Baumaterialien. Die teilweise Abtrennung der Kabeln wurde nicht berücksichtigt, da die Kabeln ausschließlich zur Bilanzierung des Prozesses entfernt wurden.

Abbildung 4-5: Stoffflussanalyse metallisches Kupfer, Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74 in [kg] (mit STAN erstellt)

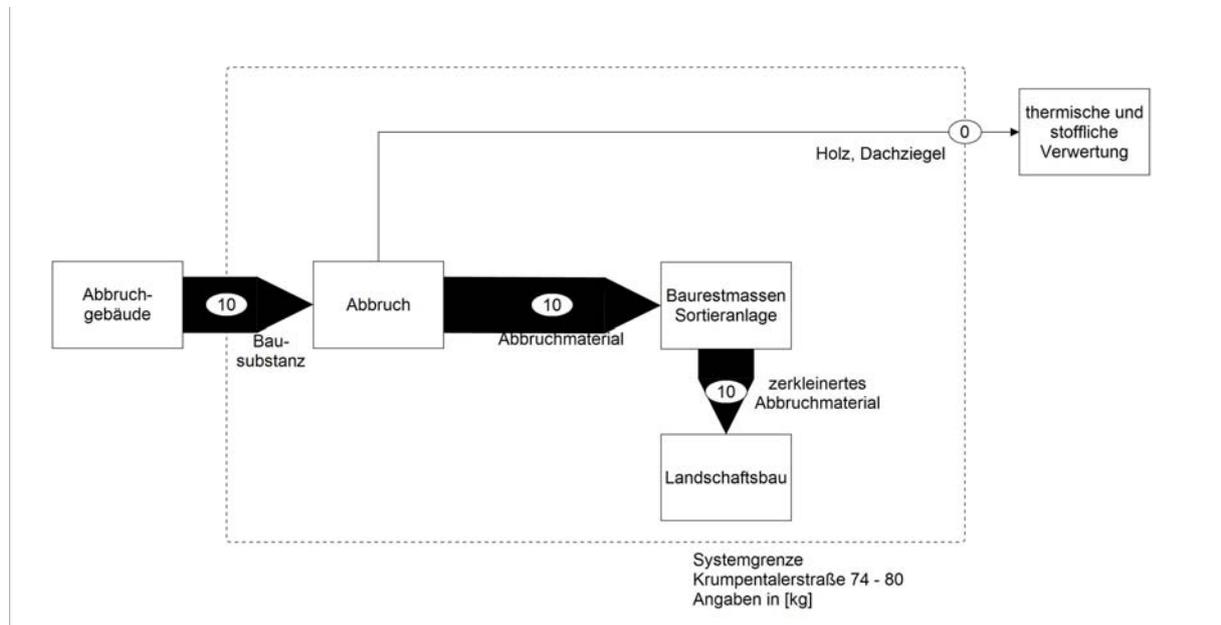
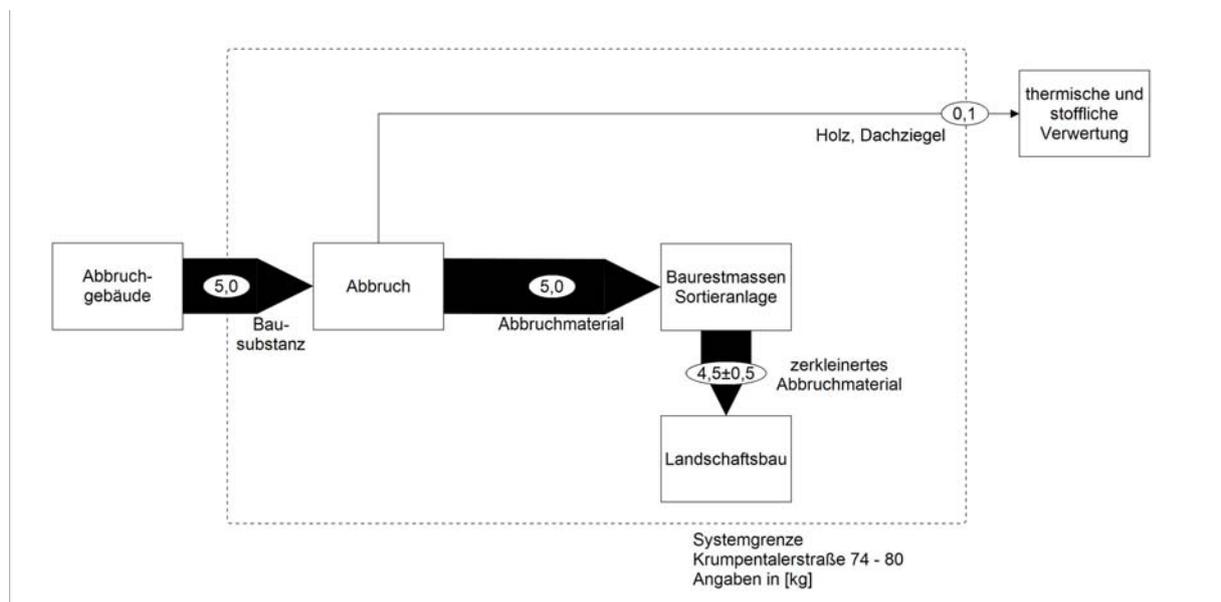


Abbildung 4-6: Stoffflussanalyse gebundenes Kupfer, Gebäudeabriss Krumpentalerstraße 74 in [kg] (mit STAN erstellt)



4.4 Vergleich der abgeschätzten und der abgebrochenen Mengen

Vom Abbruchunternehmen konnten keine quantitativen Angaben über die Menge des separat entsorgten Holzes und der Dachziegel gemacht werden.

Beim Abbruch des Hauses Krumpentalerstraße 74 selbst wurden rund 25 Fuhren auf dem Zwischenlagerplatz abgekippt. Ein Arbeiter schätzte die Menge auf etwa 250 t (siehe Kap. 3.4). Zu der Menge an Abbruchmaterial vom Haus Krumpentalerstraße 74 wurde in der Zeit zwischen Abbruch und Aufarbeitung Abbruchmaterial vom Haus Hieflauerstraße 37 dazugeschüttet. Von Seiten des Abbruchunternehmens wurde angegeben, dass die Menge dadurch verdoppelt wurde. Durch die damit verbundene Umlagerung des Abbruchmaterials wurde die ursprünglich separierte Eisenfraktion verschüttet und ging für eine Analyse verloren.

Über die Baurestmassenaufbereitungsanlage wurden insgesamt 1.070 t Schutt verarbeitet. Etwa die Hälfte (535 t) dürfte vom untersuchten Objekt stammen.

Wegen fehlender Vergleichswerte von Seiten des Abbruchunternehmens ist eine Evaluierung der Mengen aus der Güter- und Stoffbilanz nicht möglich. Die Größenordnung der Ergebnisse stimmt jedoch überein.

4.5 Tool Kit

In diesem Kapitel werden alle angedachten Methoden beschrieben, auch jene Ansätze, die sich als ungeeignet erwiesen haben. Eine Beschreibung der Probleme erleichtert die Beurteilung der einzelnen Methoden. Dadurch soll der Anwender vor der Wiederholung von Fehlern bewahrt werden. Hinweise für den Arbeitsschutz werden nicht gegeben. Die entsprechenden Vorgaben beim Arbeiten mit den genannten Werkzeugen sind einzuhalten.

4.5.1 Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss

Die Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss hat – rechtzeitige Planung und Organisation der Arbeiten vorausgesetzt - den Vorteil, dass ohne Zeitdruck und gefahrlos gearbeitet werden kann. Bei den Vorarbeiten zum Abriss (etwaiges Entfernen von Fußböden, Installationen etc.) werden einerseits Bauteile freigelegt und dadurch leichter zugänglich, andererseits sind die entfernten Massen unwiederbringlich verloren bzw. kann es zu irreversiblen Vermischungen kommen. Die Koordination mit dem Bauherrn und den mit dem Abriss bzw. den Vorarbeiten beauftragten Firmen entscheidet, ob die gewünschten Probenahmen erfolgreich durchgeführt werden können oder nicht.

4.5.1.1 Probenahmeplanung

4.5.1.1.1 Homogene Werkstoffe und Bauteile sowie regelmäßig aufgebaute Bauteile

Als „homogen“ werden Baustoffe und Bauteile verstanden, die aus einem Werkstoff geformt sind z.B. Ziegel oder Teile aus Beton, aber auch hölzerne Bauteile. Die Körnigkeit des Materials im Fall mineralischer Materialien ist fein genug, um in einer für die Laborprobenaufbereitung handhabbaren Probenmenge (einige 100 g bis wenige kg) bereits die durchschnittliche Eigenschaft des Bauteils oder Baustofftyps abbilden zu können.

Bei tatsächlich „homogenen“ Bauteilen und Baustoffen können theoretisch an beliebigen Stellen Proben entnommen werden, es ist allerdings zu beachten, dass Variabilitäten in der zu beprobenden Menge auftreten können. Beispielsweise können in einem Gebäude Ziegel unterschiedlicher Chargen oder unterschiedlicher Hersteller (insbesondere bei späteren Um-

bauten) verbaut sein, bzw. sind Bauteile aus Beton aus Teilmengen (Mischmaschinenfüllung, Lieferbeton) zusammengesetzt, die nicht notwendigerweise intensiv durchmischt wurden.

Es liegen keine Literaturstellen über Streuungsangaben bei der Beprobung und chemischen Analyse von Baumaterialien vor, aus denen Vorschläge für Probengrößen und –anzahlen abgeleitet werden könnten.

Es wird empfohlen, aus Materialien, die optisch als einheitlich eingestuft werden können (gleiche Farbe, Struktur, Beschaffenheit von Bruchflächen), mindestens zwei Proben für die chemische Analyse zu gewinnen und diese getrennt zur analysieren. Bei sichtbarer Variabilität des Materials z. B. Betonbauteile, die verschiedenen gefärbte Bereiche aufweisen (z. B. unterschiedliche Intensität der graublauen Färbung durch unterschiedlichen Anteile an Zementstein) oder sichtbare Anzeichen von Entmischung zeigen (z. B. sichtbare Bereiche, in denen die groben Kornfraktionen des Kieses angereichert sind), muss entweder die Probenzahl empfindlich erhöht werden oder es sind Mischproben zu bilden. Die Erhöhung der Zahl von Einzelproben ist dann angebracht, wenn die verschiedenen optisch unterscheidbaren Bereiche differenziert analysiert werden sollen. In diesem Fall muss jede Probe sehr genau beschrieben werden. Es empfiehlt sich, 20 oder mehr Einzelproben zu nehmen (jeweils mehrere Proben von einer „Art“ des Materials, um etwaige Unterschiede tatsächlich sichern zu können. Ist keine differenzierte Analyse erforderlich, sondern gilt es, einen robusten Mittelwert zu bestimmen, sollten mindestens je 10 Teilproben (Inkrement), die ihrerseits so groß sein sollen, wie eine Einzelprobe zur Einzelanalyse, zu einer Mischprobe vereint werden. Es ist wichtig, die Probenahmestellen für die Inkremente zufällig auszuwählen. Die Inkremente sollen etwa gleich groß sein. Keinesfalls sollte versucht werden, durch willkürliche Auswahl der Probenahmestellen eine „durchschnittliche Probe“ zu mischen. Die Masse der Mischproben darf erst nach dem ersten Zerkleinerungsschritt reduziert werden.

Für die Beprobung von Schüttungen wird ein analoges Mischprobenkonzept vorgeschlagen, wenn die Einheitlichkeit des Materials nicht zweifelsfrei und ein robuster Mittelwert der Zusammensetzung bestimmt werden soll. Es sollten pro Inkrement etwa 2 Liter entnommen werden. Anders als bei Proben, die aus massiven Bauteilen herausgestemmt und damit unterschiedlichster Körnung sind, kann eine Mischprobe eines Schüttmaterials vor Ort das erste Mal aber nicht auf eine Menge unter 2 Litern geteilt werden. Sämtliche Probenteilungen müssen mit Riffelteilern erfolgen.

Bei regelmäßig aufgebauten „inhomogenen“ Bauteilen wie Ziegelmauern wird eine Fraktionierung schon bei der Probenahme bzw. bei der Probenaufbereitung empfohlen. Die Massenverhältnisse der Komponenten können entweder bestimmt werden durch das Abtragen eines Ausschnitts vom Mauerwerk, einer Fraktionierung und Wägung der Komponenten oder durch Hochrechnung mittels der Mörteldicke, Ziegeldimension und der Dichten von Mörtel und Ziegeln. Die Hochrechnung liefert einen besseren Mittelwert als die Analyse eines Mauerausschnitts, wenn über den ganzen Bauteil verteilt fleckenweise der Verputz abgeklopft wird und die Mörteldicke vermessen wird. Wenn an Ort und Stelle die Daten für die Hochrechnung aufgenommen werden, reicht es von den beiden Komponenten ohne Rücksicht auf das Massenverhältnis Proben zur Analyse zu gewinnen. Prinzipiell können Probenmassen und Anzahlen so geplant werden wie bei der Beprobung zweier „homogener“ Bauteile. Sollte die getrennte Analyse der Komponenten nicht erforderlich sein, können die Proben im richtigen Massenverhältnis wieder zusammengemischt (zusammengewogen) werden. Entweder werden die fertig (pulverförmig) aufgemahlene Proben intensiv durchmischt oder die Mischung wird vor dem letzten Mahlgang hergestellt und die beiden Komponenten gemeinsam vermahlen.

4.5.1.1.2 Beprobung von „heterogenen“ und unregelmäßig aufgebauten Bauteilen

Treten in Bauteilen „kritische“ Partikel, das sind Teile, die eine extreme Konzentration eines Stoffes aufweisen, in zufälliger Verteilung auf, so kann folgende Faustregel für die Probenmassenberechnung verwendet werden: Um mit 95 % Wahrscheinlichkeit eine Genauigkeit von 10 % einzuhalten, müssen die Proben so groß bemessen sein, dass im Schnitt 100 dieser Partikel in einer Probe zu finden sind. Diese Faustregel lässt sich aus der auf der Binomialverteilungsstatistik basierenden Formel ableiten, die in den Normen (z. B. ÖNORM S2123) zur „mathematisch-statistisch abgesicherten“ Probenmassenbestimmung verwendet wird. In dieser Formel kann nur eine Art von sehr stark konzentrierten kritischen Partikeln berücksichtigt werden. Eine allgemein gültige Berechnung von Probenmassen ist die Berechnung der „heterogeneity invariant HI_L “ [Gy, 1992]. Aus dieser Heterogenität kann mit:

$$m = \frac{HI_L}{CSE} \quad \text{Formel 4-1}$$

m..... minimale Probenmasse in kg

HI_Lheterogeneity invariant in kg

CSE„correct sampling error“ entspricht der relativen Probenahmevarianz, berechnet sich aus dem üblicherweise angegebenen Variationskoeffizienten („rsd“ = Standardabweichung gebrochen durch Mittelwert angegeben in %) durch quadrieren und Division durch 10.000 (um die Angabe in % zu eliminieren); dimensionslos

die Probenmasse in Abhängigkeit der gewünschten Genauigkeit berechnet werden. Die HI_L schließt alle Bestandteile eines Materials ein, die von der durchschnittlichen Zusammensetzung abweichen und damit zur chemischen Heterogenität beitragen. Zur Berechnung ist eine Vorabschätzung der Massenanteile, der Stoffkonzentrationen und der Kornmassen der wichtigsten, die Heterogenität verursachenden Bestandteile erforderlich. Die Berechnung der HI_L erfolgt mit folgender Formel:

$$HI_L = \sum \frac{f_i}{m_i} \cdot \left(\frac{(c_i - \bar{c}) \cdot m_i}{\bar{c}} \right)^2 \quad \text{Formel 4-2}$$

HI_Lheterogeneity invariant in kg

f_i Massenanteil der Fraktion i, dimensionslos

m_i Partikelmasse in der Fraktion i in kg

c_i Analytkonzentration in der Fraktion i, Einheit beliebig

\bar{c} durchschnittliche erwartete Analytkonzentration im Gesamtmaterial

Die Berechnung wird am besten in der Tabellenkalkulation durchgeführt, wobei für jedes Glied der Summe eine Zeile angelegt wird und alle HI_L -Beiträge dann aufsummiert werden. Um eine Korngrößenverteilung abbilden zu können, kann ein Glied der Summe aufgespalten und mit verschiedenen Kornmassen in eigenen Zeilen angeschrieben werden.

Alternativ kann die HI_L auch experimentell bestimmt werden, indem entweder Messreihen gebildet werden und aus dem beobachteten Fehler mit Formel 4-1 HI_L errechnet wird oder

eine Reihe von ausgewählten Partikeln eines Materials untersucht wird (zu dieser recht aufwendigen Vorgangsweise siehe [Gy, 1992]).

4.5.1.2 Probenahmetechniken für Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss

Für die Beprobung des Gebäudes vor dem Abriss werden am besten die im Bauwesen üblichen Techniken zum Bohren, Stemmen und Schneiden mit den entsprechenden handelsüblichen Werkzeugen angewandt. Das sind:

- elektrische Stemm- oder Abbruchhammer mit verschiedenen Meissel zum Herausbrechen von Material aus Betonteilen, Mauerwerk und sonstigen mineralischen Teilen,
- Winkelschleifer mit Trennscheiben für verschiedene Materialien zum Schneiden von dünnen vorwiegend mineralischen Baustoffen (z.B. Heraklithplatten, Estrichschichten, Zwischenwände, Fußbodenplatten) und als Hilfestellung beim Ausbrechen von Proben aus Beton und Mauerwerk zur Erzielung einer glatten Trennung, Schneiden von Stahlteilen,
- Kernbohrgeräte zur Entnahme von zylindrischen Probenkörpern aus massiven Bauteilen,
- Bohrmaschinen mit „konventionellen“ Spiralbohrern zur Entnahme von Probenmaterial über die volle dicke von massiven Holz- (oder Metall-) Teilen,
- elektrische Sägen (Stichsäge, Fuchsschwanz, Kreissäge) zum Ab- oder Heraustrennen von Proben aus linearen, allenfalls profilierten Teile (z. B. Fensterstock) und flächigen Teilen,
- diverses Handwerkzeug (z.B. Handmeissel, Stemmeisen, Spachtel).

Schneidendes Heraustrennen von Probenmaterial ist zu bevorzugen, da bei heterogenen Materialien eine Verfälschung der Zusammensetzung nach Komponenten auftreten kann, wenn Komponenten aus dem Verband gerissen werden (z. B. Kiesel aus Zementstein). Bei den mineralischen Bauteilen ist daher ein Herausschneiden von Probenstücken bzw. ein Herausbohren von Kernen anzuraten, wenn die Materialfestigkeit dies erlaubt. Ist ein Ausbohren bzw. Ausschneiden von Stücken nicht möglich, weil der Kern zerfällt bzw. kein zylindrisches Bohrloch entsteht, muss Probenmaterial ausgestemmt werden (siehe weiter unten zur Problematik des „sample extraction error“).

Hölzerne Bauteile können schnell und effektiv durch Ausbohren mit herkömmlichen Spiralbohrern beprobt werden. Wahlweise kann vor dem Bohren mit einem Stemmeisen eine Scharte abgehoben werden, um die (meist verschmutzte) Oberfläche zu entfernen. Wenn die Oberflächenkontamination in die „erbohrte“ Probe einbezogen werden soll, muss der Holzteil entweder ganz durchgebohrt werden, oder sämtliche Bohrungen werden exakt bis zur Mitte (also über die halbe Dicke) geführt (Anschlag verwenden). Tragende Teile, die nicht abgeschnitten werden können z.B. Teile von Dachstuhl oder Decken können im Bestand nur durch Bohren und Abheben von Scharfen beprobt werden.

Von Teilen, deren Proben im Labor fraktioniert werden müssen (z. B. sorgfältiges Ablösen von Anstrichen), werden am besten deutlich größere als für die Analysenprobengewinnung nötige Stücke ab- oder herausgeschnitten bzw. abgelöst. Intakte Verputzstücke werden am besten abgelöst, indem zunächst rund um das ausgewählte Stück der Putz restlos abgeschlagen wird und das verbliebene Stück anschließend mit einem Handmeissel mit vorsichtigen Schlägen von allen Seiten vom Mauerwerk abgelöst wird.

In der Regel wird der Abrieb der Werkzeuge vernachlässigbar sein. Müssen Stoffe in den Proben gemessen werden, die als Hauptbestandteile in den Verschleißteilen der Werkzeuge vorkommen (z. B. Co, Mo, Cr oder Ni in Werkzeugstahl), muss der Eintrag durch Abwägen der Werkzeuge bestimmt werden. In vielen Fällen kann beim Hersteller die Identität (Werkstoffnummer) des betreffenden Verschleißteils erfragt werden. Nicht identifizierbare Werkstoffe oder Materialkombinationen (z.B. Trennscheiben als Verbund aus Schleifmittel und Bindemittel bzw. Diamant eingebettet in metallischer Matrix) müssen im Zweifelsfall analysiert werden. Die Korrektur des Eintrags entfällt, wenn der Abrieb von der Oberfläche des Probenkörpers z.B. einem mit einer Kernbohrkrone ausgebohrten Zylinders vollständig entfernt beispielsweise abgewaschen werden kann.

Grundsätze zur Extraktion von Proben aus Bauteilen - Minimierung des „sample extraction error“ SEE

Idealerweise wird aus einem Festkörper eine Probe durch glatte Schnitte herausgetrennt. Dadurch wird gewährleistet, dass alle Komponenten eines Bauteils (z. B. Kieskörner und Zementstein des Betons) im richtigen Verhältnis in der Probe vorliegen. Ist ein glatter Schnitt nicht möglich, bzw. handelt es sich um loses Material (z. B. Schüttungen), ist sicherzustellen, dass alle Komponenten in unverfälschtem Verhältnis in der Probe vorliegen. Der potentielle Fehler wird umso kleiner, je größer Masse der gezogenen Probe ist.

Beispiele

Bei der Entnahme einer Probe aus einer unregelmäßig aufgebauten Natursteinmauer (wie im Haus Krumpental 74) ist ein Heraustrennen mittels glattem Schnitt weder durch Kernbohren noch durch Schneiden mit dem Winkelschleifer möglich. Das Gefüge der Mauer ist zu locker, um einen Kern auszubohren bzw. die Flächen eines ausgestemten Loches mit dem Winkelschleifer glattzuschneiden. Beim Bohren oder Schneiden werden Steine aus dem Verband mit dem Mörtel herausgerissen und das Werkzeug verkeilt sich. Beim Ausstemmen von Probenmaterial können keine glatten Flächen erzeugt werden, weil die Steine eher aus dem Verband gelöst als in einer Ebene durchtrennt werden. Um den Fehler möglichst klein zu halten, muss die Hälfte des Mörtels, der freigelegt wird, wenn ein Stein aus dem Verband gelöst wird d.h. wenn eine Vertiefung in der gedachten idealen Trennfläche entstanden ist, herausgearbeitet und der Probe zugerechnet werden.

Werden beim Probenziehen aus Schüttungen hohle Zylinder ins Material getrieben, um das Probenmaterial gleichmäßig über die gesamte Tiefe nehmen zu können („Stechzylinder“), so müssen große Teile oder Körner, die das Eindringen des Zylinders an einer Stelle stören, wechselweise der Probe zugeordnet bzw. verworfen werden. Werden alle Teile, die beim Einstechen im weg sind „nach innen“ in den Zylinder herausgegraben, so sind die großen Teile in der Probe überrepräsentiert.

4.5.1.3 Probenaufbereitung und Analyse

Die Probenaufbereitung zur chemischen Analyse kann mit den üblichen, im Labor zur Verfügung stehenden Techniken durchgeführt werden. Mineralische Materialien werden mit einem Backenbrecher vorzerkleinert, die Proben mit einem Riffelteiler geteilt und in einer Scheibenschwingmühle oder Kugelmühle fein zerkleinert. Fremdbestandteile müssen aussortiert werden, so sie nicht zerkleinert werden können und falls ein relevanter Beitrag zum Gesamtgehalt des jeweiligen Analyten nicht ausgeschlossen werden kann, separat aufbereitet und analysiert werden (allenfalls ist nur eine separate Aufbereitung nötig; lassen sich separierte

Bestandteile fein aufmahlen, kann die Fraktion im gemahlten Zustand im richtigen Massenverhältnis dem Ursprungsmaterial wieder zugemischt werden).

Weiche elastische Materialien (Holz, Kunststoff) werden mit Schneidmühlen vorzerkleinert. Die Feinaufbereitung gelingt für Holz auch in quetschenden Mühlen (Scheibenschwingmühle, Kugelmühle). Kunststoffe müssen in Ultrazentrifugalmühlen auf Korngrößen unter 0,3 mm gebracht werden, um repräsentative Einwaagen für den Aufschluss zu erhalten.

Alle Probenmassen von Zwischenstufen der Probenaufbereitung („sekundäre, tertiäre, etc. Proben) müssen der Heterogenität des Materials angemessen werden. Im Zweifelsfall sollte eine Stufe in mehrfacher Wiederholung ausgeführt und die Wiederholungsproben ab dieser Stufe getrennt zur Analyse geführt werden, um eine mögliche Streuungsursache aufzuzeigen und quantifizieren zu können.

Es ist anzumerken, dass eine Fraktionierung im Labor von in der Struktur zerstörten Proben nur noch schlecht gelingt (z. B. Fraktionierung von Ziegel und Mörtel in einer Probe, die durch Ausstemmen gewonnen wurde). Es ist effizienter, diese Fraktionierung bereits im Zuge der Probenahmen vorzunehmen.

Alle üblicherweise verbauten Materialien können soweit aufbereitet werden, dass mit den Standardmethoden für Aufschluss und Analyse gearbeitet werden kann.

4.5.2 Beprobung beim Abbruch

Beprobungsarbeiten im Zuge des Abbruchs werden nicht empfohlen. Um die Abbruchstelle gefahrlos betreten zu können, sind die Abbrucharbeiten unbedingt zu unterbrechen. Solange Einsturzgefahr besteht ist ein Betreten oder selbst das Annähern an die Abbruchstelle nicht möglich.

Prinzipiell besteht während der Abbrucharbeiten die Möglichkeit des Zugriffs auf die meisten Materialien. Sollte es gelingen, eine Unterbrechung der Abbrucharbeiten zu bestimmten Zeitpunkten oder eine Probenentnahme mit dem Abbruchbagger mit dem Abbruchunternehmen zu vereinbaren, ist dies mindestens für die massiven Bauteile eine Alternative zur Beprobung des bestehenden Gebäudes. Die Art der Probenahme sollte mit denselben Personen an einer anderen Abbruchstelle getestet und geübt werden.

4.5.3 Beprobung nach dem Abbruch

Für die Beprobung von Materialmengen, die nach dem Abbruch vorliegen gelten die üblichen Grundsätze der korrekten Probenahme aus Haufen und Behältnissen. D.h. eine Probenahme erfordert das komplette Umsetzen des Haufens oder Containerinhalts (der Haufen oder Containerinhalt muss in einen fließenden Gutstrom verwandelt werden, der durch die Entnahme von Teilmengen zu verschiedenen Zeitpunkten korrekt beprobt werden kann. Probenahmen durch Angraben von Haufen liefern keine verlässlichen Proben.

Wie bei den Versuchen festgestellt wurde, weisen die Schutthaufen, die an der Abbruchstelle aufgesetzt werden (bzw. die abtransportieren LKW-Ladungen) große Variabilitäten auf, d.h. die verschiedenen Materialien der unterschiedlichen Bauteile sind noch wenig vermischt. Um

dem Rechnung zu tragen, müssen Schuttproben als Mischproben aus jeweils 20 oder mehr Inkrementen angelegt werden.

Generell wird empfohlen, den Schutt im Zuge der Baurestmassenaufbereitung zu beproben.

4.5.4 Indirekte Beprobung: Bilanzierung Baurestmassenaufbereitung

Bei der Beprobung im Zuge der Baurestmassenaufbereitung nutzt man den Mischeffekt des Transports und der Materialaufgabe sowie die „Probenaufbereitungsarbeit“ die von der Aufbereitungsanlage geleistet wird. Eisenmetalle, die ohnehin bei der Standardprobenaufbereitung separiert werden müssen, werden größtenteils abgetrennt, das Material wird zerkleinert und allenfalls nach Korngrößen klassiert.

4.5.4.1 Probenahmeplanung

Liegen Daten über die zu erwartenden Streuungen bei der Analyse der Outputgüter und die Kosten für jeden Bearbeitungsschritt vor, kann die Versuchsplanung durch lineare Optimierung erfolgen. Dabei wird ein fixes Budget dermaßen verteilt, dass für die Stoffbilanz insgesamt die Streuung minimiert wird. Ein vorgefertigtes Tabellenkalkulationsblatt zur linearen Optimierung von Stoffbilanzierungsversuchen ist auf der Daten-CD des Projektes SEMBA [Skutan & Brunner, 2005] verfügbar. Sind keine Daten zur Planung vorhanden, sollten Vorversuche bei der Aufbereitung von ähnlichen Materialherkünften unternommen werden.

Aus den Analysen in diesem Projekt kann abgeleitet werden, dass aufgrund der hohen Variabilität Mischprobenkonzepte verfolgt werden sollten, wobei mindestens je 20 Inkremente zu einer Mischprobe vereint werden sollten. Werden in dieser Art Mischproben angelegt, ist damit zu rechnen, dass pro Outputgut 10 Mischproben ausreichen, um Stoffbilanzen (exklusive der Beiträge selten anzutreffender Metallteile) mit weniger als 10 % Bilanzunsicherheit zu erstellen.

Für die Bestimmung von stückigen, metallischen Anteilen oder anderen Gütern, die in einer Häufigkeit von einigen wenigen Stücken pro Tonne Schutt auftreten (z. B. Partikel aus PAK-hältigen Dichtungsmassen), sind gemäß der oben angeführten Faustregel Probenmassen von zig Tonnen nötig. Dabei ist zu beachten, dass bei einer großen Streuung der Partikelmassen (der „kritischen“ Partikel) die Regel auf die Kornklasse der 10 % schwersten Partikel angewendet werden muss. Die größten Partikel haben einen überproportionalen Einfluss auf die Heterogenität des Materials (vergl. Kap. 4.2.1), bei einer breiten Streuung der Partikelmassen würde man bei Verwendung der Durchschnittsmasse die notwendige Probenmasse daher stark unterschätzen.

Wie die Bestimmung der Kupferträger im Schutt des abgerissenen Hauses zeigt, ist eine genaue Bestimmung solcher Anteile durch Probenahme und Analyse der Proben nicht immer möglich, da die erforderlichen Probenmassen der Gesamtmasse des zu untersuchenden Materials bereits nahekommen können. Betreffend Kabel und anderer linearer Gegenstände, die schlecht von Prallmühlen zerkleinert werden (generell elastisches, schlagfestes Material) wurde beobachtet, dass sich diese bei Aufbereitungsanlagen mit Siebung und Rückführung des Überkorns in die Mühle im Rückstrom anreichern. Es wäre zu prüfen, ob die „großen“ d.h. für Heterogenität und Konzentrationsbeitrag relevanten Partikel nicht quantitativ abgetrennt werden könnten.

4.5.4.2 Beprobung

Bei der Beprobung der Outputflüsse einer Aufbereitungsanlage sind die Grundsätze der korrekten Probenahme (vergl. [Gy, 1992]) einzuhalten. Der wesentlichste Punkt ist, dass ausschließlich aus dem Materialstrom beprobt werden darf. Dazu kann entweder aus dem fallenden Gutstrom bei einem Bandabwurf beprobt werden oder von einem angehaltenen Förderband. Bei der Beprobung beim Abwurf muss der gesamte Strom erfasst werden. Der Materialstrom muss mit dem Probenahmebehälter durchfahren werden. D. h. wird der Behälter von vorne in den Strom eingebracht, so muss er nach hinten weg aus dem Strom genommen werden (andernfalls sind die am Förderband zu oberst liegenden Gemengeteile, das sind häufig „leichte“ Materialien wie Holz oder Kunststoffe) in der Probe überrepräsentiert. Wird der Behälter von links eingeführt, ist er nach rechts zu herauszubewegen. Der Behälter darf nicht voll werden, bevor er den Gutstrom verlassen hat. Ist der Strom breiter als der Behälter, so kann man korrekt beproben, indem man den Behälter mit konstanter Geschwindigkeit durch den Gutstrom bewegt.

Ein händisches Aussortieren von leicht erkennbaren „kritischen“ Partikeln im laufenden Betrieb ist aufgrund des hohen Durchsatzes von Baurestmassenaufbereitungsanlagen nicht möglich und sicherheitstechnisch bedenklich.

4.5.4.3 Probenaufbereitung und Analyse

Bei der Probenaufbereitung wird in den meisten Fällen eine Fraktionierung nach mechanischen Eigenschaften (Zerkleinerbarkeit) notwendig sein, da die Nebenbestandteile des Schutts wie Holz, Kunststoffe oder Metalle mit den quetschenden Zerkleinerungstechniken, wie sie für mineralisches Material ideal sind, nicht zerkleinert werden können. Allenfalls kann die Fraktionierung erleichtert werden, wenn eine quetschende Voraufbereitung vorgenommen wird (z. B. Brecher). Dabei werden die mineralischen Bestandteile selektiv zerkleinert, die Nebenbestandteile können nahezu quantitativ ausgesiebt werden. Die Fraktionen können mit den Standardtechniken der Laborprobenaufbereitung bearbeitet werden, wie auch die Proben aus einzelnen Bauteilen (siehe Kap. 4.5.1.3).

5 Schlussfolgerungen

Ein um 1900 errichtetes, mehrgeschossiges Wohnhaus besteht fast zur Gänze aus mineralischen Baustoffen und zu einem sehr geringen Teil aus Holz. Der Kupferanteil ist verschwindend gering.

Das untersuchte Wohnhaus bestand zu 94 % aus mineralischen Baustoffen (Natursteine, Ziegel) und zu 5 % aus Holz, wovon der überwiegende Teil (>90 %) unbehandeltes Holz war. Die Kupferfracht war verschwindend gering. In dem Haus befanden sich knapp 10 kg metallisches Kupfer. Die letzten Anpassungen der Haustechnik an den Stand der Technik wurden in den 30er Jahren vorgenommen. Durch diese minimale elektrische und sanitäre Ausstattung und das Fehlen einer Zentralheizung waren unterdurchschnittliche Mengen an Kupfer im Gebäude enthalten.

Praktisch das gesamte Haus wurde geschreddert und vor Ort im Landschaftsbau verwertet. Ausgeschleust wurde nur Holz und Dachziegel. Es wurden keine relevanten Mengen an Schadstoffen bzw. Wertstoffen ausgeschleust und auch keiner Deponie oder einem Recycling zugeführt.

Beim Rückbau und beim Abbruch wurde ein Großteil des Holzes entfernt. Das unbehandelte Holz wurde einer thermischen Verwertung zugeführt. Eine ursprünglich während der Abbrucharbeiten separierte Eisenfraktion wurde vor Ort verschüttet und damit ein Recycling verhindert. Mit einer mobilen Aufbereitungsanlage wurde das Abbruchmaterial für den Einsatz im Landschaftsbau zerkleinert.

Die Möglichkeiten und Grenzen der Methodik zur Bilanzierung von Gebäuden wurde getestet. Die entwickelte Methodik hat sich für die bauteilweise Aufnahme eines Gebäudes und für die Bilanzierung ausgewählter Baumaterialien bewährt. Die Erfahrungen wurden in einer „Toolbox“ zusammengefasst.

Die Beprobung und Analyse einzelner Bauteile vor dem Abbruch liefert notwendige Daten für die Bilanzierung. Die Beprobung des Outputs der mobilen Aufbereitungsanlage liefert wenig verlässliche Daten über die Zusammensetzung des ursprünglichen Gebäudes. Wertstoffe sind durch Einzelproben praktisch nicht zu quantifizieren. Die Analyse der Zusammensetzung der Baustoffe nach ausgewählten Gütern kann mit einem vertretbaren Aufwand durchgeführt werden. Die Erweiterung um stoffliche Informationen erhöht den Analyseaufwand erheblich. Die Ergebnisse wurden in einer Toolbox zusammengefasst. Sie zeigt, welche Rahmenbedingungen bei Probenahme, -aufbereitung und -auswertung zu beachten sind.

Durch eine Analyse des aufbereiteten Abbruchmaterials ist eine quantitative Bestimmung der Metalle nicht möglich. Die Heterogenität der metallischen Kupferträger übersteigt jene natürlicher Edelmetallerze bei weitem. Durch die untersuchte mobile Anlage werden Wert- und Schadstoffe nicht abgeschieden.

Die stückig und in geringer Menge vorliegenden Wertstoffe sind nach dem Abbruch durch Probenahme und Analyse kaum zu quantifizieren. Die Heterogenität bezüglich der metallischen Kupferträger übersteigt mit 15.000 kg die Heterogenität natürlicher Edelmetallerze um einige Zehnerpotenzen. Die genaue Bestimmung des Anteils von metallischem Kupfer im Schutt bedingt bei dieser Heterogenität eine Analyse der Gesamtmasse. Eine Alternative zur Analyse über die Gebäudeaufnahme kann daher nur eine maschinelle Abtrennung dieser Gemengeteile sein.

Eine Aussortierung der Baustoffe beim Abbruch selbst ist möglich und neben dem Rückbau gegenwärtig die einzige effiziente Möglichkeit zur Abscheidung von Wert- und Schadstoffen.

Eine Identifizierung und Abtrennung der Schad- und Wertstoffträger ist im stehenden Gebäude bzw. während des Abbruchs besser möglich. Bei Bauwerken, die um die Jahrhundertwende errichtet wurden, ist das Aussortieren einzelner Materialklassen – hier Metall und Holz – durch einen gezielten Einsatz der Abbruchmaschinen während des Abbruchs ohne größeren Zeitverlust möglich. Nur bei den Rückbauarbeiten vor den Abbruch und dem Abbruch selbst wurden Baumaterialien für die getrennte Entsorgung bzw. Verwertung gewonnen. Der Holzanteil in den Baurestmassen kann durch einen Ausbau der Tür- und Fensterstöcke weiter reduziert werden. Im abgebrochenen Material erfordert die Abtrennung dieser Wertstoffe das Umsetzen des gesamten Abbruchs. Durch die Konzentration auf die Entfernung der größten Stücke kann ein wesentlicher Teil der im Bauwerk enthaltenen Wertstofffracht erfasst werden. Die Abtrennung von Holz und anderen Leichtstoffen sowie Kabeln und Rohren ist nur durch eine weitergehende mechanische Aufbereitung des Schutts mit einer aufwändiger ausgestatteten Aufbereitungsanlage möglich.

Die Untersuchung der mobilen Aufbereitungsanlage lieferte Mindestanforderungen für die Beprobung von stationären Anlagen.

Die für die Aufbereitung des Abbruchmaterials eingesetzte mobile Aufbereitungsanlage lieferte außer Eisenschrott und dem entschrotteten Schutt keine weitergehend aufbereiteten Fraktionen. Die Untersuchungen können daher nicht als Vorlage für die Bilanzierung einer stationären Anlage, die Recyclingbaustoffe in verschiedenen Kornklassen erzeugt, dienen. Andererseits stellt die Analyse des unklassierten Materials die höchsten Anforderungen an Probenahme und Probenaufbereitung. Die gemessenen Streuungen und Heterogenitäten können daher als „worst case“- Daten für eine Probenahmeplanung an einer stationären Anlage herangezogen werden.

Die bauteilweise Aufnahme von Kubaturen und Bestandteilen eines Objektes ist einfach möglich. Die Erweiterung zu einer Darstellung nach Gütern und Stoffen kann umfangreiche Analysen erfordern.

Es wurden erste Erfahrungen über die Aufnahme eines Gebäudes und die Beprobung einzelner Bauteile in einem sehr heterogenen Objekt gesammelt. Die bauteilweise Aufnahme der Kubaturen eines Objekts, von dem kaum Unterlagen vorhanden sind, ist mit vertretbarem Aufwand möglich. Für die Bestimmung des Aufbaus der Bauteile ist deren teilweise Zerstörung bei der Aufnahme notwendig. Eine Beobachtung des Abbruchs kann ergänzende qualitative und quantitative Informationen liefern.

Die Aufnahme und Auswertung größerer Objekte benötigt eine Unterstützung durch passende EDV-Tools. Damit kann der Gehalt an Wertstoffen mit höherer Genauigkeit quantifiziert werden.

Die Verwendung von Excel war für die Auswertung und Darstellung dieses Objekts ausreichend. Für den Einsatz bei größeren Objekten ist es erforderlich, spezielle Programme aus der Architektur und der Bauplanung für eine effiziente Auswertung der Daten zu evaluieren. Damit ist eine rasche Beurteilung des Objektes bezüglich der enthaltenen Menge an Wertstoffen auf Grundlage von Messdaten möglich. Es ist zu erwarten, dass Wertstoffe rechnerisch effizienter quantifiziert werden können als durch die Analyse des Abbruchmaterials.

6 Literatur

BGBl 102 (2002) Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002). 02.11.2002.

BGBl 164 (1996) Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung). 10.04.1996.

BGBl 259 (1991) Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien. (Baurestmassentrennverordnung). 01.01.1993.

BGBl II 49 (2004) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Deponieverordnung geändert wird. 23.01.2004.

BGBl II 618 (2003) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht für Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2003).

BGBl. Nr. 259/1991 (1991) Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien (Baurestmassentrenn-VO). 1.1.1993.

BMLFUW (2006) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.

Daxbeck, H.; Stockinger, M.; Brandt, B. (2006) Beitrag der Abfallwirtschaft zum Kupferhaushalt Österreichs. Projekt ABASG III - Kupfer. Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.

Gy, P. M. (1992) Sampling of Heterogeneous and Dynamic Material Systems - Theories of Heterogeneity, Sampling and Homogenising. Hrsg. von Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

Inka software; Cencic, O. (2007) STAN - Software für Stoffflussanalyse. Vers. 1.1.3. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft. TU Wien.

ÖN S 2100 (1997) Abfallkatalog gemäß ÖNORM S 2100 (Stand 2004). 15.06.2005.

Reisinger, H.; Krammer, H. J. (2006) Abfallvermeidung und -verwertung in Österreich. Materialienband zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt. Wien.

Scheibengraf, M.; Reisinger, H. (2005) Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen. Detailstudie zur Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt. Wien.

Skutan, S.; Brunner, P. H. (2005) Stoffbilanzen mechanisch-biologischer Anlagen zur Behandlung von Restmüll. Projekt SEMBA. Endbericht. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.

7 Anhang

Projekt V-EnBa
Gebäudeaufnahme Eisenerz

Raum Nummer:
Seite von

Foto Nr: von bis (nur bei Seite 1 notwendig)
alle Maße in [cm]

Datenaufnahme RAUM

Blatt Nr: von

Abmessungen: im Plan eintragen, kontrollieren

Ausstattung:

(1) Elektroinstallationen

(2) Wasserinstallationen

(3) Heizungsinstallationen

(4) Abwasserinstallationen

(5) Bodenbeläge

(6) Wandbeläge

(7) Fenster

(8) Türen

(9) sonstige Ausstattung

(10) vermutlich entfernte Teile (z.B. Fensterflügel, Türblätter, Wand- u. Bodenbeläge)

Nr	Beschreibung (was, woraus, eingebaut in Bauteil Nr)	Maße, Dimension [cm, m ²] (Querschnitt, Länge, Fläche)

Abbildung 7-1: Formular zur Aufnahme eines Raums (Vorderseite)

Nr	Beschreibung (was, woraus, eingebaut in Bauteil Nr)	Maße, Dimension [cm, m ²] (Querschnitt, Länge, Fläche)

Abbildung 7-2: Formular zur Aufnahme eines Raums (Rückseite)

Projekt V-EnBa

Gebäudeaufnahme Eisenerz

Raum Nr:

Seite von

Foto-Liste

Foto Nr	Bauteil Nr	Bemerkung

Abbildung 7-3: Fotoliste für die Zuordnung der Aufnahmen zu den Objekten