

# DIPLOMARBEIT

Master Thesis

## **Aufbereitung von Baurestmassen im Hochbau – Planung und Dimensionierung der Einrichtungen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald GOGER**

und

**Univ.Ass. Dipl.-Ing. Lukas STEINSCHADEN**

E234-1

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Philipp KOGLER, BSc.**

0527003

7371 Oberrabnitz  
Marienfeldgasse 5

## Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>V</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1 Forschungsfrage und Zielsetzung .....	1
1.2 Aufbau der Arbeit .....	1
<b>2 ALLGEMEINES UND GRUNDLAGEN</b> .....	<b>2</b>
2.1 Grundsätze der Abfallwirtschaft.....	2
2.1.1 Abfallvermeidung.....	2
2.1.2 Wiederverwendung .....	2
2.1.3 Recycling.....	3
2.1.4 Abfallverwertung.....	3
2.1.5 Abfallbeseitigung .....	3
2.1.6 Lagerung und Behandlung .....	3
2.1.7 Sonstige Verwertung .....	4
2.2 Abfallvermeidung im Hochbau.....	4
2.2.1 Begriffsbestimmungen.....	4
2.2.2 Nachhaltige Gebäude.....	4
2.3 Baurestmassenrecycling .....	9
2.3.1 Begriffsbestimmung.....	9
2.3.2 Materialien.....	11
2.3.3 Richtlinie für Recycling-Baustoffe .....	13
2.3.4 Rückbau.....	15
2.3.5 Lagerung von Baurestmassen.....	15
2.4 Gesetze, Verordnungen und rechtliche Rahmenbedingungen.....	17
2.4.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 .....	17
2.4.2 Recycling-Baustoffverordnung.....	24
2.4.3 Abfallnachweisverordnung 2003.....	24
2.4.4 Deponieverordnung.....	24
2.4.5 Altlastensanierungsgesetz.....	25
2.4.6 Kontaminierte mineralische Baurestmassen.....	25
<b>3 AUFBEREITUNGSANLAGEN</b> .....	<b>26</b>
3.1 Mobile Aufbereitungsanlagen.....	27
3.2 Semimobile Aufbereitungsanlagen.....	28
3.3 Stationäre Aufbereitungsanlagen .....	29
3.4 Zerkleinerungsanlagen.....	30
3.4.1 Brecher .....	31
3.4.2 Mühlen .....	35
3.5 Trennung von Fremdstoffen .....	35
3.5.1 Trockenverfahren .....	35
3.5.2 Nassverfahren (Nasssichter) .....	36

3.5.3	Magnetabscheider .....	37
3.6	Klassierungsanlagen .....	38
3.6.1	Siebanlagen .....	39
3.7	Platzinfrastruktur .....	41
3.7.1	Platzbefestigung .....	41
3.7.2	Platzentwässerung .....	42
3.7.3	Eingangskontrolle .....	42
3.7.4	Materialsortendifferenzierung .....	42
3.7.5	Radwaschanlage .....	42
3.7.6	LKW-Dusche .....	42
3.7.7	Sicherstellungsflächen .....	42
3.7.8	Betankungsanlage .....	43
3.7.9	Verkehrsführung .....	43
3.7.10	Immissionsschutz .....	43
3.7.11	Sicht- und Lärmschutzwall .....	44
3.7.12	Druckluftversorgung .....	44
3.7.13	Stromversorgung .....	44
3.7.14	Arbeiterschutz .....	45
3.8	Einsatzgebiete der Aufbereitungsanlagen .....	45
3.8.1	Einsatzgebiet – mobile Aufbereitungsanlagen .....	45
3.8.2	Einsatzgebiet – stationäre Aufbereitungsanlagen .....	45
3.9	Genehmigungsverfahren für Aufbereitungsanlagen .....	46
3.9.1	Genehmigung – mobile Aufbereitungsanlagen .....	48
3.9.2	Genehmigung – stationäre Aufbereitungsanlagen .....	49
3.10	Prüftechnische Voraussetzungen .....	51
3.10.1	Eigenüberwachung .....	51
3.10.2	Fremdüberwachung .....	51
<b>4</b>	<b>KOSTEN .....</b>	<b>52</b>
4.1	Kosten aus Sicht des Betreibers einer stationären Anlage .....	53
4.1.1	Investitionskosten – stationäre Aufbereitungsanlage .....	54
4.1.2	Betriebskosten – stationäre Aufbereitungsanlage .....	55
4.1.3	Kostenverteilung .....	60
4.1.4	Parameter für Kostenänderungen .....	62
4.2	Kosten aus Sicht einer Verleihfirma von mobilen Anlagen .....	67
4.3	Kosten aus Nutzersicht .....	70
4.3.1	Kosten bei einer Aufbereitung mittels stationärer Anlage aus Nutzersicht .....	70
4.3.2	Kosten bei einer Aufbereitung mittels mobiler Aufbereitungsanlage aus Nutzersicht .....	72
<b>5</b>	<b>DIMENSIONIERUNGSANSÄTZE .....</b>	<b>78</b>
5.1	Rückbauplanung .....	78
5.2	Abbruch und Entsorgungskonzept .....	79
5.2.1	Abbruch .....	79
5.2.2	Materialabhängigkeit .....	81
5.2.3	Auswahl der Abbruch- und Transportgeräte .....	81
5.3	Abfallmengenberechnung .....	82

5.4	Dimensionierungskriterien für Aufbereitungsanlagen .....	84
5.4.1	Dimensionierungskriterien für stationäre Anlagen.....	85
5.4.2	Dimensionierungskriterien für mobilen Anlagen.....	86
5.4.3	Auswahl nach dem Einsatzgebiet.....	89
5.4.4	Einrichtungen für stationäre Anlagen.....	90
5.4.5	Einrichtungen für mobile Anlagen.....	91
5.5	Materialflüsse.....	91
5.5.1	Annahme der Baurestmassen .....	91
5.5.2	Abgabe des Sekundärmaterials.....	92
5.6	Gewinnorientierte Anlagenkonfiguration für mobile und stationäre Anlagen .....	92
<b>6</b>	<b>FALLBEISPIELE .....</b>	<b>94</b>
6.1	Abbruch .....	94
6.1.1	Mengenberechnung .....	94
6.1.2	Abbruchkosten .....	95
6.2	Erlöse aus Altmetall .....	97
6.3	Aufbereitungskosten .....	99
6.3.1	Mobile Aufbereitung .....	99
6.3.2	Stationäre Aufbereitung.....	102
6.4	Transportkosten .....	102
6.5	Fall 1 – Transport der Baurestmassen zur Aufbereitungsanlage mit Wiederverwendung des Sekundärmaterials am Aufbereitungsort.....	103
6.5.1	Rahmenbedingungen .....	103
6.5.2	Mobile Aufbereitung .....	106
6.5.3	Stationäre Aufbereitung.....	108
6.6	Fall 2 – Aufbereitung vor Ort mit Wiederverwendung des Sekundärmaterials .....	109
6.6.1	Mobile Aufbereitung .....	109
6.6.2	Stationäre Aufbereitung.....	110
6.7	Fall 3 – Aufbereitung mit anschließendem Verkauf des Sekundärmaterials .....	110
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND GEGENÜBERSTELLUNG.....</b>	<b>112</b>
7.1	Menge der aufzubereitenden Baurestmassen .....	113
7.2	Betriebskosten der Aufbereitungs-, Beschickungs- und Transportgeräte.....	113
7.3	An- und Abtransport der Baurestmassen bzw. des Sekundärmaterials von und zum Aufbereitungs- bzw. Einbauort .....	113
7.4	Wiederverwendung und Verkauf des Sekundärmaterials .....	113
7.5	Gegenüberstellung von stationären und mobilen Anlagen anhand einflussreicher Parameter .....	114
<b>8</b>	<b>ABKÜRZELVERZEICHNIS.....</b>	<b>115</b>
<b>9</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>116</b>
<b>10</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>117</b>
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>119</b>

## Danksagung

Ich weiß, dass ich mein Diplom heute nicht in den Händen halten könnte, wenn es nicht viele Menschen um mich herum gäbe, die mich immer unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Daher möchte ich mein Diplom zum Anlass nehmen, und mich bei einigen Menschen besonders bedanken. Bei Herr Professor Jodl, Herr Professor Goger und meinem Assistenten Lukas Steinschaden, die mich während des Schreibprozesses meiner Diplomarbeit begleitet und mich mit zahlreichen Tipps und Anregungen und noch mehr Geduld unterstützt haben.

Bei meiner Freundin Tamara, die mir eine wertvolle nervliche Stütze und stets zur Stelle war wenn ich Motivation und Hilfe benötigte.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern, Maria und Josef Kogler bedanken. Ich danke euch, dass ihr mich bei meinen Entscheidungen im Leben unterstützt! Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Freunden für starken emotionalen Rückhalt und den Spaß über die Dauer meines Studiums bedanken.

Schlussendlich möchte ich mich bedanken, dass ich die Möglichkeit hatte an der TU–Wien mein Studium zu absolvieren. Diese Umgebung hat mich fachlich und menschlich sehr geprägt. Dafür bin ich besonders dankbar.

*„You make a choice in your life, and it affects your life in all the ways, good and bad.“*

*John Mayer*

## Kurzfassung

Die Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen im Hochbau gewinnt in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung. Umweltschutz und Nachhaltigkeit werden immer wichtiger und sind auch aus wirtschaftlichen Blickwinkeln interessant. Zum einen wird darauf geachtet keine Ressourcen zu verschwenden, zum anderen will man gewinnorientiert agieren. Diese beiden Ansichten treffen bei der Aufbereitung aufeinander. Erstrebenswert ist ein ökologischer und ökonomischer Umgang mit den anfallenden Baurestmassen.

Diese Arbeit behandelt Aufbereitungsanlagen für mineralische Baurestmassen. Es werden verschiedene Aufbereitungsverfahren, deren Funktionsweise, gesetzliche Rahmenbedingungen, Dimensionierung der Einrichtungen und entstehende Kosten und Erlöse behandelt. Dabei wird detailliert auf die Wahl der Anlagen und deren Einrichtungen eingegangen. Im ersten Kapitel werden Forschungsfrage, Zielsetzung und Aufbau der Arbeit erläutert. Weiters wird ein Überblick über die zu behandelnden Materialien, gesetzliche Rahmenbedingungen und Fachbegriffe geschaffen. Das darauf folgende Kapitel behandelt die Funktionsweisen der Aufbereitungsanlagen, deren Einrichtungen und Informationen über diverse Genehmigungsverfahren und das vorgesehene Errichtungs- oder Einsatzgebiet. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf dem Vergleich von stationären und mobilen Aufbereitungsanlagen. Im vierten Kapitel werden anfallende Kosten behandelt. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf Anschaffungs-, Betriebs- und Mietkosten. Es werden die entstehenden Kosten einer mobilen bzw. stationären Aufbereitungsanlage behandelt. Weiters wird die Entwicklung der Kosten unter Beachtung einflussreicher Parameter analysiert und interpretiert. Die Ergebnisse zeigen, welche Anlagenarten welche Kosten mit sich bringen und wie diese beeinflusst werden können. Im Folgenden werden die Dimensionierungsansätze für eine Aufbereitungsanlage behandelt. Es wird aufgezeigt, welche Menge an Baurestmassen bei welchen Bauwerksdimensionen anfallen, welche Rückbauvarianten die Aufbereitung der Baurestmassen erleichtert und welche Anlagentypen für welches Szenario am effektivsten arbeiten. Auf Basis der bis dort erlangten Informationen werden Fallbeispiele behandelt, die verschiedene Anlagentypen und Produktverwertungen simulieren. Zusammenfassend werden die Forschungsergebnisse gegenübergestellt. Auf Basis dieser Ergebnisse können Aussagen über die Wahl der Anlagen im Bezug auf Einsatzgebiet, Materialqualität und Projektplanung getroffen werden. In der Schlussfolgerung wird ersichtlich, dass die Wahl des Aufbereitungsverfahrens, die aufzubereitende Menge, Transportweg und das Einsatzgebiet die maßgebenden Einflussfaktoren sind. Diese unterschiedlichen Parameter verlangen projektspezifische Herangehensweisen, sowie angepasste Einrichtungen, Personal und Gerätschaften.

## Abstract

The treatment of mineral building materials in building construction is a major issue in this day and age. Environmental protection, recycling and sustainability are becoming more and more important. This is also from an economic point of view important. On the one hand, care is taken not to waste resources; on the other hand we want to act profit-oriented. These two factors are related to each other during the preparation process. An ecological and economical management of the building construction masses is an endeavor.

This work deals with treatment plants for mineral building materials. Various treatment procedures, their function, legal framework conditions, dimensioning of facilities and resulting costs and revenues are dealt with. Details of the choice of processing plants and their facilities are given. The first chapter deals with the research question, objectives and structure of the work. Furthermore, an overview of the materials to be treated, the legal framework and technical terms are provided. The following chapter covers the functions of processing plants, their facilities and information on various approval procedures and the intended deployment or application area. The main focus is on the comparison of stationary and mobile processing systems. In the fourth chapter, the costs are dealt with. The main focus is on acquisition, operating and rental costs. The resulting costs of a mobile or stationary processing plant are dealt with. Furthermore, the development of the costs is analyzed and interpreted with regard to influential parameters. The results show which types of plants involve, which costs and how these can be minimized. The following chapter describes approaches for dimensioning a processing plant. It is recorded which quantity of building blocks are given for which building dimensions. Which reconstruction variants facilitate the preparation of the building remnants, and which types of plants are most effective for which scenario. Bases on the obtained information up to this point, case studies are treated which deal with various types of plants and product evaluations. After that, the research results are summarized. On the basement of these results it is possible to make statements about the choice of the plants in terms of the application area, material quality and project planning. These conclusions shows that the choice of the preparation process, the quantity to be treated, the transport route and the area of application are the most important parameters for project management. These different influencing factors require an individual approach for each project, different installations, as well as facilities, personnel and equipment adapted to the project.

# 1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Ein Großteil der entstehenden Abfälle im Hochbau sind Baurestmassen. In der heutigen Zeit werden vorwiegend noch immer primäre mineralische Rohstoffe eingesetzt, wo hochwertige Recyclingbaustoffe ebenbürtige oder sogar bessere Eigenschaften haben würden. Um Baurestmassen wirtschaftlich und ökologisch weiterverarbeiten zu können bedarf es einer wohlüberlegten Aufbereitungs- und Recyclingstrategie, technisches und praktisches Know-how, sowie detailliertes Wissen über die verwendeten Materialien.

Im Kern dieser Arbeit werden die verschiedenen Aufbereitungstypen analysiert und gegenübergestellt. Aus unterschiedlichen Blickwinkeln und durch modellierte Szenarien werden die verschiedenen Einflussfaktoren und Parameter abgearbeitet und interpretiert. Schlussendlich werden diese analysiert und die Rentabilität und Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anlagen dargestellt.

## 1.1 Forschungsfrage und Zielsetzung

Welche Arten der Aufbereitung gibt es und welche Parameter sind bei Auswahl und Dimensionierung der Anlagen und deren zugehörigen Einrichtungen relevant? Ziel dieser Arbeit ist es einen Überblick über die verschiedenen Aufbereitungstechniken und Anlagen zu schaffen. Weiters sollen die verschiedenen Parameter die für die Kalkulation und die Dimensionierung relevant sind, anschaulich und übersichtlich dargestellt werden. Am Ende dieser Arbeit soll es möglich sein, bei der Planung und Dimensionierung der Aufbereitungsanlagen und deren zugehörigen Einrichtungen, ökologisch und wirtschaftlich agieren zu können.

## 1.2 Aufbau der Arbeit

Im zweiten Kapitel werden Grundbegriffe und Grundlagen die zum weiteren Verständnis notwendig sind erklärt. Weiters werden rechtliche und gesetzliche Grundlagen, welche bei der Genehmigung eine große Rolle spielen, behandelt. Im dritten Kapitel werden die verschiedenen Aufbereitungstechniken, welche bei der Baurestmassenaufbereitung hauptsächlich angewendet werden erklärt. Des Weiteren werden die zusätzlichen Einrichtungen die für die Aufbereitung und Verarbeitung notwendig sind angeführt. In den Kapiteln vier und fünf wird der wirtschaftliche Faktor in den Fokus gerückt. Es werden die anfallenden Kosten, die Erträge und die Dimensionierungsparameter behandelt. Anschließend werden Fallbeispiele angeführt, welche bei der Gegenüberstellung verschiedener Systeme und Anlagen helfen und eine Schlussfolgerung ermöglichen.



## 2 ALLGEMEINES UND GRUNDLAGEN

In diesem Kapitel werden diverse Grundlagen und Hintergründe erklärt, die bei der Nutzung von Aufbereitungsanlagen relevant sind. Es soll verständlich gemacht werden, wie man die aufzubereitenden Baurestmassen gewinnt und wie die Vorgänge von der Planung des Abbaus bis hin zur Aufbereitung und Wiederverwendung funktionieren.

### 2.1 Grundsätze der Abfallwirtschaft

Die Grundsätze der Abfallwirtschaft setzen sich aus einer fünfstufigen Abfallhierarchie zusammen, siehe Abbildung 1.<sup>1</sup>

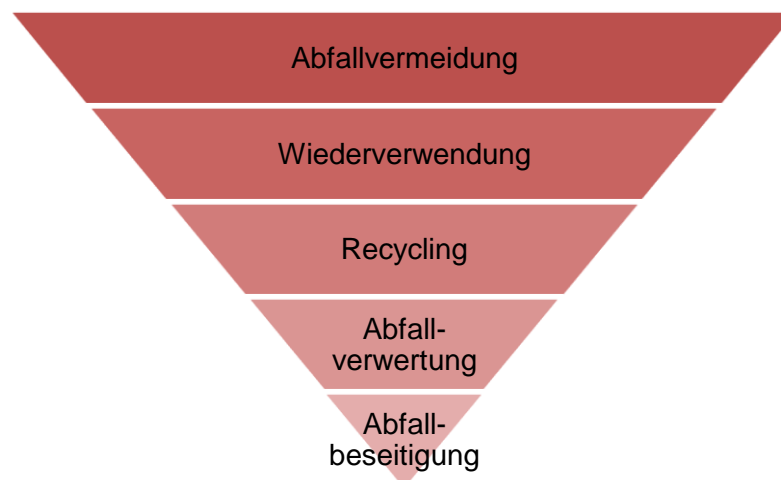


Abbildung 1: Grundsätze der Abfallwirtschaft<sup>2</sup>

#### 2.1.1 Abfallvermeidung

Die Abfallmengen und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten. Bei der Vermeidung von Abfallentstehung kann das auf zwei verschiedenen Herangehensweisen geschehen:

- Quantitativ
- Qualitativ

#### 2.1.2 Wiederverwendung

Wiederverwendung bedeutet, Bauteile oder Baustoffe ohne großen Aufbereitungsaufwand wiederverwenden zu können. Beim Abbruch eines Gebäudes ist darauf zu achten die Kosten niedrig zu halten und das anfallende Material zu einem Maximum wiederzuverwenden. Durch die Wiederverwendung können unnötige oder vermeidbare Kosten eingespart werden.

<sup>1</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 9

<sup>2</sup> Vgl. GESTRATA: <http://www.gestrata.at/publikationen/archiv-beitraege/gestrata-journal-136/umwelttechnische-aspekte-im-strassenbau>; Zugriff am 11.5.2015

### 2.1.3 Recycling

Der Begriff Recycling bedeutet „Wiederaufbereitung“ von Abfallprodukten bzw. die verschiedenen aufzubereitenden Materialien werden zu Sekundärrohstoffen.

Die Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten werden in Zukunft durch die heute eingesetzten Baustoffe geprägt. Es sollte darauf geachtet werden, dass Baustoffe entwickelt werden, die im gesamten Lebens- und Erzeugungszyklus ein Emissionsminimum an den Tag legen. Zudem sollten sie leicht trenn- und wiederverwertbar sein. Aus bautechnischer Sicht sollten Verbundbaustoffe so gut es geht vermieden werden. Es sei denn sie können ohne aufwendige Behandlung wiederverwendet werden. Eine andere Möglichkeit sind leicht lösbar-Verbindungen. Im Bezug auf die spätere Entsorgung und Verwertung spielt dabei auch die Auswahl der Verbindungsart (punktuell und flächenhaft) eine große Rolle. Im Allgemeinen ist eine Minimierung der Verbundbauteile anzustreben. Dadurch können die Aufwände bei Abbruch, Wiederverwertung und Recycling gering gehalten werden.<sup>3</sup>

### 2.1.4 Abfallverwertung

Abfälle sind, soweit es ökologisch und technisch möglich ist, wiederzuverwerten und die dabei entstehenden Mehrkosten sind gering zu halten. Werden Baurestmassen stofflich genutzt oder verbaut, dann spricht man von Verwertung. Zu der Abfallverwertung zählen die Vorbereitung zur Wiederverwendung, der Wiedereinbau und sonstige Verwertungen einschließlich aller Vorbehandlungsmethoden.<sup>4</sup>

### 2.1.5 Abfallbeseitigung

Abfälle die nicht wiederverwertet werden können sind je nach Beschaffenheit mit einem biologischen, mechanischen oder einem chemischen Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände müssen ordnungsgemäß und reaktionsarm gelagert werden (z.B. Deponierung, Kompostierung).<sup>5</sup>

### 2.1.6 Lagerung und Behandlung

Laut §1 des Abfallwirtschaftsgesetzes ist die Lagerung, Sammlung, Beförderung und die Behandlung im öffentlichen Interesse als Abfall erforderlich, wenn

- die Gesundheit des Menschen,
- die Lebensbedingungen für Flora und Fauna,
- die nachhaltige Nutzung von Wasser und Boden und

---

<sup>3</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 66

<sup>4</sup> Vgl. Lippok Korth: Abbrucharbeiten- Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung; 2007; Seite 24

<sup>5</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 52-57

- die öffentliche Ordnung und Sicherheit beeinträchtigt werden kann.<sup>6</sup>

### 2.1.7 Sonstige Verwertung

Zu der sonstigen Verwertung werden Maßnahmen gezählt, die nicht in den oben genannten Punkten erwähnt werden, aber dennoch einer Verwertung entsprechen. Mögliche Arten sind die thermische Verwertung (Energiegewinnung), Deponierung oder der Verkauf.

## 2.2 Abfallvermeidung im Hochbau

In den letzten Jahrzehnten wurde in allen Bereichen der Baubranche verstärkt auf die Abfallvermeidung und -verwertung geachtet und diese auch zum Teil gesetzlich verankert.

### 2.2.1 Begriffsbestimmungen

Die folgenden Begriffe werden häufig in Verbindung mit nachhaltigem Bauen verwendet:<sup>7</sup>

- **Nachhaltiges Bauen**

Bedeutet mit Energie und Rohstoffen ökologisch umzugehen und diese durch die Bauweise effizient auszunützen.

- **Emissionsreduktion/Schadstoffreduktion**

Die Luftemissionen und klimarelevanten Gasen sind so gering wie möglich zu halten.

- **Ressourcenschonung**

Mit den Ressourcen der Natur schonend umgehen.

- **Ökoeffizienz und Ökosuffizienz**

Natürliche Energiequellen, Stoffströme positiv nutzen und künstliche, unökologische Energiequellen vermeiden.

- **Systemdenken im Bezug auf die Lebensdauer**

Ökologische Betriebsmethoden und Energieversorgungen bei der Planung von Bauwerken berücksichtigen und einbringen.

### 2.2.2 Nachhaltige Gebäude

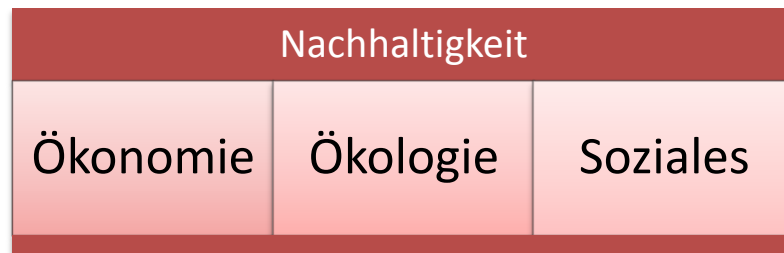
Bei der Errichtung von Gebäuden werden viele Materialien und viel Energie eingesetzt. Gebäude sind für die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs in der EU verantwortlich. Aus diesem Grund tragen alle die beim Bau involviert sind eine große Verantwortung. In Tabelle 1 sind die drei Säulen der Nachhaltigkeit aufgelistet.<sup>8</sup>

---

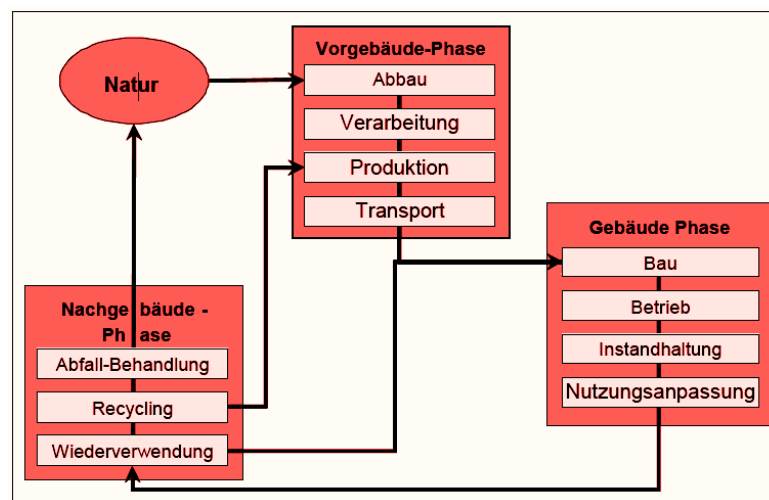
<sup>6</sup> Vgl. Abfallwirtschaftsgesetz; 2002; §1

<sup>7</sup> Vgl. Hubert Reisinger: Abfallvermeidung und -verwertung in Österreich; 2007; Seite 22-23

<sup>8</sup> Vgl. Magdalena Burghardt: Grundlagen für nachhaltiges Bauen; 2015; Seite 4

Tabelle 1: Drei-Säulen-Modell für Nachhaltigkeit<sup>9</sup>

Nachhaltige Gebäude definieren sich durch eine hohe ökologische, ökonomische und soziale Qualität. Diese bilden wie in Tabelle 1 ersichtlich ist die drei Hauptsäulen der Nachhaltigkeit. In Abbildung 2 ist der Kreislauf der Einflussfaktoren auf eine Gebäudeerrichtung, den Abbau und das Recycling bildlich dargestellt.

Abbildung 2: Abfallvermeidungs- und -verwertungsdiagramm<sup>10</sup>

In Abbildung 2 sind die Zusammenhänge zwischen Natur und den verschiedenen Gebäudephasen zu sehen. Die drei Phasen eines Gebäudes sind hier im Detail dargestellt. Die „Gebäudephase“ beschreibt den Bau und die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes solange es in Betrieb ist. Die „Nachgebäudephase“ zeigt den Rückbau, die Behandlung der Baurestmassen, das Recycling und die Wiederverwertung. Nach dieser Phase werden die behandelten Baurestmassen mehr oder weniger der Natur zurückgegeben. Von dieser „Natur“ kann nun wieder Material zum Bau neuer Gebäude abgebaut, aufbereitet und gebaut werden.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Vgl. Magdalena Burghardt: Grundlagen für nachhaltiges Bauen; 2015; Seite 4

<sup>10</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 88

<sup>11</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 88

### 2.2.2.1 Grundlagen des nachhaltigen Bauens

Der Begriff der Nachhaltigkeit bedeutet, es kann nur so viel verbraucht werden, wie „nachwächst“. In der Bauindustrie bedeutet das, die Baumaterialien mit Bedacht einzusetzen, sowie die anfallenden Baurestmassen bei einem Rückbau so gut es geht wiederzuverwenden und in den nächsten Baukreislauf wieder einzubinden.<sup>12</sup>

Die Grundlagen des nachhaltigen Bauens sind von folgenden Punkten abhängig:<sup>13,14</sup>

- **Bauweise**

Die Bauweise eines Gebäudes spielt eine entscheidende Rolle. Durch die Art der Konstruktion können natürliche Energiequellen wie Licht und Sonne optimal genutzt werden.

- **Baustoffe**

Es sollten Baustoffe verwendet werden die wiederverwendbar sind oder recycelt werden können.

- **Wärmedämmung**

Eine optimale Wärmedämmung kann im Winter und im Sommer wertvolle Energie sparen. Im Winter sorgt sie dafür, dass mit minimalem Heizaufwand das Gebäude ihre Wärme lang hält und in den Sommermonaten schirmt sie die Außentemperatur ab.

- **Energieverbrauch**

Der Energieverbrauch wird durch die eben genannten Punkte beeinflusst.

- **Haustechnik und Wasserverbrauch**

Mit einer guten Haustechnik kann bei der Warmwassererzeugung oder der Heizung selbst die Energie optimal genutzt werden. Weiters kann man durch die Verwendung von Brauchwasser den Trinkwasserverbrauch erheblich reduzieren.

- **Beanspruchte Fläche/Flächennutzung**

Eine Verringerung der beanspruchten Fläche ist notwendig, da mit der zunehmenden Bebauung von Flächen der Verlust des natürlichen Lebensraumes für die Umwelt und damit das Artensterben einhergeht. Ebenso greift die Versiegelung von Flächen erheblich in den natürlichen Wasserhaushalt ein. Sie behindert die Grundwasserneubildung und steigert dadurch die Hochwassergefahr.<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 89

<sup>13</sup> Vgl. Martin Scheibengraf: Abfallvermeidung und -verwertung: Baurestmassen; 2005; Seite 89

<sup>14</sup> Vgl. Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3952.pdf>; Zugriff am 5.5.2015

<sup>15</sup> Vgl. Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3952.pdf>; Zugriff am 5.5.2015

- **Abfallaufkommen und umweltgerechte Entsorgung**

Ein Großteil des Gesamtabfallaufkommens von Baurestmassen stammt von Bau- und Abbruchabfällen. Um diesen Anteil zu minimieren und damit die negativen Effekte des Abfalls auf die Umwelt zu reduzieren, ist die Entwicklung von Konzepten für Mülltrennung, umweltgerechte Entsorgung und Recycling erforderlich. Sie ist ein wichtiger Bestandteil bei der Gebäudeplanung.

### 2.2.2.2 Wirtschaftliche Faktoren

Eine weitere wichtige Säule der Nachhaltigkeit bildet die Wirtschaftlichkeit. Die Optimierung des ökonomischen Aspektes in Anbetracht der Nachhaltigkeit bedeutet im Bereich des Bauens, dass alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes bei seiner ökonomischen Bewertung berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu konventionellen Planungs- und Bauweisen erfassen die Berechnungen nicht nur die Investitionskosten für den Bauprozess, sondern die Nutzungs- und Verwertungskosten des Gebäudes.

Die Lebenszyklusbetrachtung umfasst:<sup>16</sup>

- Kosten für die Herstellung des Gebäudes, einschließlich Grundstücks- und Planungskosten
- Baunutzungskosten
- Gebäude- und bauspezifische Kosten wie Reinigung, Pflege und Instandhaltung. Darin inbegriffen sind sowohl notwendige Verfahren für den Rückbau, als auch der Abtransport und die Entsorgung bzw. Wiederverwertung der Baurestmassen.

### 2.2.2.3 Abfallvermeidungs- und Verwertungsstrategie für Baurestmassen

Folgende Punkte helfen bei der Planung, Errichtung und bei der Nutzung von Gebäuden. Werden die folgenden Aufzählungen beachtet, kann ein Gebäude als nachhaltig bezeichnet werden:

- **Abfallvermeidung durch nachhaltiges Planen**

Beim Bau eines Gebäudes sollte das Hauptaugenmerk auf die nachhaltige Planung gerichtet werden. Dadurch kann Kapital gespart und durch die Nachhaltigkeit auch die Umwelt geschont werden. Zur Abfallvermeidung sind in der Planungsphase folgende Bereiche besonders zu beachten:<sup>17</sup>

- Werterhaltung des Bauwerks, Baustoffe usw.
- Abfallarm hergestellte Baustoffe und Recyclingmaterialien verwenden

---

<sup>16</sup> Vgl. Hubert Reisinger: Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Abfallvermeidung und -verwertung in Österreich; 2006; Seite 62 - 67

<sup>17</sup> Vgl. Barbara Bredenbals: Abfallvermeidung in der Bauproduktion; 1992; Seite 120

- Ökologische Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen

Für eine differenzierte Beschreibung dieser Schritte ist eine Unterscheidung der Planung von Neubaumaßnahmen, sowie Umbau, Sanierung und Rückbau empfehlenswert. Dabei ist eine gute Kenntnis der Umbau-, Sanierungs- und Rückbauabläufe bereits bei der Planung von Neubauten hilfreich.

- **Vermeidung von Verpackungsmaterial**

Verpackungsabfälle spielen selbst im Bereich der Bauabfälle eine große Rolle. Die Entsorgung von Verpackungsmaterial in falsche Sammelbehälter lässt sich nur selten vermeiden. Überflüssiges Verpackungsmaterial soll so gut es geht vermieden werden. (z.B. witterungsfeste Baumaterialien).<sup>18</sup>

- **Vermeidungs- und Verwertungsstrategien von Baustellenabfällen**

Um unnötige Abfälle vermeiden zu können und die Verwertung der Baustellenabfälle rasch durchführen zu können, sind folgende Punkte zu beachten:<sup>19</sup>

- Wiederverwendung von Bauteilen
- Umweltgefährdende Baustoffe und Baustoffverbindungen substituieren bzw. vermeiden
- Differenzierte Erfassung der verschiedenen Abfallfraktionen
- Baustellenseitige Trennung: Durch das Trennen der Baustellenabfälle von mineralischen Materialien auf der Baustelle, kommt es zu einer quantitativen Verbesserung des Bauschuttes, welcher einem effizienten Recycling unterzogen werden kann.
- Sortierinsel: Diese ist die umweltfreundlichste Entsorgungsvariante von Baustellenabfällen, entspricht den gesetzlichen Voraussetzungen der Trennung von Baurestmassen und ist bei einer getrennten Abgabe der Abfälle eine kostengünstige Entsorgungsoption. Im Regelfall stehen auf diesen Sortierinseln folgende Sammelstellen zur Verfügung:
  - Mineralische Abfälle
  - Holzabfälle
  - Metallabfälle
  - Styropor- und Kunststoffabfälle
  - Papier- und Kartonabfälle
  - Restmüll

---

<sup>18</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen; 1996; Seite 67

<sup>19</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen; 1996; Seite 62

## 2.3 Baurestmassenrecycling

Der Begriff Baurestmassenrecycling beschreibt die Wiederverwertung bzw. die Aufbereitung von Baurestmassen die während dem Bau oder dem Abbruch eines Gebäudes entstehen.

### 2.3.1 Begriffsbestimmung

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten Ausdrücke die beim Abbruch und der Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen vorkommen erklärt:<sup>20,21</sup>

- **Mineralischer Bauschutt**

Unter mineralischem Bauschutt versteht man die beim Bau und Abbruch anfallenden mineralischen Stoffe (Beton, Ziegel, Mörtel, Gips, Fliesen, Steinwolle, Eisen, Papier, Bitumen etc.).

- **Baustellenabfälle**

Unter Baustellenabfälle versteht man alle beim Abbruch oder bei der Errichtung anfallenden Stoffe (Holz, Farben, Lacke, Verpackungsmaterial, Kunststoffe etc.).

- **Baurestmassen**

Unter Baurestmassen versteht man jene Stoffe die beim Bau oder beim Abbruch eines Gebäudes anfallen. Baurestmassen im Hochbau können in folgende Untergruppen unterteilt werden:

- Mineralische Baurestmassen sind Materialien von Abbruchmaßnahmen und Restmaterialien von Neubauten die größtenteils aus mineralischen Stoffen bestehen (Betonabbruch, Aushubmaterial etc.).
- Nicht mineralische Baurestmassen sind Abfälle aus Neubauabbrüchen, die aus nicht mineralischen Stoffen bestehen (Holz, Metall, Kunststoff etc.).

- **Gefährliche Abfälle**

Darunter versteht man Abfälle, welche einer ordnungsgemäßen Behandlung mit besonderen Vorkehrungen unterzogen werden müssen.

- **Recycling**

Der Begriff Recycling steht für das Wiederverwerten bzw. Wiederverwenden von Abfällen, welche wiederum als Sekundärrohstoffe in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.

- **Abbruch**

Als Abbruch wird jede Abbruchtätigkeit bezeichnet, bei der Bau- oder Abbruchabfälle anfallen. Dazu werden auch ein Teilabbruch, Umbau, Renovierung, Reparatur, Sanierung und Abbauarbeiten gezählt.

---

<sup>20</sup> Vgl. Robert Rosenegger, Martin Car: Baurestmassen - Trennung auf der Baustelle; 2006; Seite 34-37

<sup>21</sup> Vgl. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212&FassungVom=2016-01-01>, Zugriff am 13.3.2017



- **Gering durchlässige, gebundene Deck- oder Tragschicht**

Darunter versteht man eine bindemittelgebundene Schicht (bituminöse oder hydraulische Bindung), welche das Durchsickern von Niederschlag in die darunter liegenden Schichten weitgehend verhindert.

- **Hersteller von Recycling-Baustoff**

*Ist „ein Hersteller gemäß Artikel 2 Z 19 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG, ABl. Nr. L 88 vom 4.4.2011 S. 5, (im Folgenden: EU-Bauprodukte-Verordnung) einschließlich jeder natürlichen oder juristischen Person oder sonstigen Gesellschaft mit Rechtspersönlichkeit, die Recycling-Baustoffe auf der Baustelle zum Zweck des Einbaus in das jeweilige Bauwerk herstellt“<sup>22</sup>*

- **Natürliche Gesteinskörnung**

Als natürliche Gesteinskörnung bezeichnet man Gesteinskörnungen aus mineralischen Vorkommen, welche ausschließlich einer mechanischen Aufbereitung unterzogen wurden.

- **Recycelte Gesteinskörnung**

Als recycelte Gesteinskörnung bezeichnet man Gesteinskörnungen, die durch Aufbereitung von anorganischen Materialien, welches zuvor als Baustoffe eingesetzt war erzeugt werden.

- **Recycling-Baustoffe**

*Ist „eine aus Abfällen hergestellte natürliche, industriell hergestellte oder recycelte Gesteinskörnung, die gemäß der EU-Bauprodukte-Verordnung als Baustoff verwendet werden kann“<sup>23</sup>*

- **Rückbau**

Als Rückbau wird der Abbruch eines Bauwerks bezeichnet. Speziell dabei ist der Rückbau in umgekehrter Reihenfolge der Errichtung. Ziel dabei ist die Wiederverwendung, Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauteilen, oder das Recycling der beim Abbruch anfallenden Materialien. Um ein Entweichen von Schadstoffen zu verhindern, werden die verschiedenen Materialien getrennt.

- **Rückbaukundige Person**

Als rückbaukundige Person bezeichnet man eine natürliche Person, die eine bautechnische oder chemische Ausbildung besitzt. Außerdem besitzt diese Person Kenntnisse über Abbrucharbeiten, Abfall- und Bauchemie und abfallrechtlich relevante Bestimmungen.

---

<sup>22</sup> <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212&FassungVom=2016-01-01>; Seite 2; Zugriff am 13.3.2017

<sup>23</sup> <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212&FassungVom=2016-01-01>; Seite 2; Zugriff am 13.3.2017

- **Technisches Schüttmaterial**

Als technisches Schüttmaterial wird nicht gefährliches Aushubmaterial von bautechnischen Schichten wie Rollierung, Frostkörper und Drainageschichten, das unter Einhaltung bestimmter technischer Anforderungen (bestimmte Sieblinie) hergestellt wurde.

## 2.3.2 Materialien

Beim Abbruch, Rückbau oder beim Bau von Gebäuden oder Bauwerken fallen Materialien, die zur Weiterverwertung herangezogen werden können an. Die nachfolgenden Materialien bzw. Bauteile sind typische Abbruchabfälle im Hochbau. In Tabelle 2 werden Materialien und deren Anwendungsarten im Hochbau aufgelistet.

Beton	Glas	Holz	Stahl	Kunststoff	Keramik
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wände</li> <li>• Fundamente</li> <li>• Decken</li> <li>• Stützen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheiben (Fenster, usw.)</li> <li>• Dämmstoffe (Glaswolle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dachstühle</li> <li>• Schalungen</li> <li>• Verkleidungen</li> <li>• Böden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewehrung</li> <li>• Rohre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verpackungen</li> <li>• Böden</li> <li>• Rohre</li> <li>• Folien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandverkleidungen und Bodenbeläge (Fliesen)</li> <li>• Öfen (Kacheln)</li> </ul>

Tabelle 2: Anwendungsarten verschiedener Materialien im Hochbau

### 2.3.2.1 Materialbezeichnungen

Folgende Materialien sind bei der Aufbereitung von Hochbaurestmassen die Geläufigsten. In Abbildung 3 werden die entstehenden Baurestmassen inklusive ihrer Kurzbezeichnung und die daraus entstehenden Sekundärstoffe dargestellt.



Abbildung 3: Baurestmassen aus dem Hochbau<sup>24</sup>

Die Weiterverarbeitung und die Wiederverwertung von Baurestmassen unterliegen gewissen Richtlinien, siehe Kapitel 2.3.3.

<sup>24</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Infoblatt Baurestmassenverwertung; 2015; Seite 2

### 2.3.3 Richtlinie für Recycling-Baustoffe

Diese Richtlinie beinhaltet Anforderungen und Regelungen zur Herstellung von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen, sowie die für die Prüfungen erforderlichen Güte- und Qualitätsbestimmungen. Beim Rückbau von Gebäuden sollten laut Richtlinie die Vorgaben gemäß ÖNORM B 3151 umgesetzt werden. Die Anforderungen, die für die Herstellung des Sekundärrohstoffes erforderlich sind, müssen bei der Anlieferung, Aufbereitung, Sortierung und Lagerung gewährleistet sein. Zudem werden die Sekundärmaterialien in Qualitätsklassen unterteilt, welche aussagen wie und wo diese als Baustoff eingesetzt werden dürfen. Die wichtigsten Qualitätsklassen für mineralische Baurestmassen sind in den folgenden Punkten aufgelistet:<sup>25</sup>

- **U-A (ungebunden - A)**

Dazu zählen Gesteinskörnungen für den ungebundenen, sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz.

- **U-B (ungebunden - B)**

Dazu zählen Gesteinskörnungen für den ungebundenen, sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz.

- **U-E (ungebunden - E)**

Dazu zählen Gesteinskörnungen für den ungebundenen Einsatz im Trapez des Gleiskörpers, oder in Verkehrsflächen unter gering durchlässiger gebundener Deck- oder Tragschicht, sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz.

- **H-B (für hydraulische Bindung - B)**

Dazu zählen Gesteinskörnungen ausschließlich zur Herstellung von Beton ab der Festigkeitsklasse C 12/15, oder der Festigkeitsklasse C 8/10 ab der Expositionsklasse XC1.

- **B-B (für Bituminöse Bindung - B)**

Dazu zählen Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) die ausschließlich zur Herstellung von Asphaltmischgut verwendet werden.

Die Qualitätsklassen reichen noch weiter (B-C, B-D, B-E und D), wobei es sich bei diesen um Recyclingmaterial aus Ausbauasphalt und Stahlwerksschlacke handelt. Die folgenden Abkürzungen werden in den Preisverzeichnissen verwendet und entstammen den Annahme- und Abgabepreisen von Recyclingbaustoffen 2015:<sup>26</sup>

- RA        Recycliertes gebrochenes Asphaltgranulat
- RB        Recycliertes gebrochenes Betongranulat
- RAB       Recycliertes gebrochenes Asphalt/Beton-Mischgranulat

<sup>25</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Richtlinien für Recycling-Baustoffe; 9. Auflage; 2016; Seite 12

<sup>26</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling, Annahme-/Abgabepreise; 2017; Seite 1

- RG Recycliertes Granulat aus Gestein (natürliches und/oder recyceltes) mit einem Anteil von mindestens 50% sowie Beton und/oder Asphalt
- RM Recycliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton und/oder Asphalt und mit einem Anteil von maximal 50% Gestein (natürliches und/oder recyceltes)
- RMH Recyclierte mineralische Hochbaurestmassen
- RH Recyclierter Hochbausand; Recyclierter Hochbausplitt
- RHZ Recyclierter Hochbauziegelsand; Recyclierter Hochbauziegelsplitt
- RZ Recyclierter Ziegelsand; Recyclierter Ziegelsplitt
- RS Recycling-Sand

Die Produktbezeichnung setzt sich laut Tabelle 3 zusammen aus:

RB	I	0/63	U6	U-A
Materialbezeichnung	Güteklasse	Korngröße	U - Klasse	Qualitätsklasse

Tabelle 3: Bezeichnung von Recycling-Baustoffen<sup>27</sup>

Das Gütezeichen für „Recycling-Baustoffe“ und „mobile Recycling-Anlagen“ wird durch den österreichischen Güteschutzverband (GSV) verliehen. Diese sind durch die „Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 9. Auflage“ und durch die „Richtlinie für mobile Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen und Bodenaushubmaterial, 2. Auflage“ geprüft und werden mit den Siegeln laut Abbildung 4 ausgezeichnet:

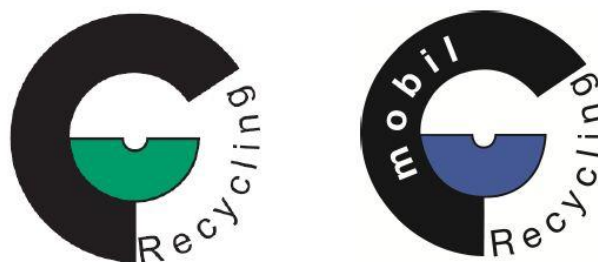


Abbildung 4: Güteschutzlogos<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling, Annahme-/Abgabepreise; 2017; Seite 1

<sup>28</sup> Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: <http://www.br.v.or.at/gsv/ldgm>; Zugriff am 2.5.2015

### 2.3.4 Rückbau

Die Regelungen für einen ordnungsgemäßen Rückbau sind in der ÖNORM B 3151 festgehalten. Darin werden die technischen Anforderungen für einen Rückbau, sowie die Grundsätze für die Trennung der anfallenden Baurestmassen festgelegt. Ziel ist es, sortenreine Abfallfraktionen zu erhalten, die frei von Schad- und Störstoffen sind. Bei einem Rückbau ist wie folgt vorzugehen:<sup>29</sup>

- Bekanntgabe des Abbruchvorhabens bei der Gemeinde (Bezirkshauptmannschaft)
- Einholung aller notwendigen Bewilligungen: Auskunft erteilen Gemeinden bzw. Bezirkshauptmannschaft
- Erhebung der anfallenden Mengen bzw. des Rauminhaltes:
  - Wenn Baurestmassen **unter 750 t** anfallen, kann nach Freigabe mit dem Abbruch begonnen werden.
  - Wenn Baurestmassen **über 750 t** anfallen und der Bruttorauminhalt **unter 3.500 m<sup>3</sup>** beträgt, ist eine Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖNORM B 3151 durchzuführen. Diese muss durch eine **rückbaukundige Person** dokumentiert werden. Erst nach Freigabe darf mit den Abbrucharbeiten begonnen werden.
  - Wenn Baurestmassen **über 750 t** anfallen und der Bruttorauminhalt **über 3.500 m<sup>3</sup>** beträgt, ist eine Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖN EN ISO16000-32 durchzuführen. Die Dokumentation hat durch eine **Fachanstalt oder extern befugten Person** zu erfolgen. Nach der Freigabe darf mit den Abbrucharbeiten begonnen werden.
  - **Entkernung**  
Das bedeutet, dass alle Materialien die die spätere Verwertung der mineralischen Baurestmassen erschweren bzw. verhindern, vor dem Abbruch entfernt werden müssen.

### 2.3.5 Lagerung von Baurestmassen

Dieser Punkt richtet sich hauptsächlich an die bei einem Abbruch beteiligten Abbruchunternehmen, welche im Zuge der Aufbereitung der anfallenden Baurestmassen eine vorübergehende Lagerung benötigen. Das beinhaltet die technischen und rechtlichen Vorgaben hinsichtlich der Sickerwasserfassung, der Abdichtungsschicht und zudem noch die betrieblichen Anforderungen. Für eine Berechtigung zur Zwischenlagerung ist eine Genehmigung nach

---

<sup>29</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Fragen und Antworten zur Recycling-Baustoffverordnung in der Praxis; 2016; Seite 3-7

der Gewerbeordnung oder des AWG 2002 erforderlich. Die Lagerung und Aufbewahrung von nicht gefährlichen Abfällen bedarf einer Genehmigung durch den Landeshauptmann.<sup>30</sup>

Bei der Zwischenlagerung sind folgende Maßnahmen zu beachten:<sup>31</sup>

- Umzäunungen
- Abdecken des lagernden Materials
- Auszeichnungspflicht laut Abfallnachweisverordnung
- Eingangskontrollen gewährleisten ein für die Aufbereitung geeignetes Material
- Bei mobilen Aufbereitungen sind die dafür rechtlichen Richtlinien einzuhalten
- Verminderung zusätzlicher Staubentwicklung durch kurze Transportwege

### 2.3.5.1 Standards zur Lagerung von Baurestmassen

Damit die umwelttechnischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen eingehalten werden, müssen bei der Lagerung von Baurestmassen gewisse Punkte beachtet werden:<sup>32</sup>

- **Dichtfläche**

Auf dem Planum ist eine frostsichere Schicht mit mindestens 30 cm aufzubringen. Das Sickerwasser wird über ein Gefälle von >1% über die Fläche in einen Sickergraben geleitet. Über diesem ist eine Tragschicht mit mindestens 20 cm aufzubringen. Auf dieser wiederum ist noch eine 10 cm dicke bituminöse Tragschicht (BTD) aufzubringen. Diese Ausführungen müssen der RVS 08.15.01 entsprechen. Bei Abweichungen ist ein Nachweis der Gleichwertigkeit vorzulegen. Auf die bituminöse Schicht wird eine Dichtasphaltschicht mit einer Stärke von 4 cm aufgebracht.

- **Sickerwassererfassung**

Das erforderliche Fassungsvermögen hängt von der Größe der zu entwässernden Fläche sowie der Intensität der Niederschläge ab. Es muss ein zweitägiger Niederschlag mit einer Jährlichkeit von fünf Jahren vom Sickerwasserbecken rückstaufrei, und ein zweitägiger Niederschlag mit einer Jährlichkeit von 50 Jahren durch die Gesamtlänge aufgenommen werden.

Der Sickerwassergraben wird in einer vorgegebenen Proportionalität zur Sickerwasserfläche ausgebildet. Auf das Planum ist eine zweilagige mineralische Dichtschicht mit je 25 cm aufzubringen, welche einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 10^{-9}$  m/s zu erfüllen hat. Auf die Dichtschicht folgt eine Kunststoffabdichtung aus einer 2,5 mm starken HDPE-Folie. Diese wird zum einen in die mineralische Dichtschicht und zum anderen auf

---

<sup>30</sup> Vgl. Baustoff-Recyclingverband: Merkblatt – Zwischenlager für mineralische Baurestmassen, Asphaltaufruch und Betonabbruch; 2006; Seite 3-7

<sup>31</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Merkblatt – Zwischenlager für mineralische Baurestmassen, Asphaltaufruch und Betonabbruch; 2006; Seite 3-7

<sup>32</sup> Vgl. Wolfgang Habelberger: Baurestmassenrecycling - Leitfaden über den richtigen Umgang mit Baurestmassen; 2006; Seite 22

der BTD-Schicht eingelegt. Eine gleichwertige Ausführung ist auch in Beton oder Asphalt bzw. ist auch eine Anordnung von Betonbecken oder Schächten möglich.

- **Sonderfälle**

- Zwischenlager auf einer genehmigten Deponie:  
Für mineralische Baurestmassen oder andere hochwertige Deponiematerialien ist eine Zwischenlagerung ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen erlaubt.
- Abbruchstellen:  
Bei Abbruchstellen die eine Dauer von zwei Monaten nicht überschreiten sind keine Abdichtungen notwendig. Es sind jedoch sehr wohl behördliche Vorgaben einzuhalten.
- Lagerung unter Dach:  
Bei einer Lagerung auf einer befestigten Fläche die überdacht ist, ist kein Sickergraben bzw. Bodenabdichtung erforderlich.
- Reiner Betonabbruch:  
In weniger sensiblen Gebieten ist eine mineralische Deckschicht aus zwei Lagen mit je 20 cm ausreichend.

## 2.4 Gesetze, Verordnungen und rechtliche Rahmenbedingungen

Grundlage für den Rechtsbestand für Umweltschutz in Österreich ist das Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz, welches 1984 verabschiedet wurde. Dadurch bekennt sich Österreich zum sorgfältigen Umgang mit der Natur, welche als Lebensgrundlage für den Menschen dient.

### 2.4.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002

Das Abfallwirtschaftsgesetz beinhaltet Vorschriften über Abfallvermeidung, Abfallverwertung, Abfallbeseitigung und Verordnungen über Emissionen, Lagerung und Handhabung mit Abfällen. Der folgende zitierte Gesetzestext beinhaltet alle Details:<sup>33</sup>

*„§ 1. (1) Die Abfallwirtschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass*

*1. schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden,*

*2. die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden,*

---

<sup>33</sup> Abfallwirtschaftsgesetz; 2002; Abschnitt 1



3. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden,

4. bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und

5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt.

(2) Es gelten folgende Grundsätze:

1. Die Abfallmengen und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung).

2. Abfälle sind zu verwerten, soweit dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung).

3. Nach Maßgabe der Ziffer 2 nicht verwertbare Abfälle sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische, chemische oder physikalische Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und ordnungsgemäß abzulagern (Abfallbeseitigung).

(3) Im öffentlichen Interesse ist die Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich, wenn andernfalls

1. die Gesundheit der Menschen gefährdet oder unzumutbare Belästigungen bewirkt werden können,

2. Gefahren für die natürlichen Lebensbedingungen von Tieren oder Pflanzen oder für den Boden verursacht werden können,

3. die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,

4. die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,

5. Brand- oder Explosionsgefahren herbeigeführt werden können,

6. Geräusche oder Lärm im übermäßigen Ausmaß verursacht werden können,

7. das Auftreten oder die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden können,

8. die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder

9. Orts- und Landschaftsbild erheblich beeinträchtigt werden können.“

### 2.4.1.1 Abfallvermeidung und-Verwertung

Der § 9 des Abfallwirtschaftsgesetzes behandelt die Vermeidung und die Verwertung von Abfällen. Im folgenden zitierten Text wird dieser Paragraph im Detail wiedergegeben:<sup>34</sup>

*„§ 9. Durch die Verwendung von geeigneten Herstellungs-, Bearbeitungs-, Verarbeitungs- und Vertriebsformen, durch die Entwicklung geeigneter Arten und Formen von Produkten und durch ein abfallvermeidungsbewusstes Verhalten der Letztverbraucher sollen die Mengen und die Schadstoffgehalte der Abfälle verringert und zur Nachhaltigkeit beigetragen werden. Im Rahmen des technisch und wirtschaftlich Möglichen sind daher insbesondere*

*1. Produkte so herzustellen, zu bearbeiten, zu verarbeiten oder sonst zu gestalten, dass die Produkte langlebig und reparaturfähig sind und die nach ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung verbleibenden Abfälle erforderlichenfalls zerlegt oder bestimmte Bestandteile getrennt werden können und dass die Abfälle, die Bestandteile oder die aus den Abfällen gewonnenen Stoffe weitgehend verwertet (einschließlich wiederverwendet) werden können,*

*2. Vertriebsformen durch Rücknahme- oder Sammel- und Verwertungssysteme, gegebenenfalls mit Pfandeinhebung, so zu gestalten, dass der Anfall von zu beseitigenden Abfällen beim Letztverbraucher so gering wie möglich gehalten wird,*

*3. Produkte so zu gestalten, dass bei ihrer Herstellung, ihrem Ge- und Verbrauch und nach ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung unter Berücksichtigung der relevanten Umweltaspekte keine Beeinträchtigungen der öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3) bewirkt werden, insbesondere möglichst wenige und möglichst schadstoffarme Abfälle zurückbleiben, und*

*4. Produkte so zu gebrauchen, dass die Umweltbelastungen, insbesondere der Anfall von Abfällen, so gering wie möglich gehalten werden.“*

### 2.4.1.2 Zwischenlagerung von Baurestmassen

Für die Zwischenlagerung von Baurestmassen auf Abbruchstellen wo die Lagerung länger als zwei Monate dauert sind folgende Gesetze und Verordnungen einzuhalten.

- Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl - I Nr. 155/2004
- Altlastensanierungsgesetz, BGBl. I Nr. 103/2013
- ArbeitnehmerInnenschutzgesetz BGBl. II Nr. 309/2004
- Baugesetze der Länder (Bauordnung, Baupolizeigesetz)
- Baulärmgesetze der Länder
- Landesabfallwirtschaftsgesetze
- Mineralrohstoffgesetz, BGBl. I Nr. 85/2005
- Wasserrechtsgesetz, BGBl. II Nr. 87/2005
- Abfallnachweisverordnung, BGBl. II Nr. 570/2003

<sup>34</sup> Abfallwirtschaftsgesetz; 2002; Abschnitt 2

- Bauarbeiterschutzverordnung, BGBl. II Nr. 17/2005
- Gewerbeordnung, BGBl. Nr. 194/1994
- Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeit anfallenden Materialien, BGBl. Nr. 290/2016
- Merkblatt „Mobile Aufbereitungsanlagen von mineralischen Baurestmassen und Bodenaushub“, BRV
- Merkblatt „Prüftechnische Unterscheidung von Bitumen und Teermischgut“ BMWA
- Richtlinien für Recycling-Baustoffe, BRV
- RVS 08.15.01 „Ungebundene Tragschichten“ FSV
- ÖNORM S 2100 „Abfallverzeichnis“, ON

### 2.4.1.3 Behandlungsanlagen

Im Abschnitt 6 des Abfallwirtschaftsgesetzes werden die Aufbereitungsanlagen behandelt. Hier werden Genehmigungsverfahren und gesetzliche Verordnungen, welche für das Benutzen von mobilen und stationären Anlagen zu beachten sind behandelt:<sup>35</sup>

- **Genehmigungs- und Anzeigepflicht für ortsfeste Behandlungsanlagen (§ 37)**

*„§ 37. (1) Die Errichtung, der Betrieb und die wesentliche Änderung von ortsfesten Behandlungsanlagen bedarf der Genehmigung der Behörde.*

*(2) Der Genehmigungspflicht gemäß Abs. 1 unterliegen nicht*

*1. Behandlungsanlagen zur ausschließlichen stofflichen Verwertung von nicht gefährlichen Abfällen, sofern sie der Genehmigungspflicht gemäß den §§ 74 ff GewO 1994 unterliegen,*

*2. Behandlungsanlagen zur Vorbehandlung (Vorbereitung für die stoffliche Verwertung) von nicht gefährlichen Abfällen, sofern diese Behandlungsanlagen im unmittelbaren örtlichen Zusammenhang mit einer in Z 1 genannten Behandlungsanlage stehen und der Genehmigungspflicht gemäß den §§ 74 ff GewO 1994 unterliegen,*

*1016 BGBl. I – Ausgegeben am 16. Juli 2002 – Nr. 102*

*3. Behandlungsanlagen zur ausschließlichen stofflichen Verwertung von im eigenen Betrieb anfallenden Abfällen, sofern sie der Genehmigungspflicht gemäß den §§ 74 ff GewO 1994 unterliegen,*

*4. Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen zur thermischen Verwertung für nicht gefährliche Abfälle mit einer thermischen Leistung bis zu 2,8 Megawatt, sofern sie der Genehmigungspflicht gemäß den §§ 74 ff GewO 1994 unterliegen,*

*5. Lager für Abfälle, die der Genehmigungspflicht gemäß den §§ 74 ff GewO 1994, gemäß dem Mineralrohstoffgesetz oder gemäß dem Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, BGBl. Nr. 380/1988, unterliegen und*

---

<sup>35</sup> Abfallwirtschaftsgesetz; 2002; Abschnitt 6

6. Anlagen privater Haushalte, in denen zulässigerweise die im Haushalt anfallenden Abfälle behandelt werden.

(3) Folgende Behandlungsanlagen und Änderungen einer Behandlungsanlage sind nach dem vereinfachten Verfahren (§ 50) zu genehmigen:

1. Deponien, in denen ausschließlich Bodenaushub- und Abraummateriale, welches durch Ausheben oder Abräumen von im Wesentlichen natürlich gewachsenem Boden oder Untergrund anfällt, abgelagert werden, sofern das Gesamtvolumen der Deponie unter 100.000 m<sup>3</sup> liegt;

2. Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen zur thermischen Verwertung für nicht gefährliche Abfälle mit einer thermischen Leistung bis zu 2,8 Megawatt;

3. sonstige Behandlungsanlagen für nicht gefährliche Abfälle, ausgenommen Deponien, mit einer Kapazität von weniger als 10.000 Tonnen pro Jahr;

4. a) Behandlungsanlagen zur Zerlegung von Altfahrzeugen,

b) Behandlungsanlagen zur Zerlegung von Elektro- und Elektronikgeräten, die gefährliche Abfälle darstellen,

c) Lager von gefährlichen Abfällen mit einer Kapazität von weniger als 1.000 Tonnen pro Jahr und

5. eine Änderung, die nach den gemäß § 38 mitanzuwendenden Vorschriften oder nach dem Baurecht des jeweiligen Bundeslandes genehmigungspflichtig ist und keine wesentliche Änderung darstellt.

(4) Folgende Maßnahmen sind der Behörde anzuzeigen:

1. eine Änderung zur Anpassung an den Stand der Technik, sofern sie keine wesentliche Änderung darstellt;

2. die Behandlung oder Lagerung zusätzlicher Abfallarten, sofern dies keine wesentliche Änderung darstellt;

3. der Ersatz von Maschinen, Geräten oder Ausstattungen durch in den Auswirkungen gleichartige Maschinen, Geräte oder Ausstattungen;

4. sonstige Änderungen, die nachteilige Auswirkungen auf den Menschen oder die Umwelt haben können;

5. eine Unterbrechung des Betriebs;

6. der Verzicht auf das Recht, bestimmte genehmigte Abfallarten zu behandeln;

7. die Auflassung der Behandlungsanlage oder die Stilllegung der Deponie;

8. sonstige Änderungen, die nach den gemäß § 38 mitanzuwendenden Vorschriften oder nach dem Baurecht des jeweiligen Bundeslandes anzeigepflichtig sind.

*(5) Der Antragsteller kann für Maßnahmen gemäß Abs. 3 oder 4 eine Genehmigung gemäß Abs. 1 beantragen.“*

- **Genehmigung von mobilen Behandlungsanlagen (§ 52)**

*„§ 52. (1) Eine mobile Behandlungsanlage, die in einer Verordnung gemäß § 65 Abs. 3 genannt ist, oder eine wesentliche Änderung einer solchen mobilen Behandlungsanlage ist von der Behörde zu genehmigen.*

*(2) Dem Antrag auf Genehmigung einer mobilen Behandlungsanlage sind folgende Unterlagen in vierfacher Ausfertigung anzuschließen:*

- 1. Angaben über Art, Zweck und Umfang der vorgesehenen Behandlung;*
- 2. Angaben über die zu behandelnden Abfallarten und die Behandlungsverfahren;*
- 3. allgemeine Kriterien für die Aufstellungsorte;*
- 4. eine Anlagenbeschreibung, einschließlich der erforderlichen Pläne und Skizzen;*
- 5. eine Beschreibung der beim Betrieb der Behandlungsanlage zu erwartenden anfallenden Abfälle und der Vorkehrungen zu deren Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung (Abfallwirtschaftskonzept gemäß § 10 Abs. 3);*
- 6. eine Beschreibung der zu erwartenden Emissionen und Angaben über die Vermeidung oder, sofern dies nicht möglich ist, die Verringerung der Emissionen.*

*(3) Neben dem Antragsteller hat der Umweltanwalt des Bundeslandes, in dem der Antrag gestellt wurde, Parteistellung zur Wahrung der öffentlichen Interessen; dem Umweltanwalt wird das Recht eingeräumt, Rechtsmittel zu ergreifen und Beschwerde an den Verwaltungs- oder Verfassungsgerichtshof zu erheben.*

*(4) Eine Genehmigung für eine mobile Behandlungsanlage ist zu erteilen, wenn zu erwarten ist, dass die mobile Behandlungsanlage die Voraussetzungen gemäß § 43 Abs. 1 Z 1 bis 6 erfüllt.*

*(5) Erforderlichenfalls hat die Behörde zur Wahrung der Voraussetzungen gemäß § 43 Abs. 1 Z 1 bis 6 geeignete Auflagen, Bedingungen oder Befristungen vorzuschreiben. Jedenfalls sind die grundsätzlichen Anforderungen an mögliche Standorte, unter Berücksichtigung ihrer Umgebung und der zu erwartenden Emissionen, und die Maßnahmen zum Schutz möglicher Nachbarn vorzuschreiben. Sofern die Voraussetzungen gemäß Abs. 4 nicht erfüllt sind und auch durch die Vorschreibung von Auflagen, Bedingungen oder Befristungen nicht erfüllt werden können, ist der Genehmigungsantrag abzuweisen.“<sup>36</sup>*

- **Aufstellung von mobilen Behandlungsanlagen (§ 53)**

*„§ 53. (1) Der Inhaber einer Genehmigung gemäß § 52 Abs. 1 ist berechtigt, die mobile Behandlungsanlage an einem gemäß der Genehmigung in Betracht kommenden Standort längstens sechs Monate aufzustellen und zu betreiben.*

---

<sup>36</sup> Abfallwirtschaftsgesetz; 2002; Abschnitt 6

(2) Sind die gemäß § 43 Abs. 1 Z 1 bis 6 wahrzunehmenden Interessen trotz Einhaltung der im Genehmigungsbescheid enthaltenen Auflagen, Bedingungen oder Befristungen an einem bestimmten Standort nicht hinreichend geschützt, hat die Behörde, in deren örtlichen Zuständigkeitsbereich die mobile Behandlungsanlage aufgestellt und betrieben wird, die erforderlichen geeigneten Maßnahmen anzuordnen. Können die gemäß § 43 Abs. 1 Z 1 bis 6 wahrzunehmenden Interessen trotz Anordnungen nicht erfüllt werden, ist die Aufstellung und der Betrieb an diesem Standort zu untersagen.

(3) Abweichend zu Abs. 1 dürfen mobile Behandlungsanlagen zur Sanierung oder Sicherung von kontaminierten Standorten auf Antrag für einen längeren, bescheidmäßig festzulegenden Zeitraum, längstens aber bis zum Abschluss der Sanierung am selben Ort betrieben werden.“

- **Überwachung von Behandlungsanlagen (§ 62)**

„§ 62. (1) Die Behörde hat Behandlungsanlagen, die gemäß den §§ 37, 52 oder 54 genehmigungspflichtig sind, längstens alle fünf Jahre zu überprüfen.

(2) Besteht der Verdacht eines konsenswidrigen Betriebs einer Behandlungsanlage, die gemäß den §§ 37, 52 oder 54 genehmigungspflichtig ist, so hat die Behörde – unabhängig von der Einleitung eines Strafverfahrens – den Inhaber einer Behandlungsanlage zur Herstellung des der Rechtsordnung entsprechenden Zustands innerhalb einer angemessenen Frist aufzufordern. Kommt der Inhaber dieser Aufforderung innerhalb der gesetzten Frist nicht nach, so hat die Behörde mit Bescheid die zur Herstellung des der Rechtsordnung entsprechenden Zustands erforderlichen, geeigneten Maßnahmen, wie die Stilllegung von Maschinen oder die teilweise oder gänzliche Schließung, zu verfügen.

(3) Ergibt sich nach der Erteilung einer Genehmigung gemäß den §§ 37, 44 oder 52, dass die gemäß § 43 wahrzunehmenden Interessen trotz Einhaltung der im Genehmigungsbescheid enthaltenen Auflagen, Bedingungen oder Befristungen nicht hinreichend geschützt sind, so hat die Behörde die erforderlichen, nach dem nunmehrigen Stand der Technik geeigneten Maßnahmen vorzuschreiben. Geeignete Maßnahmen sind insbesondere Untersuchungen, Beprobungen, Messungen, nachträgliche Auflagen, Erstellung und Durchführung eines Sanierungskonzepts, Beseitigung von bereits eingetretenen Folgen von Auswirkungen der Behandlungsanlage, vorübergehende oder dauernde Einschränkungen der Behandlungsanlage oder die gänzliche oder teilweise Einstellung des Betriebs.

(4) Bei Gefahr im Verzug hat die Behörde die geeigneten Maßnahmen unmittelbar anzuordnen und gegen Ersatz der Kosten durch den Inhaber der Behandlungsanlage nötigenfalls unverzüglich durchführen zu lassen.

(5) Maßnahmen gemäß Abs. 2 bis 4 bedürfen keiner Bewilligung oder Genehmigung nach anderen bundesrechtlichen Vorschriften.

(6) Die nach den §§ 43 Abs. 4, 44, 52 Abs. 5 oder 54 Abs. 2 vorgeschriebenen Auflagen, Bedingungen oder Befristungen sind auf Antrag mit Bescheid aufzuheben oder abzuändern, wenn und soweit die Voraussetzungen für ihre Vorschreibung nicht mehr vorliegen.“

## 2.4.2 Recycling-Baustoffverordnung

Die Recycling-Baustoffverordnung ist mit 1. Jänner 2016 zur Gänze in Kraft getreten (BGBl II Nr. 290/2016). Gleichzeitig ist die Verordnung über die Trennung von bei Baumaßnahmen anfallenden Materialien, BGBl Nr. 259/1991, außer Kraft getreten.

*„§ 1. Ziel dieser Verordnung ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz, insbesondere die Vorbereitung zur Wiederherstellung von Bauteilen und die Sicherstellung einer hohen Qualität von Recycling-Baustoffen, um das Recycling von Bau- oder Abbruchabfällen im Sinne unionsrechtlicher Zielvorgaben zu fördern“<sup>37</sup>*

Die Verordnung legt Rahmenbedingungen fest, die beim Abbruch von Bauwerken einzuhalten sind. Dazu zählen unter Anderem die Durchführung einer Schadstoff- und Störstofferkundung und ein geordneter Rückbau von Gebäuden. Diese Maßnahmen führen zu einer erleichterten Herstellung von Recycling-Baustoffen. Darüber hinaus enthält die Verordnung Bestimmungen für die Weiterbehandlung von Bau- und Abbruchabfällen, Qualitätsvorgaben und vorgegebene Einsatzbereiche für Recycling-Baustoffe. Dadurch kann eine hohe Qualität der Recycling-Baustoffe erreicht werden, die zu mehr Vertrauen in die Verwendung dieser Baustoffe führt. Die Recycling-Baustoffverordnung sieht außerdem unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen für Recycling-Baustoffe der höchsten Qualität den vorzeitigen Verlust der Abfalleigenschaft vor.<sup>38</sup>

## 2.4.3 Abfallnachweisverordnung 2003

Die Abfallnachweisverordnung beinhaltet Verordnungen über die umweltgerechte Lagerung, Beförderung und die Behandlung von Abfällen gemäß den §§ 17 bis 20 des AWG 2002, sowie Aufzeichnungsformen, Meldungen und Nachweisführungen.<sup>39</sup>

## 2.4.4 Deponieverordnung

Die Deponieverordnung beinhaltet Verordnungen über den umweltgerechten Umgang mit Abfällen auf Deponien:<sup>40</sup>

*„§1. Ziel dieser Verordnung ist es, durch die Festlegung betriebsbezogener und technischer Anforderungen in Bezug auf Deponien und Abfälle, Maßnahmen und Verfahren vorzusehen, mit denen während des gesamten Bestehens der Deponie negative Auswirkungen der Ablagerung von Abfällen auf die Umwelt, insbesondere die Verschmutzung von Oberflächenwasser, Grundwasser, Boden und Luft, und auf die globale Umwelt, einschließlich des Treibhauseffekts, und alle damit verbundenen Risiken für die menschliche Gesundheit weitest möglich vermieden oder vermindert werden.“*

<sup>37</sup> Vgl. BGBl II Nr. 290/2016

<sup>38</sup> Vgl. <https://www.bmlfuw.gv.at/greentec/abfall-ressourcen/abfall-altlastenrecht/awg-verordnungen/recyclingbaustoffvo.html>; Zugriff am 18.3.2017

<sup>39</sup> Abfallnachweisverordnung; 2003

<sup>40</sup> Deponieverordnung; 2008; BGBl 291/2016

### 2.4.5 Altlastensanierungsgesetz

Das Altlastensanierungsgesetz beinhaltet die Finanzierung der Sicherung und Sanierung von Altlasten, von denen eine Gefährdung der Gesundheit für Mensch oder Umwelt ausgeht.<sup>41</sup>

### 2.4.6 Kontaminierte mineralische Baurestmassen

Die folgenden Daten stammen von einem Merkblatt des österreichischen Baustoffrecycling Verbandes für kontaminierte Baurestmassen und beinhalten Vorgehensweisen und gesetzliche Verordnungen beim Umgang mit kontaminierten Böden. Ziel ist eine auf den weiteren Verwendungszweck abgestimmte Vorgangsweise vorzugeben, die auch eine einheitliche Beurteilung durch die Behörden möglich macht:<sup>42</sup>

- *„Rechtliche Grundlagen:*

*Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl 1990/325*

*Verordnung über die Trennung von Bauabfällen (...), BGBl II Nr. 290/2016*

*Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung), BGBl 1996/164*

*Altlastensanierungsgesetz, BGBl 103/2013*

*Abfallnachweisverordnung, BGBl 1991/65*

*Festsetzungsverordnung 1997, BGBl II 1997/227*

*Landesabfallvorschriften*

- *Normen:*

*ÖNORM B 3151 Abbrucharbeiten – Werkvertragsnorm*

*ÖNORM S 2072 Eluatklassen; (Gefährdungspotential von Abfällen)*

*ÖNORM S 2086 Altlasten – Benennungen und Definitionen*

*ÖNORM S 2087 Erhebung und Untersuchung von Verdachtsfällen und Altlasten*

*ÖNORM S 2088 Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser*

*ÖNORM S 2089 Altlasten: Sicherung und Sanierung*

*ÖNORM S 2090 Probenahme und Untersuchung von Bodenluft auf leicht flüchtige und gasförmige organische und anorganische Verbindungen*

*ÖNORM S 2100 Abfallkatalog*

*ÖNORM S 2111 Probenahme von Abfällen*

*ÖNORM S 2115 Bestimmung der Eluierbarkeit von Abfällen mit Wasser“*

<sup>41</sup> Vgl. Altlastensanierungsgesetz; BGBl 103/2013

<sup>42</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Merkblatt für kontaminierte mineralische Baurestmassen; 2015; Seite 3



### 3 AUFBEREITUNGSANLAGEN

Ziel der Aufbereitung ist das aus dem Abbruchbauwerk gewonnene Material für die Wiederverwertung aufzubereiten. Durch aufeinanderfolgende Behandlungsschritte wird aus den Baurestmassen ein Sekundärrohstoff erzeugt, welcher je nach Einsatzgebiet und Qualitätsanforderung wieder eingesetzt werden kann.<sup>43</sup> Die übliche Vorgehensweise besteht aus dem Brechen (meist Prall- oder Backenbrecher), Sieben und der Schwachmagnetfeld- bzw. Magnetscheidung. Bei Verunreinigungen wird oft noch ein Siebter hinzugefügt um den Sekundärrohstoff von ungewollten Stoffen zu befreien. Grobe Fremdkörper werden von Hand beseitigt bzw. auf dem Rost der ersten Siebstufe. Meist ist es sinnvoll die Anlage transportabel zu gestalten und in der Nähe der Schuttanfallstelle aufzustellen.<sup>44</sup> In Abbildung 5 wird das Fließbild einer einfachen Bauschutttaufbereitungsanlage dargestellt.

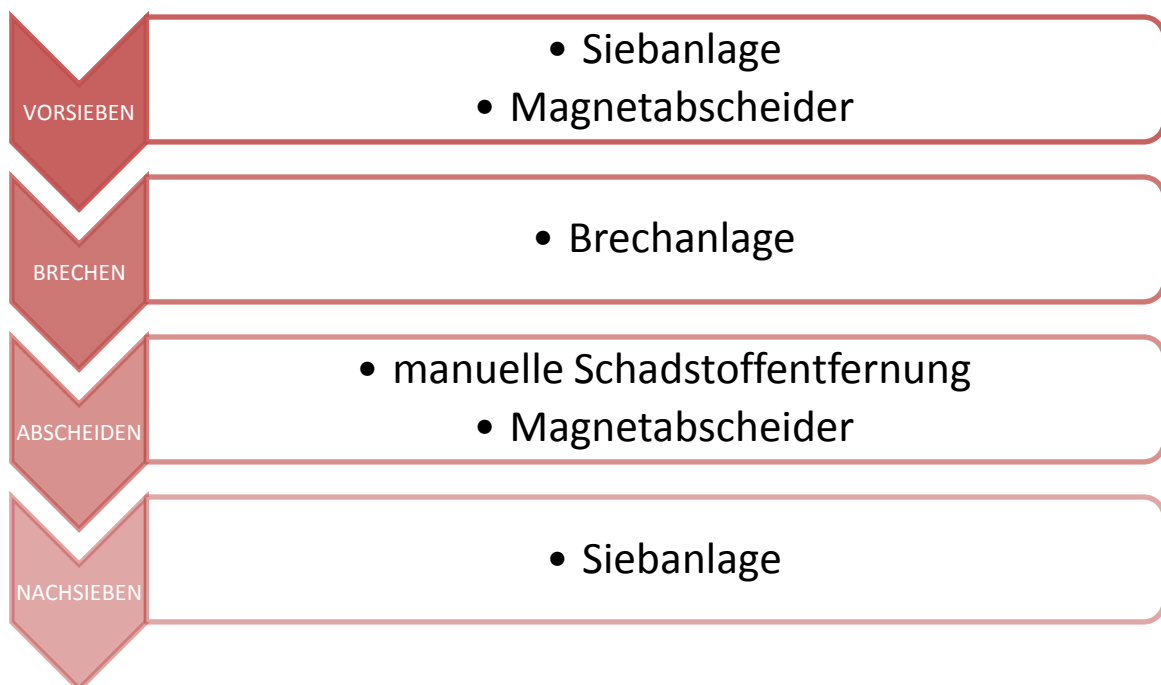


Abbildung 5: Fließbild einer einfachen Aufbereitungsanlage<sup>45</sup>

Bei der Aufbereitung von Baurestmassen unterscheidet man meist zwischen mobilen und stationären Anlagen. Eine typische Aufbereitungsanlage besteht aus:<sup>46</sup>

- **Siebanlage**

Die Siebanlage wird mit dem aufzubereitenden Material beschickt. Es erfolgt eine erste Trennung der Eingangsgrößen. Optional ist danach ein Magnetabscheider angeordnet, welcher lose Metallteile beseitigt. Dieser, sowie alle anderen Anlagen werden in den nachfolgenden Kapiteln genauer behandelt.

<sup>43</sup> Vgl. Siegfried Schneller: Baustoffrecycling im Hochbau; 2013; Seite 62

<sup>44</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 29

<sup>45</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 57

<sup>46</sup> Vgl. Angela Gewiese: Recycling von Baurestmassen; 1994; Seite 57

- **Brechanlage**

Im Brecher erfolgt die Zerkleinerung der großen Abbruchteile. Die vorher erwähnte Siebanlage hat den Zweck, zu große Teile abzuscheiden und zu einer manuellen Zerkleinerung zu führen. Optional kann auch nach diesem Arbeitsschritt ein Magnetabscheider angebracht werden.

- **Manuelle Schadstoffentfernung**

Unerwünschte Stoffe, welche nicht durch die automatisierten Anlagen erfasst werden konnten, müssen per Hand entfernt werden.

- **Klassieren**

Nach dem Brechen und der letzten Beseitigung von unerwünschten Stoffen kommt das Sekundärmaterial durch Siebe mit verschiedenen Durchgangsgrößen, wo es in verschiedene Korngrößen unterteilt wird.

### 3.1 Mobile Aufbereitungsanlagen

Mobile Aufbereitungsanlagen finden bei Baustellen mit geringem Bauschutt aufkommen Anwendung. Der große Vorteil dieser Art der Anlage ist die Mobilität und somit der mögliche kurze Transportweg des aufzubereitenden Materials von der Abbruchstelle zur Anlage. Beim Abtransport werden die einzelnen Teile üblicherweise auf einem Tieflader transportiert und vor Ort aufgebaut. Beschickt werden die Anlagen im Regelfall über Radlader. In Abbildung 6 sind die verschiedenen Arbeitsphasen einer mobilen Aufbereitungsanlage dargestellt.

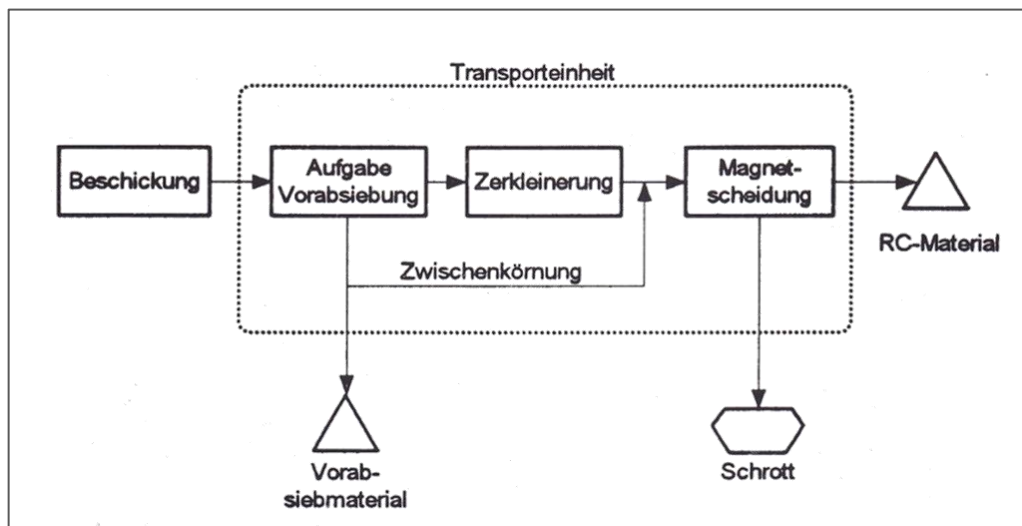


Abbildung 6: Arbeitsphasen einer mobilen Aufbereitungsanlage<sup>47</sup>

In Tabelle 4 werden die Vor- und Nachteile einer mobilen Aufbereitungsanlage aufgelistet.

<sup>47</sup> Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 50

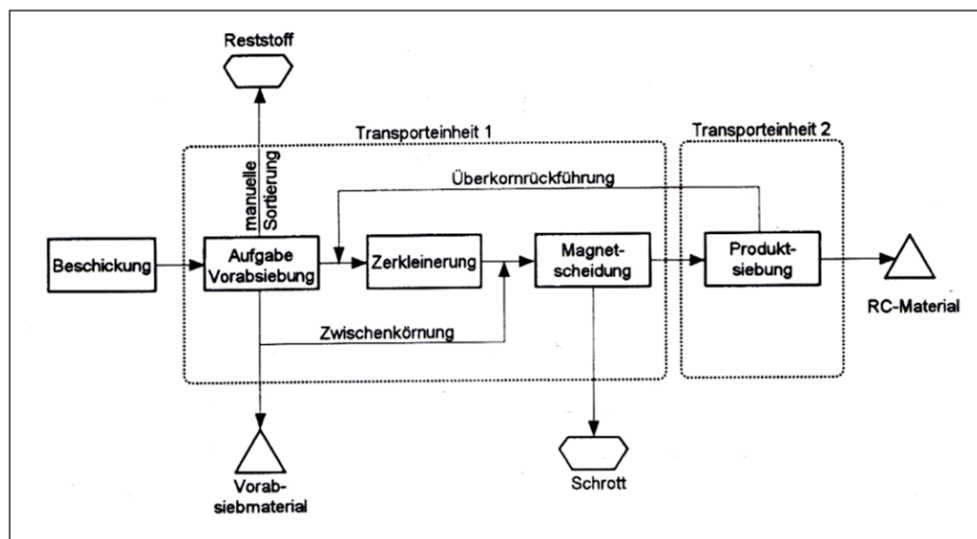
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilität und Transportfähigkeit</li> <li>• Anlagengenehmigung kann einfach erlangt werden</li> <li>• Aufbereitetes Material kann vor Ort wiederverwendet werden</li> <li>• Auch bei kleinen Mengen wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Betriebskosten durch Transport, sowie Auf- und Abbau</li> <li>• Verringerung der Qualität durch das Fehlen von Klassier- und Sortieranlagen</li> <li>• Beschränkte Anlagengröße</li> <li>• Hoher Planungsaufwand während des Einsatzes</li> <li>• Störung des Umfeldes durch Lärm und Staub</li> <li>• Geringes Produktangebot</li> </ul>

Tabelle 4: Vor- und Nachteile von mobilen Aufbereitungsanlagen<sup>48</sup>

Hintergründe der Vor- und Nachteile werden im Laufe der Arbeit erläutert.

### 3.2 Semimobile Aufbereitungsanlagen

Semimobile Anlagen werden sowohl an fixen als auch an variablen Orten eingesetzt. Die Einzelteile der semimobilen Anlage liegen auf Kufen auf und werden beim Transport durch Kräne auf Tieflader verladen. In Abbildung 7 ist der Aufbau einer semimobilen Aufbereitungsanlage dargestellt.

Abbildung 7: Arbeitsphasen einer semimobilen Aufbereitungsanlage<sup>49</sup>

Die Vor- und Nachteile der Anlage entsprechen weitgehend denen der mobilen Anlagen.

<sup>48</sup> Vgl. Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 51

<sup>49</sup> Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 51

### 3.3 Stationäre Aufbereitungsanlagen

Mit stationären Aufbereitungsanlagen kann auf Grund der komplexeren Beschaffenheit der Anlage eine höhere Qualität des Sekundärstoffes erzielt werden. Die hohe Qualität des Sekundärmaterials entsteht durch die einzelnen Verfahren. Im Vergleich zu mobilen oder semimobilen Anlagen besitzt die stationäre Aufbereitungsanlage mehr Behandlungsphasen. Diese Anlagen sind mit ihrem Standort fest verbunden und können nicht mobilisiert werden. Die einzelnen Arbeitsschritte sind genauer unterteilt und haben ein sortenreines und qualitativ hochwertiges Sekundärmaterial zur Folge. In Abbildung 8 ist der generelle Aufbau einer stationären Aufbereitungsanlage dargestellt.

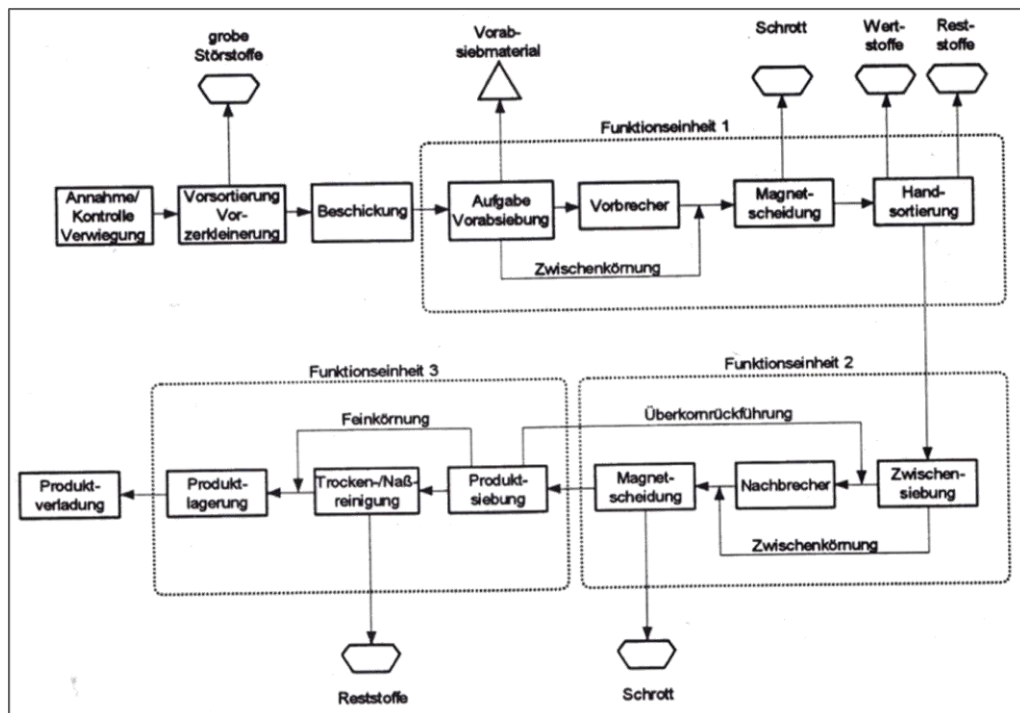


Abbildung 8: Arbeitsphasen einer stationären Aufbereitungsanlage<sup>50</sup>

In Tabelle 5 werden die Vor- und Nachteile einer stationären Aufbereitungsanlage aufgelistet.

<sup>50</sup> Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 53

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höheres Angebot an Sekundärprodukten</li> <li>• Höhere Qualität</li> <li>• Weniger Lärm- und Staubbelastung</li> <li>• Niedrige Betriebskosten</li> <li>• Hohes Fassungsvermögen der Lager</li> <li>• Anlagengröße variabel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genehmigungsverfahren oft langwierig</li> <li>• Absatz der aufbereiteten Materialien im Einzugsgebiet nicht regelmäßig</li> <li>• Hohe Investitionskosten</li> </ul>

Tabelle 5: Vor- und Nachteile von stationären Anlagen<sup>51</sup>

### 3.4 Zerkleinerungsanlagen

Das Zerkleinern der Abbruchbrocken ist einer der wichtigsten Schritte im Aufbereitungsprozess von Baurestmassen. In der Aufbereitung mineralischer Materialien hat man es überwiegend mit spröden Stoffen zu tun. Die folgenden Ausführungen beschreiben daher vornehmlich das Zerkleinern spröder Stoffe. Bei den Zerkleinerungsmaschinen und -verfahren unterscheidet man:<sup>52</sup>

- Nach dem Korngrößenbereich des Produkts
- Nach der Härte und dem Bruchverhalten des Materials

Die Einteilung des Korngrößenbereichs erfolgt üblicherweise in „Brechen“ (grob) und in „Mahlen“ (fein).

<sup>51</sup> Vgl. Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 52

<sup>52</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 29

### 3.4.1 Brecher

Zur Zerkleinerung von Baurestmassen werden hauptsächlich Brecher herangezogen. In Tabelle 6 sind verschiedene Ausführungen und ihre Anwendungsgebiete angeführt.

Eigenschaften:	spröde				plastisch oder sehr weich
Brechen:	sehr hart	hart	mittelhart	weich	plastisch
<b>grob , Produkt &lt; 150 mm</b>	Backenbrecher Kegelbrecher	Backenbrecher Kegelbrecher Prallbrecher	Backenbrecher Kegelbrecher Prallbrecher Hammerbrecher	Walzenbrecher Prallbrecher Hammerbrecher	Flügelbrecher
<b>mittel, Produkt &lt; 50 mm</b>	Backenbrecher Kegelbrecher	Backenbrecher Kegelbrecher Prallbrecher	Backenbrecher Kegelbrecher Prallbrecher Hammerbrecher	Walzenbrecher Prallbrecher Hammerbrecher	Flügelbrecher Tonschnitzler
<b>fein, Produkt &lt; 12 mm</b>	(Backenbrecher) Kegelbrecher Hochdruck- Gutbettwalzen- mühlen	(Backenbrecher) Kegelbrecher Feinprallbrecher Hochdruck- Gutbettwalzen- mühlen	Hammermühlen Feinprallbrecher Hochdruck- Gutbettwalzenmühlen	Hammerbrecher Feinprallbrecher (Kollergang)	Kollergang

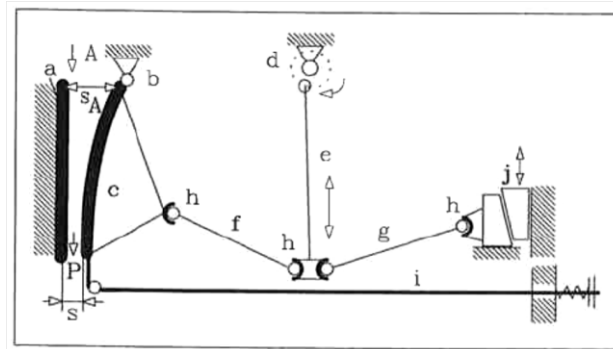
Tabelle 6: Brecherarten<sup>53</sup>

#### 3.4.1.1 Backenbrecher

Die Funktionsweise eines Backenbrechers ist in Abbildung 9 bildlich dargestellt. Der Backenbrecher besteht aus einer starren geraden Backe (a) und einer beweglichen Brechbacke (c), welche das Brechgut durch Vergrößerung und Verkleinerung des Abstandes zwischen den Flächen zerkleinert. Diese Bewegung erfolgt durch den Rotor in Punkt (d) und wird durch das Gestänge (e, f, g) und die Gelenke (h) übertragen.<sup>54</sup>

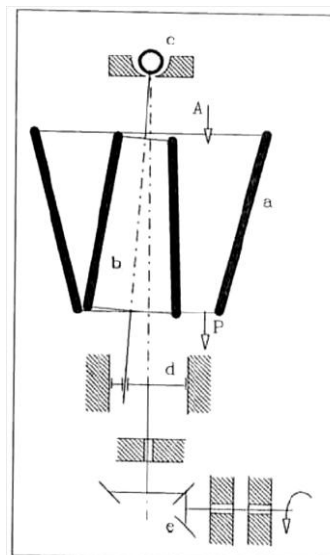
<sup>53</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 32

<sup>54</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 33

Abbildung 9: Schema eines Doppelkniebel-Backenbrechers<sup>55</sup>

### 3.4.1.2 Kegelbrecher

In Abbildung 10 wird die Funktionsweise eines Kegelbrechers bildlich dargestellt. Der Kegelbrecher besteht wie der Name sagt aus konischen Brechflächen. Die äußeren Backen (a) sind starr und dienen als Gegendruck für den Brechegel (b) welcher das Brechmaterial durch exzentrische Rotation an die Flächen drückt und somit zerkleinert. Die exzentrische Rotation wird durch den Antrieb (e) erzeugt und über das Winkelgetriebe (d) auf den konischen Kegel übertragen. Die Materialzufuhr erfolgt durch die kreisförmige Öffnung (A). Mit diesem System können bei gleicher Öffnungsweite größere Stücke zugeführt werden als bei Backenbrechern. Bei grober Zerkleinerung erfolgt das mit einer verkehrt konischen fixen Backe (a), bei feiner Zerkleinerung mit einer konischen Backe. Durch Anheben und Senken des Brechkegels (b) kann die Körnung des Ausgangsproduktes beeinflusst werden. Der Brechkegel (b) ist oben in einer Pfanne eingelagert, um eine widerstandslose Rotation zu ermöglichen.<sup>56</sup>

Abbildung 10: Funktionsweise eines Kegelbrechers<sup>57</sup>

<sup>55</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 33

<sup>56</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 35

<sup>57</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 35

### 3.4.1.3 Prallbrecher

In Abbildung 11 ist die Funktionsweise eines Prallbrechers bildlich dargestellt. Die Materialzufuhr beim Prallbrecher erfolgt über den Einwurf (A). Durch Rotation der Rotorwelle (b) wird das zugeführte Brechmaterial beschleunigt und gegen die Prallplatten (d) geschleudert. Die Erfassung des Materials erfolgt über die Schlagleisten (c), welche am Rotor (b) befestigt sind. Diese schleudern das Material an die Prallbacken (d). Durch das Anprallen an die Prallbacken (d) wird das zu brechende Material zerkleinert. Durch die strichlierten Linien, die tangential zum Rotor (b) verlaufen, ist die Flugbahn der zu brechenden Stücke zu erkennen. Bei Maschinen dieser Bauart die unter einer Produktfeinheit von 12 mm benutzt werden, spricht man von Mühlen. Diese Methode des Brechens ist für eher weiches Material geeignet. Auf Grund des einfachen Systems ist diese Variante auch preiswerter als ein Backen- oder Kegeltbrecher.<sup>58</sup>

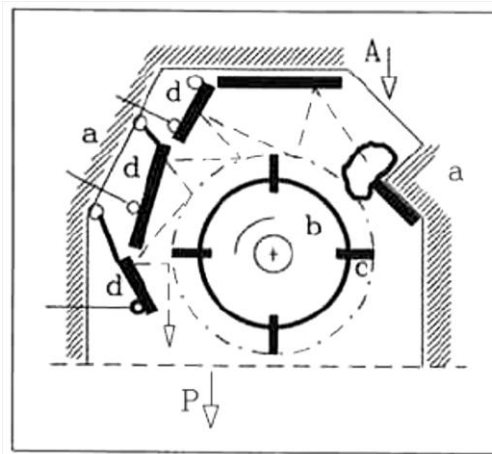


Abbildung 11: Funktionsweise eines Prallbrechers<sup>59</sup>

### 3.4.1.4 Hammerbrecher

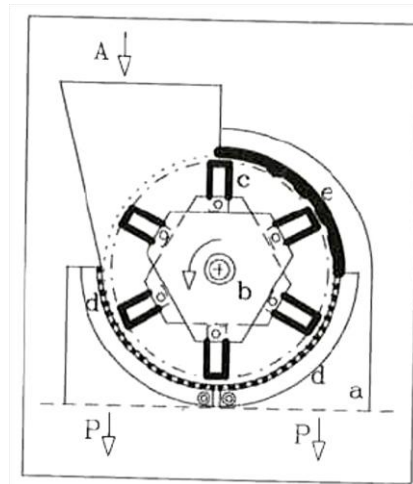
Die Funktionsweise eines Hammerbrechers ist in Abbildung 12 bildlich dargestellt. Die häufigste Anwendung findet der Einwellen-Hammerbrecher mit Siebrost. Das zu brechende Material wird durch die Einwurföffnung (A) zugeführt. Das Brechen erfolgt durch die Hämmer (c), welche an einem Rotor (b) angebracht werden. Durch die entstehende kinetische Energie (Rotation) werden die zugeführten Stücke zerkleinert. Die Spaltrastkörbe (d) verhindern, dass zu große Stücke aus dem Hammerbrecher kommen. Eine andere Ausführung wäre der Doppelwellen-Hammerbrecher, auf den aber nicht näher eingegangen wird.<sup>60</sup>

<sup>58</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 37

<sup>59</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 37

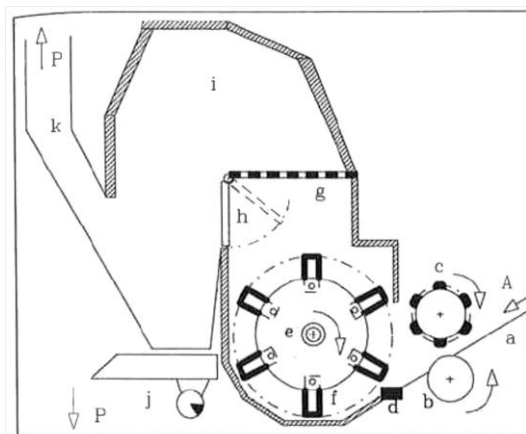
<sup>60</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 39



Abbildung 12: Funktionsweise eines Hammerbrechers<sup>61</sup>

### 3.4.1.5 Walzenbrecher

Für weiche mineralische Rohstoffe, haben sich Walzenbrecher als Grob- und Mittelbrecher bewährt. Diese Maschinen werden bevorzugt mit zwei Walzen ausgeführt. Ihre einfache Konstruktion wird in Abbildung 13 bildlich dargestellt. Die beiden gegenläufigen Walzen (b, c) führen das zu brechende Material zu, brechen und verhindern außerdem ein Zurückschleudern des Brechmaterials. Die Walze (c) bricht das Material vor und die Walze (b) befördert es zum Rotor (e). Das Brechen zur gewünschten Korngröße an sich erfolgt über den Rotor (e) an dem Zähne oder Nocken befestigt sind, welche das Material gegen den Anschlag (d) drücken und durch Abscheren zerkleinern. Die Betriebsweite ist durch die Anschläge (d) regulierbar.<sup>62</sup>

Abbildung 13: Funktionsweise eines Walzenbrechers<sup>63</sup>

Im Gegensatz zu Prall- und Hammerbrechern entsteht bei diesen Maschinen relativ wenig Feinkorn. Voraussetzung ist jedoch, dass die Spaltweite, Größe, Form und Anordnung der

<sup>61</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 39

<sup>62</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 41

<sup>63</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 51

Brechzähne auf den Anwendungsfall abgestimmt sind. Neben den Zweiwalzenbrechern sind auch Einwalzenbrecher (bei denen eine Walze fixiert ist) im Gebrauch.

### 3.4.2 Mühlen

Das Funktionsprinzip von Mühlen ist relativ einfach. Das zu mahlende Gut wird von mindestens zwei Walzen zerkleinert. Die Korngröße des Sekundärstoffes ergibt sich aus dem Abstand zwischen den Walzen. Bei der Aufbereitung von Baurestmassen werden sie jedoch selten verwendet.<sup>64</sup>

## 3.5 Trennung von Fremdstoffen

Der Sekundärrohstoff kann die Güteanforderungen nur dann erfüllen, wenn gewährleistet ist, dass die Qualitätsbestimmungen eingehalten worden und die Baurestmassen frei von Fremdstoffen sind. Dies kann im trockenen oder im nassen Zustand erfolgen.<sup>65</sup>

### 3.5.1 Trockenverfahren

Eine Variante der trockenen Klassierung ist die mit dem Windsichter. Die Genauigkeit der aussortierten Korngrößen geht von wenigen Mikrometern bis hin zu 0,5 mm. Bei diesem Verfahren sind Schwerkraft- und Zentrifugalsichter, sowie Quer- und Gegenstromsichter zu unterscheiden. Diese Luftstromsichter (statischer Sichter) besitzen keine Bauteile, die motorisch angetrieben sind. Die Feststoffe werden durch einen Gasstrom mit genormter Geschwindigkeit durch ein sogenanntes Sichterrohr befördert, wobei die Feinkorngrößen weiterbefördert werden und die großen Kornanteile durch Schwerkraft nach unten fallen. Einige Arten der Windsichter sind:<sup>66</sup>

- Zickzacksichter
- Streuwindsichter
- Zyklon-Umluftsichter
- Abweiseradsichter
- Stabkorbsichter

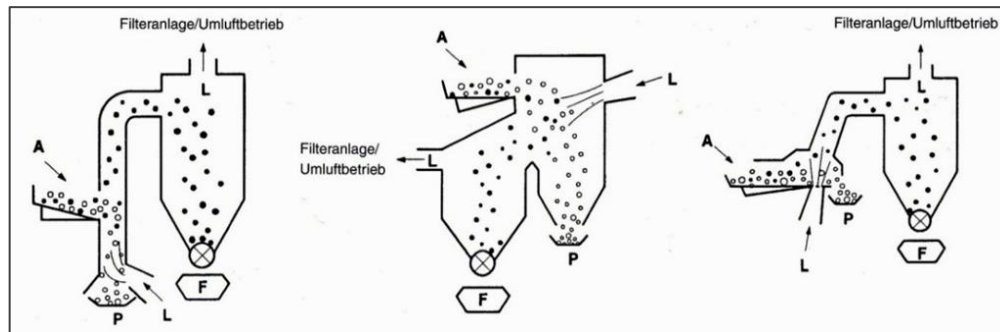
Die verschiedenen Varianten der Filteranlagen sind in Abbildung 14 bildlich dargestellt.

---

<sup>64</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 42

<sup>65</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 68

<sup>66</sup> Vgl. Siegfried Schneller: Baustoffrecycling im Hochbau; 2013; Seite 67

Abbildung 14: Funktionsweise eines Windsichters<sup>67</sup>

### 3.5.2 Nassverfahren (Nasssichter)

Die Nassverfahren beim Aufbereiten von Baurestmassen basieren auf dem Setzungsprinzip. Die Trennung der Fremdstoffe erfolgt in einem Wasserbecken, wodurch schwimmende Materialien wie Holz, Papier usw. an die Oberfläche treiben. Das schwerere, bei Baurestmassen meist mineralische Recycling-Material, wird durch das Wasser zusätzlich gereinigt und sinkt auf ein sich darunter befindliches Förderband. Dieses Band transportiert das gesäuberte Material in Gegenstromrichtung ab. Beim Nassverfahren kann zwischen dem Aquamotor und Schnecken-Aufstrom-Sortierer unterschieden werden.<sup>68</sup>

#### 3.5.2.1 Aquamotor

Das zur Sichtung zugebrachte Material muss auf 8 bzw. 16 bis 45 mm Korndurchmesser beschränkt werden. Beim Aquamotor wird das Schutt-Wassergemisch über eine Einspülschurre in das Trenn- bzw. Wasserbett befördert. Die Materialien mit geringerer Dichte schwimmen auf und werden mittels Düsen von der Oberfläche zum Fuße des Aquamotors befördert und über ein Sieb ausgetragen. Die mineralischen Bestandteile bleiben am Grund liegen und werden über ein sich dort befindliches Förderband entgegen der Fließrichtung über ein Sieb geleitet. Der Wasserbedarf bei einem Aquamotor beträgt ca. 1 m<sup>3</sup>/mg Baustoff. Je nach Größe des Beckens muss der Schlamm nach ein bis vier Wochen abgepumpt werden. Die Funktionsweise des Aquamotors ist in Abbildung 15 bildlich dargestellt.<sup>69</sup>

<sup>67</sup> Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 48

<sup>68</sup> Vgl. Siegfried Schneller: Baustoffrecycling im Hochbau; 2013; Seite 69

<sup>69</sup> Vgl. Angela Gewiese: Recycling von Baurestmassen; 1994; Seite 52

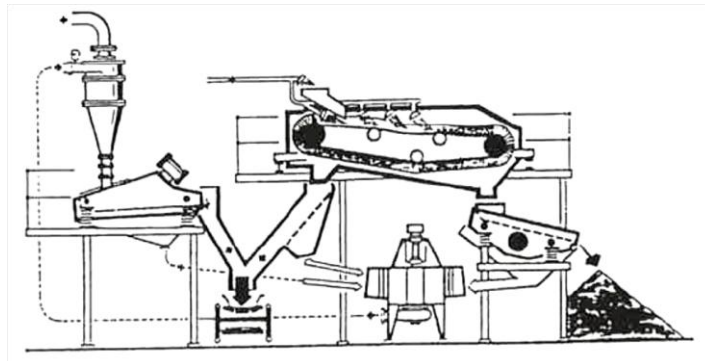


Abbildung 15: Verfahrensschema eines Aquamotors<sup>70</sup>

### 3.5.2.2 Schnecken-Aufstrom-Sortierer

Der Schnecken-Aufstrom-Sortierer besteht hauptsächlich aus einem schräg stehenden Trog durch den das Material aus dem Wasser über eine Schnecke hochbefördert wird. Durch die Schnecke entsteht eine zusätzliche Durchmischung bzw. Auflockerung des Materials. Durch Aufstrom- und Wasserdüsen werden die Störstoffe an die Oberfläche befördert. Dort werden sie gegen die Materialförderrichtung ausgeschieden. Das gereinigte mineralische Material wird durch die im letzten Arbeitsschritt der Welle befindliche Schneckenspirale abbefördert und entwässert. Das Wasser muss ähnlich wie beim Aquamotor alle ein bis vier Wochen gewechselt oder durch Absaugung des entstandenen Schlammes aufbereitet werden.<sup>71</sup>

### 3.5.3 Magnetabscheider

Das Prinzip eines Magnetabscheiders ist einfach. Das Material wird am Magneten vorbeifördert und der Magnet zieht die metallischen Festkörper aus dem Stoffgemenge. Man unterscheidet zwischen Unterband- und Überbandmagneten.<sup>72</sup>

#### 3.5.3.1 Eisenausscheider

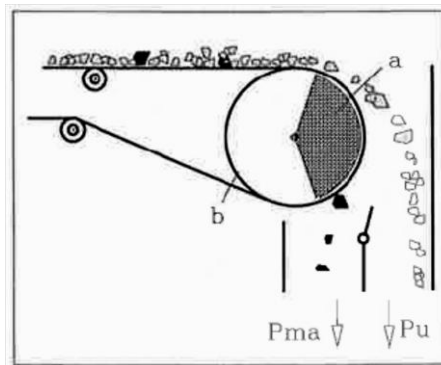
Die Funktionsweise des Eisenausscheiders ist in Abbildung 16 bildlich dargestellt. Häufig wird der Magnet auch in einer sogenannten Förderband-Umkehrtrommel (b) angeordnet. Das von metallischen Bestandteilen befreite Material (Pu) fällt normal vom Förderband. Die metallischen Bestandteile (Pma) werden durch den Magneten (a) am Förderband gehalten und fallen am Ende des Magneten in ein Auffanggefäß.<sup>73</sup>

<sup>70</sup> Angela Gewiese: Recycling von Baurestmassen; 1994; Seite 52

<sup>71</sup> Vgl. Angela Gewiese: Recycling von Baurestmassen; 1994; Seite 53

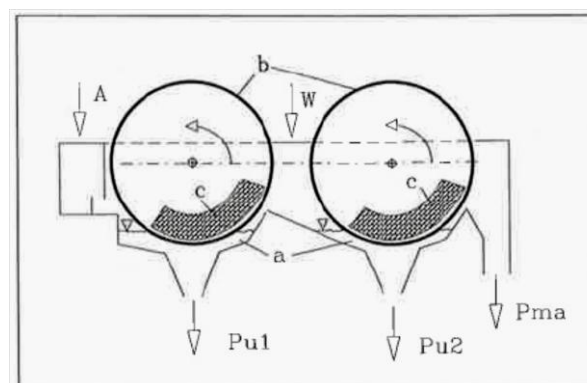
<sup>72</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 125

<sup>73</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 125

Abbildung 16: Magnettrommel zur Eisenabscheidung<sup>74</sup>

### 3.5.3.2 Nass-Trommel-Magnetscheider

Die Funktionsweise des Nass-Trommel-Magnetscheiders wird in Abbildung 17 bildlich dargestellt. Die Nass-Trommel-Magnetscheider sind die Standardmaschinen zum Aussortieren metallischer Bestandteile. Eine rotierende dichte Trommel (b) aus nichtmagnetischem Material wird in eine Wanne (a) getaucht, die das Permanentmagnetsystem (c) umfasst. Das metallische Material haftet bis zum Ende des Magnetsegments und fällt dann in einen Konzentrataustrag (Pma). Das nichtmagnetische Material (Pu) fließt mit dem Wasser wieder ab.<sup>75</sup>

Abbildung 17: Schema eines Nass-Trommel-Magnetscheiders<sup>76</sup>

## 3.6 Klassierungsanlagen

Die Klassierung dient dazu das Vorprodukt für die folgenden Verfahrensschritte in passende Korngrößen zu unterteilen und unerwünschte Stoffe auszuscheiden. Klassierungen sind häufig mit der Trennung von Stoffarten verbunden (sortieren). Bei der Klassierung gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:<sup>77</sup>

- Sieben
- Trennen

<sup>74</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 125

<sup>75</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 126

<sup>76</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 126

<sup>77</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 60

### 3.6.1 Siebanlagen

Siebanlagen dienen zur Trennung des Sekundärmaterials in unterschiedliche Korngrößen. Sie bestehen meist aus bewegten perforierten Membranen aus Kunststoff oder Metall bzw. aus Rosten aus Stahl oder Kunststoff.<sup>78</sup>

#### 3.6.1.1 Roste

Als Roste bezeichnet man Siebflächen, die durch stangenförmige Siebe zu großes Material ausscheiden. Bei Spaltweiten > 10 mm spricht man von Rosten. Bei Spaltweiten < 10 mm von Sieben. Roste mit einer starken Neigung dienen oft als erste Ausscheidung für die Grobbrecher. Dadurch gelangen nur gewollte Korngrößen in den Brecher. Roste, bei denen die Stangen nur auf einer Seite fixiert sind und schwingen, verringern die Gefahr, dass sich das Rohmaterial (Grenzkorn) zwischen den Stäben verklemmt. Auch das Risiko, dass lehmiges Material den Rost verklebt verringert sich.<sup>79</sup>

#### 3.6.1.2 Siebbeläge

Siebbeläge gibt es in verschiedenen Formen und Werkstoffen. Bei großen Lochweiten wählt man oft Lochplatten aus Stahl, heute auch teilweise aus Kunststoff. Der Regelfall sind jedoch immer noch Stahllochplatten. Für feine Korngrößen werden Siebewebe bevorzugt. Zum Teil dienen Siebbeläge auch zur Trennung von Wasser und Feinstoffen. Für diese Anwendung sind Spaltsiebböden gut geeignet, zum Beispiel aus (im Querschnitt) trapezförmigen Drähten. Die Stabilität der trapezförmigen Gebilde wird durch ummantelnde Querstäbe, die in regelmäßigen Abständen angebracht sind gewährleistet. Die Eigenschwingung der Drähte fördert die Selbstreinigung und verhindert Verstopfungen.<sup>80</sup>

#### 3.6.1.3 Schwingsiebe

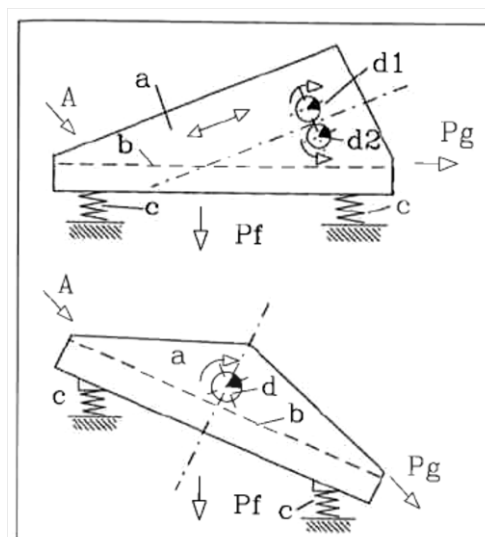
Die Funktionsweise eines Schwingsiebs ist in Abbildung 18 bildlich dargestellt. Schwingsiebe werden meist als Freischwinger mit Kraftbegrenzung ausgeführt und durch eine Unwucht erregt. Dazu zählen der Kreis- und der Linearschwinger. Die Siebkästen (a) bestehen aus Wangen und Traversen. Durch diese wird der Siebbelag (b) auf Stahl- oder Gummifelder (c) übertragen. Beim Kreisschwinger wird die Rüttelbewegung durch eine Unwucht, beim Linearschwinger durch sich entgegengesetzt bewegende Gewichte erzeugt. Diese Gewichte werden jeweils über Kardanwellen durch Motoren angetrieben. Die Siebbeläge können als Platten quer oder in Transportrichtung montiert sein.<sup>81</sup>

<sup>78</sup> Vgl. Siegfried Schneller: Baustoffrecycling im Hochbau; 2013; Seite 72

<sup>79</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 61

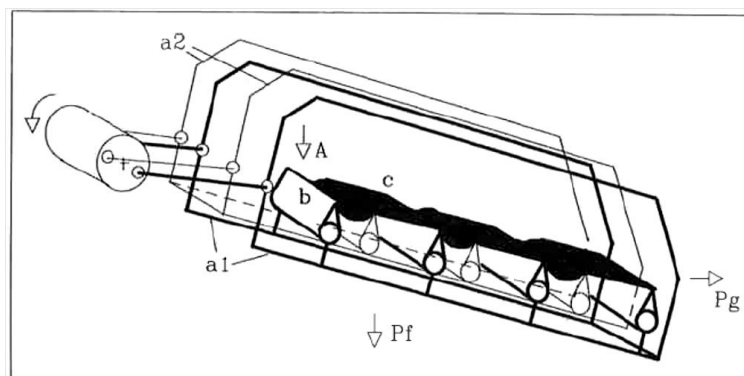
<sup>80</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 62

<sup>81</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 63

Abbildung 18: Funktionsweise eines Schwingsiebs<sup>82</sup>

### 3.6.1.4 Spannwellensieb

Das Spannwellensieb basiert auf dem Trampolineffekt mit einer sehr guten Auflockerung des Siebgutes. In Abbildung 19 ist die Funktionsweise bildlich dargestellt. Zwei gegenläufige Antriebe bewegen die Siebkästen (a1, a2), auf denen Quertraversen (b) montiert sind. Auf diesen Traversen ist ein mattenförmiger Siebelag (c) gespannt, welcher sich durch die gegenläufige Bewegung des Antriebes immer spannt und entspannt und dadurch den Trampolineffekt erzeugt.<sup>83</sup>

Abbildung 19: Funktionsweise eines Spannwellensiebes<sup>84</sup>

### 3.6.1.5 Trommelsieb

Das Trommelsieb ist das wahrscheinlich älteste mechanisch betriebene Sieb. Es basiert auf Rotation, durch welche das Siebmaterial immer wieder durchmischt wird und dadurch alle Schichten einen Kreislauf durchlaufen. Es besteht aus einer Trommel, deren Hülle aus ei-

<sup>82</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 63

<sup>83</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 67

<sup>84</sup> Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 67

nem Siebbelag aus Blech oder ähnlichem besteht. Durch Rotation der Trommel gerät das Siebgut in Bewegung und die nicht erwünschten Korngrößen werden ausgeschieden.

Trommelsiebe weisen gegenüber Schwingsieben einige Nachteile auf:<sup>85</sup>

- Es wirkt lediglich die Erdbeschleunigung auf das Material
- Nur ein Teil des Siebbelags kann wirksam sein
- Max. 30% der Siebtrommel dürfen befüllt sein

Aus diesem Grund werden Trommelsiebe nur mehr zur Kies- und Sandaufbereitung herangezogen.

### 3.6.1.6 Bogensieb

Zum Absieben von Suspensionen bei Trennkorngrößen, die unterhalb von 2 mm liegen, haben sich Bogensiebe bewährt. Bogensiebe werden auch als Abscherklassierer bezeichnet. Die Siebfläche, die aus trapezförmigen Querstäben besteht, befindet sich in einem Kasten unter einem Aufgabebehälter. Auf dieser viertelkreisförmigen Siebfläche wird das zugeführte Material gesiebt. Das durchsiebte Material landet in der Feingutspitze. Am Ende des Siebbogens bildet sich ein Filterkuchen aus Material mit zu großer Körnung, welches abgeführt wird.<sup>86</sup>

## 3.7 Platzinfrastruktur

Neben der eigentlichen Aufbereitungsanlage sind einige Rahmenbedingungen sowie auch die Infrastruktur der Gesamtanlage und des Platzes zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Punkte beschreiben die wesentlichen Bestandteile bzw. Komponenten einer Platzinfrastruktur, die Art ihrer Ausführung und die daraus resultierenden Einflüsse. Die folgenden Punkte gelten für mobile sowie für stationäre Anlagen. Sofern nicht anders angegeben, entstammen die Inhalte aus „Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe“<sup>87</sup>.

### 3.7.1 Platzbefestigung

Je nach Bodenbeschaffenheit, geologischen oder hydrologischen Faktoren, ist es notwendig Bodenbefestigungen in Erwägung zu ziehen. Dies kann entweder mittels bituminöser, betongebundener Schichten oder anderer tragfähiger ungebundener Befestigungen wie Schotter oder ähnlichem erfolgen. Um ein sicheres Arbeiten gewährleisten zu können muss die Standsicherheit der Anlage gegeben sein.

---

<sup>85</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 67

<sup>86</sup> Vgl. Hans Kellerwessel: Aufbereitung disperser Feststoffe; 1991; Seite 68

<sup>87</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 111



### **3.7.2 Platzentwässerung**

Die übliche Entwässerung erfolgt bevorzugt über Entwässerungsmulden. In Ausnahmefällen werden auch Koaleszensabscheider verwendet. Das abfließende Wasser wird normalerweise mit Filtern von Leichtstoffen befreit. Durch diese wird die Sauberkeit des abfließenden Wassers gewährleistet. In Ausnahmefällen erfolgt die Entwässerung bei unkritischen hydrologischen Verhältnissen in unbefestigte Randbereiche.

### **3.7.3 Eingangskontrolle**

Zur Eingangskontrolle können Monitore, eine Bühne oder ein erhöhtes Büro errichtet werden. Dies hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Materials und den ordnungsgemäßen Betrieb.

### **3.7.4 Materialsortendifferenzierung**

Um die verschiedenen Materialien getrennt lagern zu können, hat eine Aufteilung des Platzes zu erfolgen. Bei den Materialien handelt es sich hauptsächlich um Betonaufbruch, bituminösen Straßenaufbruch und Ziegelschutt. Die bevorzugte Lagerung erfolgt in Containern, Boxen und Silos. Diese Materialsortendifferenzierung ist entscheidend für die Produktqualität und die Wirtschaftlichkeit des gesamten Aufbereitungsprozesses.

### **3.7.5 Radwaschanlage**

Bei den Radwaschanlagen gibt es die Ausführungen mit Einachsen- oder Mehrachsenwaschanlagen und Wasserbecken. Diese Radwaschanlagen sind oft gesetzlich gefordert, da die Sauberkeit für anschließende Straßen gewährleistet sein soll. Dies verbessert außerdem die Akzeptanz der Anrainer und anderer Benutzer von Straßen oder ähnlichen öffentlichen Wegeinrichtungen.

### **3.7.6 LKW-Dusche**

LKW-Duschen sind Anlagen, welche auf Anforderung die Ladung der LKWs mit Wasser besprühen um Staubemissionen zu minimieren. Die LKW-Duschen schonen die Umwelt, und verhindern eine Staubbelastung für Passanten und Anrainer.

### **3.7.7 Sicherstellungsflächen**

Sicherstellungsflächen sind speziell gekennzeichnete Lagerplätze zur Zwischenlagerung von fragwürdigem Eingangsmaterial. Dies sind zum Beispiel regengeschützte Container oder Überdachungen unter denen das Material bis zur Weiterverarbeitung gelagert werden kann.

### 3.7.8 Betankungsanlage

Betankungsanlagen sind Anlagen zur Betankung von LKW, Radladern, Baggern und Aufbereitungsanlagen, welche mit doppelwandigem Tank, wasserundurchlässiger Befestigung und gegebenenfalls mit einer Entwässerung bzw. Überdachung ausgestattet sind. Durch solche Anlagen ist eine ortsnahe, ordnungsgemäße und umweltgerechte Fahrzeugbetankung gewährleistet. Bei entsprechender Ausführung mit speziellen Wascheinrichtungen kann so eine Anlage gleichzeitig als Waschplatz für Mobilgeräte verwendet werden.

### 3.7.9 Verkehrsführung

Es ist eine geeignete und logistisch sinnvolle Verkehrsführung zu planen. Zu beachten sind die Wenderadien und ein guter Anschluss an das lokale Straßennetz. Die Planung der Verkehrsführung ist für einen störungsfreien Betrieb unabdingbar. Dies bietet Kundenfreundlichkeit und verhindert Störungen im öffentlichen Verkehr.

### 3.7.10 Immissionsschutz

Eine große Bedeutung beim Einsatz von Bauschutttaufbereitungsanlagen sind der Immissionsschutz und umweltrechtliche Angelegenheiten. Bei der Baurestmassenaufbereitung sind es im Wesentlichen die Handhabung von staubigen Gütern und schalltechnischen Belange. Der Immissionsschutz wird gesetzlich im BGI I 115/1997 festgehalten.

Bei der Konzeption der Einrichtungen für Aufbereitungsanlagen sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Staubbindende Bedüsung von relevanten Bandabwurf und Übergabestellen
- Abdeckung staubender Bänder
- Kapselung relevanter Siebmaschinen
- Staubentstehung im Bereich des Brechers
- Ausreichende Beruhigungsstrecke am Brecherauslauf
- In manchen Fällen absaugende und filternde Entstaubung des Brechers
- Entstaubung des Windsichters oder komplett geschlossener Luftkreislauf
- Bewässerung der Haldenoberflächen und des Platzes
- Ständige Reinigung der Fahrwege
- Befeuchtung des beladenden Materials beim Transport staubender Güter
- Wahl des Standortes auch unter schalltechnischen Aspekten
- Planung von Erdwallen
- Gegebenenfalls schallabsorbierende Einschlüsse von schallemittierenden Aggregaten
- Gummieren von schallemittierenden Schurren, Rutschen und Trichtern
- Bei relevanten Siebmaschinen Einsatz von Kunststoffen- oder Gummisiebbeläge

### 3.7.11 Sicht- und Lärmschutzwall

Zur Minimierung der Lärmbelästigung sind Sicht- und Lärmschutzwälle zu erstellen. Diese sind bevorzugt begrünt auszuführen. Dies ist eine empfehlenswerte Maßnahme zum konfliktlosen Umgang mit Anrainern, um die Akzeptanz zu erhöhen. Ein Sichtschutzwall ist jedenfalls zu errichten, wenn eine Umweltverträglichkeitsprüfung das verlangt.

### 3.7.12 Druckluftversorgung

Falls Anlagen oder Reinigungsgeräte Druckluft benötigen, erfolgt deren Bereitstellung in den meisten Fällen mit Kompressoren vor Ort. Diese werden vorwiegend mit Diesel angetrieben.

### 3.7.13 Stromversorgung

Heutzutage werden auf Baustellen eine Vielzahl von elektrischen Geräten, Maschinen und technischen Hilfsmitteln eingesetzt. Die Nutzung und der Umgang mit elektrischem Strom unterstehen jedoch gewissen Sicherheitsrichtlinien.

Auf Bau- bzw. Abbruchstellen hat die Stromversorgung zu erfolgen durch:<sup>88</sup>

- Anschlusschrank
- Abzweigung einer vorhandenen ortsfesten Leitung, welche zur Baustelle abgezweigt wird
- Transformator
- Ersatzstromversorgungsanlage

Da auf Baustellen sehr viele strombetriebene Geräte und Maschinen verwendet werden, müssen alle Steckdosen mit FI-Schutz versehen werden. Gefordert wird:

- FI-Schutz für Wechselstrom-Steckdosen (Nennfehlerstrom von 30 mA)
- FI-Schutz für sonstige Steckdosen (Nennfehlerstrom von 500 mA)

Vorgeschriebene Schutzarten sind:<sup>89</sup>

- *„Schalt- und Steuergeräte und elektrische Maschinen: IP 44*
- *Schalter, Steckvorrichtungen und Abzweigdosen: IP X4*
- *Schweißstromquellen im Freien: IP 23*
- *Handleuchten: IP X5*
- *Wärmegeräte: IP X4*
- *Handgeführte Elektrowerkzeuge: IP 2X“*

---

<sup>88</sup> Vgl. Wolfgang Rönspiess: [http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Elektro\\_Baustromversorgung\\_152974.html](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Elektro_Baustromversorgung_152974.html); Zugriff am 4.5.2015

<sup>89</sup> Wolfgang Rönspiess: [http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Elektro\\_Baustromversorgung\\_152974.html](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Elektro_Baustromversorgung_152974.html); Zugriff am 4.5.2015

Wird eine Aufbereitungsanlage mittels Strom betrieben gibt es im Regelfall einen fixen Stromanschluss mit Verteilerkästen, welche an wichtigen Zweigstellen am Anlagenplatz platziert sind.

### **3.7.14 Arbeiterschutz**

Bei der Konzeption der Baustelleneinrichtungen sind der Arbeiterschutz und die gesetzlichen geregelten Rahmenbedingungen zu beachten. Dazu gehören die Richtlinien der Steinbruchgesellschaft und die Verordnung über Arbeitsstätten.

## **3.8 Einsatzgebiete der Aufbereitungsanlagen**

Je nach Einsatzgebiet ist die Anlage von der örtlichen Behörde zu genehmigen. Während dieses Prozesses hat der Antragsteller eine Angabe und Erklärung über den Einsatzort, die dort vorherrschenden geologischen, hydrologischen, topographischen und infrastrukturellen Verhältnisse und eine klare Beschreibung der Art des Vorhabens vorzulegen. Das eingereichte Formular wird von Fachingenieuren geprüft und je nach dem genehmigt oder ein Lösungsansatz vorgeschlagen, wodurch dieser Prozess wieder zu durchlaufen ist. Die gesetzliche Grundlage bilden das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) und die Abfallbehandlungspflichtverordnung. Dabei sind bei ortsfesten Anlagen besonders § 37, § 38 und § 39 des AWG 2002 zu beachten. Bei mobilen Aufbereitungsanlagen vor allem § 52 des AWG 2002.<sup>90</sup>

### **3.8.1 Einsatzgebiet - mobile Aufbereitungsanlagen**

Mobile Anlagen sind wie oben schon erwähnt von den örtlichen Behörden genehmigen zu lassen. Bei der jeweiligen Behörde sind Angaben über Art und Zweck der Anlage zu machen. Für die Genehmigung sind ebenfalls ökologische Kriterien vor Ort, die Anlagenbeschreibung, zu erwartende Abfälle und eine Beschreibung und Kalkulation der zu erwartenden Emissionen. Diese Anforderungen und Vorschriften sind im BGBl I Nr. 102/2002 Abschnitt 6 in den §§ 52 und 53 detailliert beschrieben.<sup>91</sup> Eine mobile Anlage darf maximal sechs Monate am selben Ort betrieben werden. Die Rentabilität der jeweiligen Anlage ist vom Vorhaben, von der Infrastruktur, von den behördlichen Rahmenbedingungen und von den benötigten Einrichtungen abhängig.<sup>92</sup>

### **3.8.2 Einsatzgebiet - stationäre Aufbereitungsanlagen**

Bei einer stationären, also ortsfesten Aufbereitungsanlage gilt auf Grund der Verbindung mit Grund und Boden und der komplexeren Beschaffenheit andere Genehmigungsbedingungen.

<sup>90</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

<sup>91</sup> [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002\\_102\\_1/2002\\_102\\_1.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002_102_1/2002_102_1.pdf); Zugriff am 20.3.2017

<sup>92</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

Die Entscheidung ob man als Nutzer eine stationäre oder mobile Anlage bevorzugt, hängt von Transportkosten und der Wiederverwendung des Sekundärmaterials ab. Diese werden im Kapitel 4 ausführlich behandelt. Für die Genehmigung zur Errichtung einer stationären Anlage ist das AWG 2002 und davon besonders das BGBl I Nr. 102/2002 Abschnitt 6 § 37 einzuhalten. In den nachfolgenden Punkten werden alle zu beachtenden Punkte und Gesetzlichen Verordnungen die für die Genehmigung erforderlich sind erläutert.<sup>93</sup>

### 3.9 Genehmigungsverfahren für Aufbereitungsanlagen

Das Genehmigungsverfahren für Aufbereitungsanlagen ist ein formloses Verfahren, das bei der Bezirksverwaltungsbehörde oder beim Landeshauptmann eingereicht werden muss. Für ein erfolgreiches Genehmigungsverfahren für Anlagen zur Aufbereitung von Baurestmassen bedarf es ein gewisses Maß an Wissen über Zusammenhänge von Markt, Recht, Politik, Technik, Umweltchemie, Bautechnik und Wasserwirtschaft. Die Durchführung eines Genehmigungsverfahrens ist erst sinnvoll, wenn die Grundlagenermittlung, Vorplanung und Entwurfsplanung abgeschlossen sind.<sup>94</sup>

Wichtige Punkte für die Vorbereitung der Einreichung sind:<sup>95</sup>

- Kalkulation
- Standortsuche
- Standortfindung
- Prüfung des Standortes auf Genehmigungsfähigkeit
- Entwicklung der Maschinenteknik
- Entwicklung der Infrastruktur
- Einpassung von Infrastruktur und Maschinenteknik an den gefundenen Standort

Bereits in dieser Phase ist eine fachmännische Vermessung der Lage, Höhe und des Geländes erforderlich. Dies hat den Zweck, allen Beteiligten eine genaue Planungsgrundlage übergeben zu können. Im Zuge der ersten Grundkalkulation sind alle entstehenden Kosten und Erlöse zu erfassen und separat zu untersuchen.

Bei den Kosten sind das zum Beispiel:<sup>96</sup>

- Personal
- Pacht
- Infrastruktur
- Maschinenteknik, Peripheriegeräte

<sup>93</sup> [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002\\_102\\_1/2002\\_102\\_1.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002_102_1/2002_102_1.pdf); Zugriff am 20.3.2017

<sup>94</sup> Fachgespräch mit Paul Fritz: Amt der bgl. Landesregierung; 20.3.2017

<sup>95</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 61

<sup>96</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 61

- Entsorgung
- Versicherung, Steuer, Beiträge für Verbände und Dritte
- Abschreibung, interne Verzinsung, Reparatur, Verschleiß
- Marketing
- Eigenüberwachung, Fremdüberwachung
- Energie
- Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn

Die Erlöse für die Betreiber der Aufbereitungsanlage setzen sich aus den Annahme- und Abgabeerlösen zusammen. Bei der Standortfindung spielen außer Eigentumsverhältnisse auch die Faktoren Kauf- und Pachtpreis, Lage und Raum, Infrastruktur und örtliche Bedingungen, Mitbewerber und Deponien eine entscheidende Rolle. Nach dem die Standortsuche und die wirtschaftliche Eignung überprüft wurden, ist der Standort außerdem auf seine Genehmigungsfähigkeit zu überprüfen. Dieser Prozess hat in enger Abstimmung mit den dafür zuständigen Behörden zu erfolgen. Eine große Rolle dabei spielen die Fachstellen für Schall- und Staubemissionen, Erschütterungen und Verkehrsaufkommen. Im Zuge dessen entscheidet sich auch welche Genehmigungen einzuholen und welche Verordnungen einzuhalten sind. Die Regelungen und Vorgehensweisen unterscheiden sich von Bundesland zu Bundesland und sind zu eruieren. Die zu beachtenden Gesetze und Punkte werden im Abschnitt 2.4 behandelt.

Der Maschinenteknik sollte bereits in den ersten Phasen der Planung Aufmerksamkeit geschenkt werden. Nur wenn verfahrenstechnische Klarheit herrscht, kann man davon ausgehen, dass die Behörden die Genehmigungsunterlagen akzeptieren. Dafür sind rechtzeitig Fachingenieure aus dem Bereich Maschinenbau zu engagieren um im Prozess der Entscheidungsfindung zügig und korrekt voranzukommen.

Neben der Entwicklung der Maschinenteknik, ist am Anlagenort besonderes Augenmerk auf die Infrastruktur zu werfen. Auch in diesem Bereich ist es ratsam Fachleute heranzuziehen. Bei Anlagen zur Aufbereitung von Baurestmassen liegt hier der Focus in der Entwicklung des Oberflächen- und Entwässerungsplanes. Die einzuhaltenden Rahmenbedingungen der zuständigen Behörden sind von abfallrechtlichen, wasserrechtlichen und baurechtlichen Situationen des Realisierungsraumes abhängig. Zu diesen kommen zusätzlich noch die Schutzmaßnahmen des Anlagenbetreibers.

Im letzten Schritt der Grundlagenermittlung und Vorplanung erfolgt die Einpassung der entwickelten Maschinenteknik und Infrastruktur in das Gelände. Dies hat unter besonderer Berücksichtigung des vorhandenen Ökosystems zu erfolgen. Sind die vorher genannten Schritte absolviert, kann die Bearbeitung des Genehmigungsverfahrens beginnen. Hier kann

es zu Rückkopplungen zwischen den verschiedenen Fachleuten kommen, wodurch manche Schritte doppelt durchzuführen sind.<sup>97</sup>

### 3.9.1 Genehmigung - mobile Aufbereitungsanlagen

Zuständige Stelle für die Genehmigung einer mobilen Aufbereitungsanlage ist die örtliche Abfallwirtschaftsbehörde (Landeshauptmann). Liegt der Sitz der Antragstellerin/des Antragstellers nicht im Bundesland des Aufstellungsorts, ist der Landeshauptmann in dessen Bundesland die mobile Aufbereitungsanlage erstmals aufgestellt und betrieben werden soll zuständig.

Dem Antrag auf Genehmigung sind folgende Unterlagen in vierfacher Ausfertigung zu übermitteln:<sup>98</sup>

- Angaben über Art, Zweck und Umfang der vorgesehenen Behandlung
- Angaben über die zu behandelnden Abfallarten
- Angaben über das vorgesehene Behandlungsverfahren
- Allgemeine Kriterien für die Aufstellungsorte
- Anlagenbeschreibung, einschließlich erforderlicher Pläne und Skizzen
- Beschreibung der beim Betrieb der Behandlungsanlage zu erwartenden Abfälle und die Vorkehrungen zur deren Vermeidung, Verwertung oder Beseitigung
- Beschreibung der zu erwartenden Emissionen und Angaben über Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Emission

#### 3.9.1.1 Rechtsgrundlagen, Kosten und zusätzliche Informationen

Als Rechtsgrundlage für die Genehmigung von mobilen Aufbereitungsanlagen dient das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002), mit besonderem Augenmerk auf den § 52 (Verordnung über mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen, BGBl II Nr. 472/2002). Die Höhe der anfallenden Kosten ergibt sich nach den verschiedenen Abgaben- und Gebührenverordnungen. Auskunft über anfallende Kosten gibt die zuständige Bezirksverwaltungsbehörde.

Wenn die mobile Anlage in einem dicht bebautem Gebiet wo dritte durch Lärm, Erschütterungen, Staub usw. belästigt werden, oder durch den Betrieb Leib und Leben gefährdet werden kann, ist die Behörde verpflichtet Auflagen, Bedingungen oder Befristungen vorzuschreiben, um die folgenden Voraussetzungen zu wahren:

- Das Leben und die Gesundheit der Menschen werden nicht gefährdet
- Die Emissionen von Schadstoffen werden nach dem Stand der Technik begrenzt

<sup>97</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 62

<sup>98</sup> Vgl. [https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt\\_und\\_verkehr/abfallsammlung\\_abfallbehandlung/anlagen/mobile\\_anlagen\\_genehmigungspflicht/36525.html](https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt_und_verkehr/abfallsammlung_abfallbehandlung/anlagen/mobile_anlagen_genehmigungspflicht/36525.html); Zugriff am 2.3.2017

- Anrainer werden nicht durch Erschütterungen, Lärm, Staub, usw. belästigt
- Gebäude, Eigentum und sonstige dingliche Rechte der Anrainer werden nicht gefährdet
- Die beim Betrieb der Anlage anfallenden Abfälle werden ordnungsbemäß beseitigt
- Sonstige öffentliche Interessen des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG 2002)

Zusätzlich hat die Behörde unter Berücksichtigung der Umgebung, Natur und Anrainer, Maßnahmen zum Schutz vorzuschreiben. Können diese Bedingungen nicht erfüllt werden wird der Genehmigungsantrag abgewiesen.

### **3.9.1.2 Selbstüberprüfungspflicht – mobile Aufbereitungsanlagen**

Genehmigungsinhaber/innen sind verpflichtet, ihre mobilen Abfallbehandlungsanlagen regelmäßig selbst zu kontrollieren. Folgende Punkte sind zu beachten:

- Eigenkontrolle durch eine Fachperson oder eine Fachanstalt
- Die Eigenkontrolle muss mindestens alle fünf Jahre durchgeführt werden
- Über jede Eigenkontrolle ist ein Bericht zu verfassen
- Werden bei der Eigenkontrolle Mängel festgestellt ist eine Kopie des Berichts an die Behörde weiterzuleiten
- Die Berichte müssen mindestens sieben Jahre lang aufbewahrt werden

### **3.9.2 Genehmigung – stationäre Aufbereitungsanlagen**

Die Errichtung, der Betrieb und eine markante Änderung einer ortsfesten Aufbereitungsanlage müssen von der zuständigen Stelle genehmigt werden. Zuständige Stelle ist die Abfallwirtschaftsbehörde, welche am Betriebsstandort örtlich zuständig ist. Diese Zuständigkeit kann aber vom Landeshauptmann auf die jeweilige Bezirksverwaltungsbehörde delegiert werden.

Dem Genehmigungsantrag müssen folgende Unterlagen in vierfacher Ausfertigung übermittelt werden:<sup>99</sup>

- *„Angaben über die Eignung des vorgesehenen Standortes*
- *Angaben über Art, Zweck, Umfang und Dauer des Projekts*
- *Grundbücherliche Bezeichnung der von der Behandlungsanlage betroffenen Liegenschaft unter Anführung der Eigentümerin/des Eigentümers und unter Anschluss eines amtlichen Grundbuchsauszugs (nicht älter als sechs Wochen)*
- *Wenn die Antragstellerin/der Antragsteller nicht selbst Eigentümerin/Eigentümer ist: zusätzlich Zustimmungserklärung der Liegenschaftseigentümerin/des Liegenschaftseigentümers, auf deren/dessen Liegenschaft die Behandlungsanlage errichtet werden soll*
- *Bekanntgabe der Inhaberin/des Inhabers über rechtmäßig ausgeübte Wassernutzungen*

<sup>99</sup> [https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt\\_und\\_verkehr/abfallsammlung\\_abfallbehandlung/anlagen/ortsfeste\\_anlagen\\_genehmigung/36448.html](https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt_und_verkehr/abfallsammlung_abfallbehandlung/anlagen/ortsfeste_anlagen_genehmigung/36448.html); Zugriff am 3.3.2017



- *Betriebsbeschreibung (einschließlich Angaben der zu behandelnden Abfallarten, Behandlungsverfahren und eines Verzeichnisses der Maschinen und sonstigen Betriebseinrichtungen)*
- *Für Anlagen zur Verbrennung oder Mitverbrennung mit energetischer Verwertung eine Darstellung der Energieeffizienz*
- *Baubeschreibung mit den erforderlichen Plänen und Skizzen*
- *Abfallwirtschaftskonzept*
- *Beschreibung der zu erwartenden Emissionen der Behandlungsanlage und Angaben über die Vermeidung oder – sofern dies nicht möglich ist – die Verringerung der Emissionen*
- *Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung der Behandlungspflichten nach dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002 und der Abfallbehandlungspflichtenverordnung“*

Bei Beantragung der Genehmigung eines Deponieprojekts müssen zusätzlich folgende Unterlagen in vierfacher Ausfertigung übermittelt werden:<sup>100</sup>

- *„Angaben zu den hydrologischen, geologischen und wasserwirtschaftlichen Merkmalen des Standortes*
- *Angaben über die Deponie(unter)klasse und das vorgesehene Gesamtvolumen*
- *Betriebs- und Überwachungsplan (einschließlich einer Beschreibung der zum Schutz der Umwelt, insbesondere der Luft und der Gewässer, vorgesehenen Maßnahmen unter Angabe der vorgesehenen Messverfahren, Angaben zu den deponietechnischen Anforderungen und den sicherheitstechnischen Maßnahmen)*
- *Angaben über Maßnahmen zur Verhinderung von Unfällen und zur Begrenzung von deren Folgen für die Menschen und die Umwelt*
- *Angaben über die für die Stilllegung des Deponiebetriebs vorgesehenen Maßnahmen (vorläufiger Stilllegungsplan) und die Nachsorgemaßnahmen, insbesondere ein Überwachungsplan*
- *Angaben über die Art und Höhe der Sicherstellung*
- *Darstellung der Abdeckung der Kosten der Errichtung, der geschätzten Kosten des Betriebs, der Stilllegung und der Nachsorge im in Rechnung zu stellenden Entgelt für die Ablagerung aller Abfälle auf der Deponie“*

### 3.9.2.1 Rechtsgrundlage und Kosten

Als Rechtsgrundlage dient die Abfallbehandlungsverordnung und das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002), mit besonderer Wirkung von § 37 in Verbindung mit §§ 38 und 39. Zudem ist die Abfallbehandlungspflichtverordnung BGBL II Nr. 459/2004 einzuhalten. Die Kosten richten sich nach den Abgaben- und Gebührenverordnungen an die Behörden. Auskunft über anfallende Kosten gibt die zuständige Stelle.

---

<sup>100</sup> [https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt\\_und\\_verkehr/abfallsammlung\\_abfallbehandlung/anlagen/ortsfeste\\_anlagen\\_genehmigung/36448.html](https://www.usp.gv.at/Portal.Node/usp/public/content/umwelt_und_verkehr/abfallsammlung_abfallbehandlung/anlagen/ortsfeste_anlagen_genehmigung/36448.html); Zugriff am 3.3.2017

## 3.10 Prüftechnische Voraussetzungen

Prüftechnische Einrichtungen sind notwendig, um die gesetzlich vorgeschriebene Qualität einzuhalten. Dies erfordert Organisationsstrukturen, welche diese Qualität auch sichern. Dabei wird zwischen Eigen- und Fremdüberwachung unterschieden.<sup>101</sup>

### 3.10.1 Eigenüberwachung

Im Zuge der Eigenüberwachung ist sicherzustellen, dass nur zur Aufbereitung geeignete Baurestmassen übernommen werden. Um dies sicherzustellen ist eine lückenlose Dokumentation der Herkunft der angelieferten Baurestmassen erforderlich. Bei Bauschutt aus dem Wohnbaubereich kann angenommen werden, dass sich die verbauten Materialien nicht wesentlich verändert haben. Baurestmassen aus anderen Bereichen (Fabrikgebäude) müssen durch Vorerhebung beurteilt werden. Hier geht es in erster Linie um chemische Verunreinigungen.

Der Betreiber der Anlage hat für die ordnungsgemäße Betriebsführung zu sorgen und somit einen verantwortlichen Leiter mit staatlich anerkannter Ausbildung zu engagieren. Dieser hat die Mitarbeiter mit Informationen zu versorgen. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die ausführenden Personen sind im Abfallwirtschaftsgesetz 2002, Abschnitt 2, § 13d geregelt.<sup>102</sup>

### 3.10.2 Fremdüberwachung

Bei Fremdüberwachung erfolgt die Qualitätskontrolle über eine externe Person die durch die Behörde befähigt sein muss. Diese ist, falls eine Eigenüberwachung nicht möglich ist, vom Leiter der Anlage zu bestellen. Die Qualitätskontrollen sind nach den gesetzlichen Bedingungen zweimal jährlich durchzuführen. Bei einem Durchsatz unter 10.000 Tonnen pro Jahr ist eine jährliche Untersuchung ausreichend.<sup>103</sup>

---

<sup>101</sup> Vgl. Martin Mölgg & Rudolf Neurauder: Qualitätssicherung von Recyclingmaterialien zur Erfüllung der Beitragsfreiheit nach dem Altlastsanierungsgesetz; 2006; Seite 11

<sup>102</sup> Vgl. Martin Mölgg & Rudolf Neurauder: Qualitätssicherung von Recyclingmaterialien zur Erfüllung der Beitragsfreiheit nach dem Altlastsanierungsgesetz; 2006; Seite 11 - 12

<sup>103</sup> Vgl. Martin Mölgg & Rudolf Neurauder: Qualitätssicherung von Recyclingmaterialien zur Erfüllung der Beitragsfreiheit nach dem Altlastsanierungsgesetz; 2006; Seite 15

## 4 KOSTEN

Ein Investitionsvorhaben wie die Anschaffung einer Aufbereitungsanlage mit hohem Kapitaleinsatz verbunden. Die Entscheidung zur Realisierung eines solchen Vorhabens kann nach den Projektaufgaben wie der grundsätzlichen Standortsicherung und Kontakten mit Behörden zur Klarstellung der Genehmigungsfähigkeit des Standortes bzw. des Einsatzortes und betriebswirtschaftlichen Aspekten getroffen werden.

Die Prozesse kann man in folgende Phasen einteilen:<sup>104</sup>

- Planung
- Realisierung
- Kontrolle

Innerhalb der Planung spielen sich oft auch noch Subsysteme auf Ebene der bauwirtschaftlichen Beurteilung des Investitionsvorhabens ab. Diese Subsysteme können in folgende Phasen unterteilt werden:<sup>105</sup>

- Markt- und Wettbewerbsanalyse
- Erlös- und Kostenermittlung
- Investitions- und Deckungsbeitragsrechnung
- Kapitalbedarfs- und Liquiditätsplanung

Nur unter der Voraussetzung, dass diese betriebswirtschaftlichen Überlegungspunkte auch wirklich berücksichtigt und durchlaufen werden, ist eine fundierte Vorkalkulation möglich.

Die marktorientierte Beurteilung des Baustoff-Recyclings ist eine Grundvoraussetzung zur späteren Kalkulation der Erlös- und Kostensituation. Ausgangspunkt ist die am Standort zu erwartenden Mengen an Baurestmassen, die aufzubereiten sind. Diese sind in folgende Stoffe zu differenzieren:<sup>106</sup>

- Erdaushub
- Bauschutt
- Baumischabfälle

Nichtmineralischen Baurestmassen ist dabei größere Aufmerksamkeit zu schenken, weil die Aufbereitung aufwendiger und die Kalkulation komplexer ist. Mineralische Baurestmassen sind zum größten Teil homogen und Verunreinigungen können leichter entfernt werden. Bei der Ermittlung der aktuellen Preissituation sollte man weniger die Konkurrenz als die eigenen

---

<sup>104</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 313

<sup>105</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 313

<sup>106</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 314

erzielbaren Marktpreise ins Auge fassen. Auf diesen Faktoren aufbauend ist eine realitätsnahe Mengen- und Preisplanung möglich.

#### 4.1 Kosten aus Sicht des Betreibers einer stationären Anlage

Für einen Betreiber einer stationären Anlage fallen zum einen die einmaligen Kosten an, welche die Anlagenbestandteile wie Brecher, Siebanlage, Förderbänder und diverse Fahrzeuge wie Radlader usw. enthalten. Zum anderen kommen auf den Betreiber die Betriebs- und Instandhaltungskosten zu. Wie diese Kosten beeinflusst werden können, wird in den folgenden Unterpunkten analysiert. Die Informationen dazu stammen aus Gesprächen mit Anlagenbesitzern und Besichtigungen diverser Anlagen. Die Gespräche wurden von Mai bis Juni 2015 geführt. Dazu gehören die Unternehmen „Saubermacher Dienstleistungs AG“, „STRAKA Bau GmbH“ und „BAG Klösch Aufbereitungstechnik GmbH“.

Ist die Entscheidung für eine Anlagenart gefallen, ist eine Kalkulation aufzustellen, welche Erlöse, Kosten und somit die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens deutlich macht. Zur Analyse der Rentabilität ist es ratsam die entstehenden Kosten in fixe und variable Kosten zu unterteilen:<sup>107</sup>

- **Variable Kosten**

- Strom
- Diesel
- Reparatur
- Abfall- und Entsorgungskosten
- Raumkosten, Instandhaltungskosten usw.

- **Fixe Kosten**

- Personal
- Abschreibung
- Kalkulatorische Zinsen
- Geländepacht
- Versicherung
- Verwaltungskosten

Verwaltungskosten werden im Folgenden auf Grund fehlender Unterlagen vernachlässigt.

---

<sup>107</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 315

### 4.1.1 Investitionskosten – stationäre Aufbereitungsanlage

Wird eine stationäre Anlage angeschafft ist das mit erheblichen Kosten verbunden. In Tabelle 7 wird die Dimension der anfallenden Kosten dargestellt. Diese Kalkulation beinhaltet alle notwendigen Maschinen und Gerätschaften mit der eine durchschnittliche stationäre Anlage ausgestattet ist. Die Eingangswerte basieren auf der ÖBGL 2015. Tabelle 7 zeigt eine Investitionskalkulation für eine stationäre Aufbereitungsanlage.

<b>Investitionskosten – stationäre Anlage</b>		
Vibrationsaufgeber (A.0.10.1500)	113.500,00	[€]
Backenbrecher (A.1.00.1300)	298.000,00	[€]
Klassierungsanlage – Abscheidesieb (A.2.00.0640)	78.300,00	[€]
Förderungsanlage, 2 Stk. (A.5.00.2010)	24.000,00	[€]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung etc.) <sup>108</sup>	140.000,00	[€]
Hydraulikbagger mit Raupenfahrwerk (D.1.00.0060)	132.500,00	[€]
Abbruchausrüstung (D.1.81.0100)	108.500,00	[€]
Frontlader (D.3.10.0160)	221.000,00	[€]
LKW mit Allradantrieb (P.2.11.0260)	113.000,00	[€]
Büro- und Aufenthaltscontainer, 3 Stk. (X.3.00.0006)	10.800,00	[€]
Fahrzeugwaage (A.9.00.0016)	46.000,00	[€]
Mietpreis für Grundstück 10.000 m <sup>2</sup> für 10 Jahre <sup>109</sup>	480.000,00	[€]
<b>Mietpreis pro Jahr</b>	<b>48.000,00</b>	[€]
<b>Summe Investitionen</b>	<b>1.765.600,00</b>	[€]
<b>Summe Investitionen (exklusive Mietpreis)</b>	<b>1.285.600,00</b>	[€]
<b>Kapitalkosten</b>		
Anschaffungswert	1.285.600,00	[€]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
<b>Jährliche Abschreibung</b>	<b>128.560,00</b>	[€/Jahr]
Fremdkapital	882.800,00	[€]
p (Zinsfuß in % pro Jahr)	6,50	[%]
n (Laufzeit in Jahren)	10,00	[a]
<b>Tilgung pro Jahr</b>	<b>88.280,00</b>	[€/Jahr]
Zinsen Gesamt	315.601,00	[€]
Tilgung und Zinsen Gesamt	1.198.401,00	[€]
<b>Kalkulatorische Zinsen pro Jahr</b>	<b>31.560,10</b>	[€/Jahr]
<b>Summe - Kapitalkosten pro Jahr</b>	<b>296.400,10</b>	[€/Jahr]

Tabelle 7: Investitionskosten bei einer stationären Anlage

<sup>108</sup> Vgl. Peter Bucher: Verwertung von Baurestmassen unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten; 2004; Anhang C

<sup>109</sup> Vgl. Peter Bucher: Verwertung von Baurestmassen unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten; 2004; Anhang C

Die Erläuterung zu den Berechnungen in Tabelle 7 zeigen die folgenden Unterpunkte:

- **Summe Investitionen:**

Die Summe der Investitionskosten beinhaltet alle Anschaffungspreise inklusive der Miete des Grundstücks pro Jahr. Die Eingangswerte der Anlagen und Einrichtungen entstammen der ÖBGL 2015.

- **Mietpreis pro Jahr:**

Der Mietpreis pro Jahr ergibt sich aus der Division der Grundstücksrente durch die Nutzungsjahre.

- **Jährliche Abschreibung:**

Die jährliche Abschreibung ergibt sich mittels Division des Anschaffungswertes durch die Nutzungsdauer. Die Abschreibung in Tabelle 7 erfolgt für alle Maschinen, (Brecher, Bagger, LKW, Baggerlader).

- **Kalkulatorische Zinsen pro Jahr:**

Die Kalkulatorischen Zinsen werden dem Gläubiger jährlich für geliehenes Kapital bezahlt. Grundlage für die Berechnung sind der Zinsfuß (6,5 %), das Fremdkapital und die Laufzeit (10 Jahre). Durch die jährliche Tilgung des Kredits verringert sich auch die Basis für den jährlichen Zins. Der Kalkulatorische Zins (31.560,10 €) ist ein Durchschnittswert vom ersten (57.382 €) bis zum letzten (5.738,20 €) Rückzahlungsjahr.

- **Summe Kapitalkosten:**

Die Summe der Kapitalkosten pro Jahr errechnet sich durch Addition des Mietpreises pro Jahr, der jährlichen Abschreibung und der jährlichen kalkulatorischen Zinsen. Das Fremdkapital ist mit 50 % von der Summe der Investitionskosten angenommen.

Aus dieser ersten Aufstellung der Kapitalkosten ist ersichtlich, welcher Betrag sich pro Jahr für einen Betreiber einer Aufbereitungsanlage ergibt. Die Gerätepreise der ÖBGL werden nicht mit dem GHPI multipliziert da die Investition einmalig ist und sich die Kalkulation nicht jährlich wiederholt. Die Betriebskosten der Anlagen und Einrichtungen einer stationären Anlage sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

#### **4.1.2 Betriebskosten – stationäre Aufbereitungsanlage**

In den folgenden Unterpunkten werden die Betriebskosten der Anlagen und Einrichtungen analysiert. Die Betriebskosten der Anlage basieren auf der ÖBGL 2015. Die Ausgangswerte für die Einrichtungen sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 aufgelistet. Die Annahmen der Anlagen und Einrichtungen werden von Tabelle 7 und der ÖBGL weitergeführt.

	Brecher	Bagger	Frontlader	LKW	
<b>ÖBGL - Nummer</b>	<b>A.1.00.1300</b>	<b>D.1.00.0060</b>	<b>D.3.10.0160</b>	<b>P.2.11.0260</b>	-
<b>AV</b>	5.950,00	2.650,00	7.050,00	3.280,00	€/Mo
<b>Mtl. Reparatur</b>	3.870,00	2.120,00	5.950,00	2.490,00	€/Mo
<b>Leistung</b>	160,00	60,00	160,00	260,00	kW
<b>Dieselmotorkraftstoff</b>	0,90	0,90	0,90	0,90	€/l
<b>Kraftstoffverbrauch</b>	0,20	0,20	0,20	0,20	l/kWh
<b>Arbeitsstunden pro Monat</b>	143,33	143,33	143,33	143,33	h/Mo
<b>Arbeitsstunden pro Jahr<sup>110</sup></b>	1.720,00	1.720,00	1.720,00	1.720,00	h/Jahr
<b>GHPI - Nr. 46.63.10<sup>111</sup></b>	1,018	1,018	1,018	1,018	-
<b>Mittellohnkosten<sup>112</sup></b>	37,05	37,05	37,05	37,05	€/h

Tabelle 8: Basiswerte für die Kalkulation der Betriebskosten – 1<sup>113</sup>

	Vibrations- aufgeber	Klassier- anlage	Förder- anlage	Abbruch- ausrüstung	Container	Waage	
<b>ÖBGL – Nummer</b>	<b>A.0.10.1500</b>	<b>A.2.00. 0640</b>	<b>A.5.00. 2010</b>	<b>D.1.81.0100</b>	<b>X.3.00. 0006</b>	<b>A.9.00. 0016</b>	-
<b>AV</b>	3.290,00	2.110,00	383,00	2.170,00	54,00	1.700,00	€/Mo
<b>Mtl. Reparatur</b>	2.190,00	1.410,00	251,00	1.730,00	48,50	830,00	€/Mo
<b>Leistung</b>	37,00	18,50	2,20	-	-	-	kW
<b>Dieselmotorkraftstoff</b>	0,90	0,90	0,90	-	-	-	€/l
<b>Kraftstoff- verbrauch</b>	0,20	0,20	0,20	-	-	-	l/kWh
<b>Arbeitsstunden pro Monat</b>	143,33	143,33	143,33	143,33	143,33	143,33	h/Mo
<b>Arbeitsstunden pro Jahr</b>	1.720,00	1.720,00	1.720,00	1.720,00	1.720,00	1.720,00	h/Jahr
<b>GHPI - Nr. 46.63.10</b>	1,018	1,018	1,018	1,018	1,018	1,018	-

Tabelle 9: Basiswerte für die Kalkulation der Betriebskosten - 2<sup>114</sup>

Durch diese Eingangswerte erhält man die Kosten pro Stunde und folglich die Kosten pro Monat. Durch Multiplikation mit den Arbeitsstunden pro Jahr erhält man die jährlichen Betriebskosten der einzelnen Einrichtungen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 dargestellt. Die Rechenwege der folgenden Tabellenwerte werden im Anschluss an Tabelle 11 erläutert.

<sup>110</sup> Peter Bucher: Verwertung von Baurestmassen unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten; 2004; Anhang C

<sup>111</sup> [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/preise/grosshandelspreisindex/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/grosshandelspreisindex/index.html); Zugriff am 12.3.2017

<sup>112</sup> [https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Mittellohnpreiskalkulation-2016\\_WEB.pdf](https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Mittellohnpreiskalkulation-2016_WEB.pdf); Zugriff am 20.3.2017; Seite 31

<sup>113</sup> ÖBGL; 2015

<sup>114</sup> ÖBGL; 2015

	Brecher	Bagger	Frontlader	LKW	-
<b>ÖBGL - Nummer</b>	<b>A.1.00.1300</b>	<b>D.1.00.0060</b>	<b>D.3.10.0160</b>	<b>P.2.11.0260</b>	<b>-</b>
<b>Kosten für AV</b>	29,58	13,17	35,05	16,31	€/h
<b>Mtl. Reparaturkosten</b>	16,49	9,03	25,36	10,61	€/h
<b>Kraftstoffkosten</b>	28,80	10,80	28,80	46,80	€/h
<b>Schmiermittelkosten</b>	2,88	1,08	2,88	4,68	€/h
<b>Personalkosten</b>	37,05	37,05	37,05	37,05	€/h
<b>Betriebskosten pro Stunde</b>	118,51	74,84	132,84	119,15	€/h
<b>Betriebskosten pro Jahr</b>	<b>203.833,39</b>	<b>128.731,63</b>	<b>228.485,28</b>	<b>204.942,84</b>	<b>€/Jahr</b>

Tabelle 10: Betriebskosten pro Jahr – 1

Betriebskosten der Einrichtungen die explizit kein Personal benötigen sind in Tabelle 11 dargestellt.

	Vibrations- aufgeber	Klasier- anlage	Förder- anlage	Abbruch- ausrüstung	Container	Waage	-
<b>ÖBGL – Nummer</b>	<b>A.0.10.1500</b>	<b>A.2.00.0640</b>	<b>A.5.00.2010</b>	<b>D.1.81.0100</b>	<b>X.3.00.0006</b>	<b>A.9.00.0016</b>	<b>-</b>
<b>Kosten für AV</b>	16,36	10,49	1,90	10,79	0,27	8,45	€/h
<b>Mtl. Reparaturkosten</b>	9,33	6,01	1,07	7,37	0,21	3,54	€/h
<b>Kraftstoffkosten</b>	6,66	3,33	0,40	-	-	-	€/h
<b>Schmiermittelkosten</b>	0,67	0,33	0,04	-	-	-	€/h
<b>Betriebskosten pro Stunde</b>	33,02	20,16	6,82	18,16	0,48	11,99	€/h
<b>Betriebskosten pro Jahr</b>	<b>56.785,99</b>	<b>34.678,13</b>	<b>11.728,14</b>	<b>31.236,31</b>	<b>2.451,75</b>	<b>20.620,61</b>	<b>€/Jahr</b>

Tabelle 11: Betriebskosten pro Jahr - 2

In den folgenden Punkten werden die Berechnungen der einzelnen Kosten erläutert. Die Reparaturkosten werden mit einem Abminderungsfaktor von 0,6 multipliziert. Dieser Faktor berücksichtigt den sorgfältigen Umgang mit Maschinen, wodurch die Reparaturkosten geringer ausfallen als diese in der ÖBGL angegeben sind. Dieser Faktor wird betriebsintern festgelegt. Die Kosten für die Abschreibung und Verzinsung (AV) werden mit einem Abminderungsfaktor von 0,7 multipliziert. Er berücksichtigt den Rabatt des Lieferanten, den sorgfältigen Umgang des Personals mit dem Gerät und somit die längere Nutzungsdauer des Gerätes. Außerdem werden alle Werte der ÖBGL mit dem Großhandelspreisindex für „Bergwerks- Bau- und Baustoffmaschinen“ (GHPI Nr. 46.63.10) von 1,018 multipliziert um die Werte von 2015 den aktuellen Werten von 2016 anzupassen. In den folgenden Punkten werden die Berechnungen der einzelnen Kosten erklärt:



- **Kosten für AV**

Die Kosten für Abschreibung und Verzinsung errechnen sich durch folgende Formel:

Kosten für AV = AV (lt. ÖBGL) x GHPI x 0,7 / Arbeitsstunden pro Monat x Arbeitsstunden pro Jahr

- **Monatliche Reparaturkosten**

Die monatlichen Reparaturkosten errechnen sich durch folgende Formel:

Mtl. Reparaturkosten = Mtl. Rep. (lt. ÖBGL) x GHPI x 0,6 / Arbeitsstunden pro Monat x Arbeitsstunden pro Jahr

- **Kraftstoffkosten**

Die Kraftstoffkosten (Diesel) lassen sich durch Multiplikation des Verbrauches mit dem Dieselpreis, den Einsatzstunden pro Jahr und der Leistung der Anlage berechnen. Der Preis einer Gerätestunde (€/kW) ergibt sich aus der Multiplikation des Verbrauches (0,2 l/kWh) und des Preises pro Liter (0,9 €/l). Das Produkt dieser beiden Parameter ergibt den Preis für ein kW (0,18 €/kW).<sup>115</sup>

- **Schmiermittelkosten**

Die Schmiermittelkosten werden mit 10% von den Kraftstoffkosten angenommen.

- **Personalkosten**

Die Personalkosten ergeben sich durch Multiplikation der Mittelohnkosten für Personal mit der Schmiermittelstunde (1,1) und den Arbeitsstunden.

Die jährlichen Anlagenkosten betragen in den ersten zehn Jahren 1.219.894,18 €. Dieser Wert ergibt sich durch Addition der jährlichen Betriebs- und Kapitalkosten:

Kapitalkosten pro Jahr	296.400,10 €/Jahr (siehe Tabelle 7)
<u>Betriebskosten pro Jahr</u>	<u>923.494,08 €/Jahr (siehe Tabelle 10, Tabelle 11)</u>

**Anlagenkosten pro Jahr 1.219.894,18 €/Jahr**

Die Summe aller Betriebskosten pro Jahr ergeben sich durch Addition der Ergebnisse aus Tabelle 10 und Tabelle 11. Nach Ablauf der Kreditrückzahlung würden nach dieser Annahme in den nachfolgenden Jahren nur die Betriebskosten anfallen. Um einen besseren Überblick über die Wirtschaftlichkeit einer Anlage schaffen zu können, werden Erlöse durch Annahme- und Abgaben von Baurestmassen und Recyclingmaterialien dargestellt. Bei den ausgewählten Baurestmassen und Recyclingmaterialien handelt es sich um die häufigsten mineralischen Materialien die im Hochbau aufbereitet werden. Die Korngröße und die Qualität der Recyclingmaterialien sind annähernd gleich gewählt um die Schwankungen der spezifischen Materialerlöse deutlich machen zu können. In Tabelle 12 sind die Eingangsmaterialien, ihre Annahmepreise und die Recyclingmaterialien inkl. Abgabepreise aufgelistet. Die Preise stammen von der Firma Mayer & Co GmbH.

<sup>115</sup> ÖBGL; 2015; Seite 13

Baurestmassen	Hochbauschutt	Ziegel	Beton	-
Annahmepreis <sup>116</sup>	17,10	15,30	12,90	€/t
Rec Material	RMH 0/63	RHZ III 0/63 A	RB II 0/63 A	-
Abgabepreis <sup>117</sup>	1,50	2,20	6,70	€/t
Durchsatz				
20.000 t	372.000,00	350.000,00	392.000,00	€/Jahr
40.000 t	744.000,00	700.000,00	784.000,00	€/Jahr
60.000 t	1.116.000,00	1.050.000,00	1.176.000,00	€/Jahr
80.000 t	1.488.000,00	1.400.000,00	1.568.000,00	€/Jahr
100.000 t	1.860.000,00	1.750.000,00	1.960.000,00	€/Jahr
120.000 t	2.232.000,00	2.100.000,00	2.352.000,00	€/Jahr
140.000 t	2.604.000,00	2.450.000,00	2.744.000,00	€/Jahr
160.000 t	2.976.000,00	2.800.000,00	3.136.000,00	€/Jahr
180.000 t	3.348.000,00	3.150.000,00	3.528.000,00	€/Jahr
200.000 t	3.720.000,00	3.500.000,00	3.920.000,00	€/Jahr

Tabelle 12: Erlöse aus Annahme und Abgabe von Baurestmassen und Recyclingmaterialien pro Jahr

Die Erlöse ergeben sich durch Multiplikation der jeweiligen Annahme- und Abgabepreise mit der jährlichen Menge (Tonnen). Anschließend werden diese addiert und ergeben die Erlöse aus Annahme- und Abgabepreis pro Jahr. Um die Wirtschaftlichkeit der Anlage darstellen zu können, werden die „Anlagenkosten pro Jahr“ von den Erlösen aus Annahmen und Abgaben von Baurestmassen und Recyclingmaterial subtrahiert. Die Ergebnisse werden in Tabelle 13 dargestellt.

Durchsatz	Differenz - Betriebskosten/Annahme- und Abgabeerlöse			
	RMH 0/63	RHZ III 0/63 A	RB II 0/63 A	-
20.000 t	-847.894,18	-869.894,18	-827.894,18	€/Jahr
40.000 t	-475.894,18	-519.894,18	-435.894,18	€/Jahr
60.000 t	-103.894,18	-169.894,18	-43.894,18	€/Jahr
80.000 t	268.105,82	180.105,82	348.105,82	€/Jahr
100.000 t	640.105,82	530.105,82	740.105,82	€/Jahr
120.000 t	1.012.105,82	880.105,82	1.132.105,82	€/Jahr
140.000 t	1.384.105,82	1.230.105,82	1.524.105,82	€/Jahr
160.000 t	1.756.105,82	1.580.105,82	1.916.105,82	€/Jahr
180.000 t	2.128.105,82	1.930.105,82	2.308.105,82	€/Jahr
200.000 t	2.500.105,82	2.280.105,82	2.700.105,82	€/Jahr

Tabelle 13: Differenz - Anlagenkosten/Annahme- und Abgabeerlöse pro Jahr

Die Berechnung der zugrundeliegenden Annahmen über Anlagengröße und Betriebszeit ergibt einen Break-Even-Point, der sich durchschnittlich bei 70.000 t/Jahr befindet. Dieser schwankt mit den unterschiedlichen Annahme und Abgabepreisen der verschiedenen Materialien, Produkte und der Konfiguration und Größe der gesamten Anlage. Je nach Körnung,

<sup>116</sup> Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling, Annahme-/Abgabepreise; 2015; Seite 10

<sup>117</sup> Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling, Annahme-/Abgabepreise; 2015; Seite 10

Reinheitsgrad und Material schwanken die Abgabepreise der Recyclingmaterialien von 1,50 – 76,10 €/t. Annahmepreise reichen je nach Material und Reinheitsgrad von 3,5 – 183,50 €/t.<sup>118</sup> Um eine stationäre Anlage wirtschaftlich führen zu können ist der jährliche Durchsatz zu ermitteln und die Annahme- und Abgabepreise darauf anzupassen. Die Auswertung der hier getroffenen Annahmen ist in Abbildung 20 graphisch dargestellt.

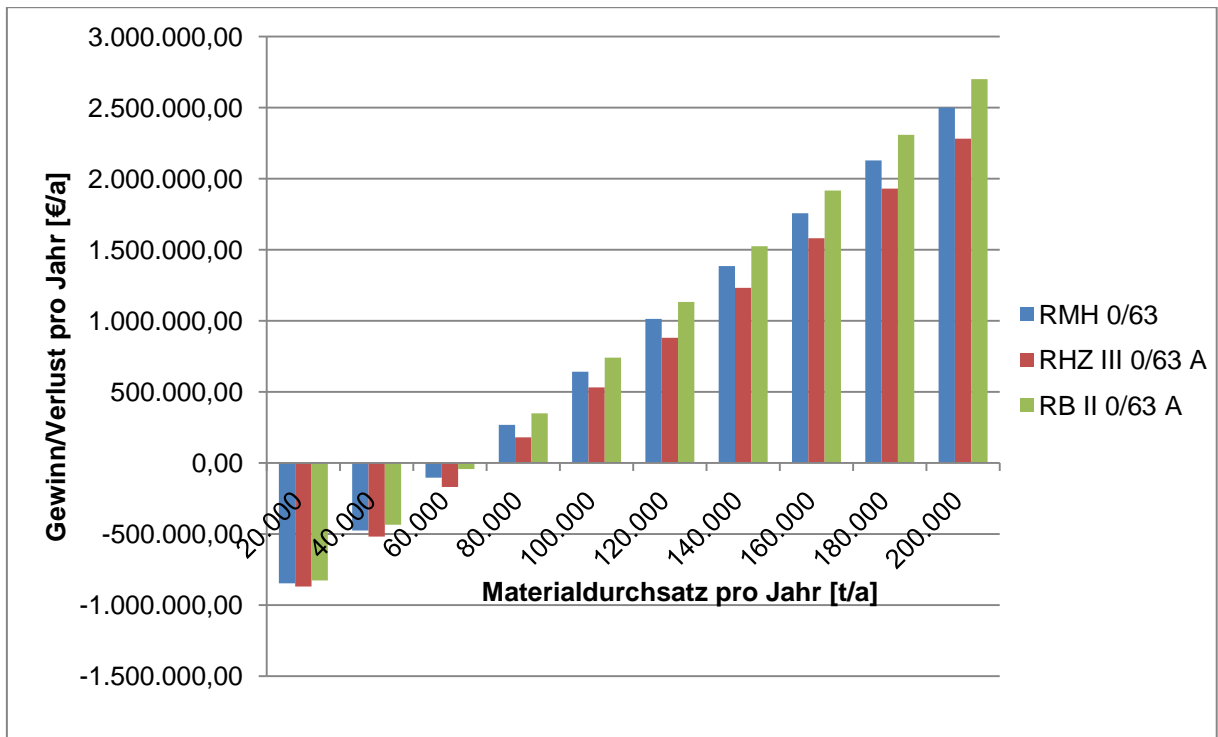


Abbildung 20: Differenz - Anlagenkosten/Annahme- und Abgabepreise pro Jahr

Abbildung 20 ist ersichtlich, dass die Gewinn- und Verlustspanne nur gering mit den Materialien schwankt. Auffälliger sind der lineare Verlauf der Kosten und der gleich bleibende Break-Even-Point. Dies begründet sich durch die statische Annahme der jährlichen Anlagenkosten. Mit empirischen Daten aus verschiedenen Betrieben aus der Praxis könnte man die Eingangsdaten anpassen und die Ergebnisse würden sich dementsprechend verändern. Die folgenden Effekte basieren auf empirischen Daten die aus mehreren stationären Aufbereitungsanlagen stammen.

### 4.1.3 Kostenverteilung

Wie schon oben erwähnt besteht eine stationäre Aufbereitungsanlage aus mehreren Stationen. Die prozentuelle Aufteilung der Kosten auf die einzelnen Stationen wird in Tabelle 14 gezeigt. Es sind alle Betriebskosten wie Personalkosten, Energiekosten und Wartungs- und Versicherungskosten enthalten.

<sup>118</sup> [http://www.br.v.at/files/shop/Preisliste\\_14-04.pdf](http://www.br.v.at/files/shop/Preisliste_14-04.pdf); Zugriff am 28.3.2017

Brecher	25 %
Sichtung	20 %
Reinigung	10 %
Vorzerkleinerung	15 %
Sonstige Untersysteme (Beschickung, Transport usw.)	30 %

**Tabelle 14: Prozentuelle Aufteilung der Aufbereitungskosten einer stationären Anlage<sup>119</sup>**

In Abbildung 21 ist ersichtlich, dass bei einem Durchsatz von 100.000 t/a Aufbereitungskosten in Höhe von 7,25 €/t entstehen. Durch die Stückkostendegression fallen diese bei einer Erhöhung der Durchsatzleistung auf 4,78 €/t ab. Stückkostendegression bedeutet, dass die Kosten mit steigender Durchsatzleistung sinken. Grund dafür ist die effizientere Auslastung der Anlage, siehe Tabelle 15.

Kosten [€/t]	Durchsatzleistung [t/a]
7,25	100.000
6,45	150.000
5,65	200.000
4,78	250.000

**Tabelle 15: Aufbereitungskosten mittels stationärer Anlage in Abhängigkeit der Durchsatzleistung<sup>120</sup>**

Zur besseren Übersicht wird Tabelle 15 graphisch mit Abbildung 21 dargestellt.

<sup>119</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 165

<sup>120</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 165

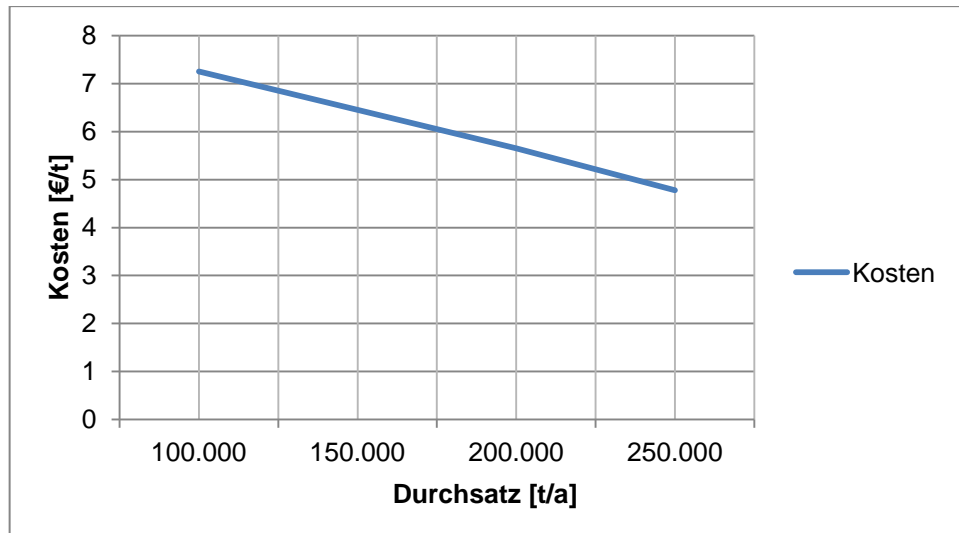


Abbildung 21: Kosten in Abhängigkeit der Durchsatzleistung<sup>121</sup>

In Abbildung 21 wird die Kostenentwicklung mit steigendem Durchsatz dargestellt. In den nachfolgenden Beispielen wird ersichtlich, dass die Kostenentwicklung vom Durchsatz wesentlich beeinflusst wird. Dieser Effekt erklärt sich dadurch, dass mit steigendem Output die Kosten auf mehr „Stücke“ (Tonnen) aufgeteilt werden und dadurch eine Kostensenkung bewirkt wird. Die Daten in Tabelle 15 stammen aus dem Buch von Thomas Palinkas<sup>122</sup> und werden den heutigen Kosten unter Berücksichtigung der Inflation angepasst. Das erfolgt mit einem „Online-Rechen-Tool“<sup>123</sup> der Faktoren wie Inflation und Kursänderung berücksichtigt. Die Umrechnung geht über den Zeitraum vom 1996 bis 2016. Der Umrechnungsfaktor von DM auf Euro beträgt 0,69387.

#### 4.1.4 Parameter für Kostenänderungen

Verschiedene Parameter beeinflussen die Wirtschaftlichkeit einer Aufbereitungsanlage. Um die Funktionsweise einer Aufbereitungsanlage optimieren zu können, ist es notwendig zu wissen, welche Faktoren maßgeblichen Einfluss nehmen. In den vorherigen Kapiteln wurde zwar erklärt nach welchem Schema eine Kostenrechnung zu erfolgen hat. Jedoch ist diese für eine vorausschauende, betriebswirtschaftliche Planung und Berechnung einer Aufbereitungsanlage nur bedingt ausreichend. Erfahrungswerte und Verständnis der Abläufe sind mindestens genauso wichtig. In den folgenden Punkten werden einige wichtige Einflussfaktoren zur Kostenänderung angeführt und erklärt.<sup>124</sup>

Bei einer stationären Anlage müssen alle Einrichtungen der Anlage optimal aufeinander abgestimmt werden. Das heißt, den Durchsatz den der Brecher bewältigt, ist auch von den

<sup>121</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 165

<sup>122</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 165

<sup>123</sup> [https://www.altersvorsorge-und-inflation.de/euro-rechner.php?dm\\_eur=DM\\_EUR](https://www.altersvorsorge-und-inflation.de/euro-rechner.php?dm_eur=DM_EUR); Zugriff am 12.10.2016

<sup>124</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 177

angeschlossenen Gerätschaften wie zum Beispiel der Siebanlage oder den Förderbändern zu bewältigen. In den folgenden Punkten wird gezeigt wie der Durchsatz verschiedene Kosten direkt beeinflusst. Die Daten der folgenden Diagramme stammen aus dem Jahr 1994 aus dem Buch „Recyclingpraxis Baustoffe“<sup>125</sup> von Dr. Ing. Guntram Kohler und wurden mittels einem Rechner der Inflation und Kursänderungen berücksichtigt angepasst. Die Umrechnung geht über den Zeitraum vom 1994 bis 2016. Der Umrechnungsfaktor<sup>126</sup> von DM auf Euro beträgt 0,72472.

#### 4.1.4.1 Variable Kosten

Die variablen Kosten sind derjenige Teil der Gesamtkosten, welcher sich mit Änderung einer beträchtlichen Bezugsgröße (z.B Beschäftigungsgrad) ändert. Im Fall der Aufbereitungsanlagen bedeutet das eine Veränderung der variablen Kosten mit steigendem oder fallendem Durchsatz. In die variablen Kosten wurden Strom, Diesel/Heizöl, Reparaturkosten sowie Abfall- und Entsorgungskosten mit einbezogen. Eine Untersuchung von elf unterschiedlichen Aufbereitungsanlagen durch Guntram Kohler<sup>127</sup> ergab, dass die Summe der Variablen Kosten auch einen Fixkostenbestandteil von 137.932,80 € enthalten. Der Fixkostenanteil entsteht dadurch, dass über den Zeitraum der Untersuchung gewisse als variabel eingestufte Kosten konstant blieben. Unter dieser Berücksichtigung steigen die variablen Kosten um 1,42 € pro Tonne. Durch diese Analyse kann für die untersuchten Aufbereitungsanlagen folgende Formel aufgestellt werden:<sup>128</sup>

$$\text{Summe variabler Kosten} = 1,42 \text{ [€/t]} \times \text{Durchsatzmenge [t]} + 137.932,80 \text{ [€]}$$

Damit ergibt sich eine für variable Kosten untypisch große Kostendegression. Diese Kostenveränderungen im Bezug auf den Durchsatz werden in Tabelle 16 tabellarisch dargestellt.

<sup>125</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 317

<sup>126</sup> [https://www.altersvorsorge-und-inflation.de/euro-rechner.php?dm\\_eur=DM\\_EUR](https://www.altersvorsorge-und-inflation.de/euro-rechner.php?dm_eur=DM_EUR); Zugriff am 12.10.2016

<sup>127</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 315

<sup>128</sup> Vgl. Guntram Kohler: Recyclingpraxis Baustoffe; 1994; Seite 317

Output [t]	variable Kosten €/t	Kosten [€]
50.000	4,91	245.620,18
100.000	3,17	316.642,39
150.000	2,59	387.664,60
200.000	2,29	458.686,81
250.000	2,12	529.709,03
300.000	2,00	600.731,24

Tabelle 16: variable Kosten

In Abbildung 22 werden die Werte aus Tabelle 16 zur besseren Übersicht graphisch dargestellt.

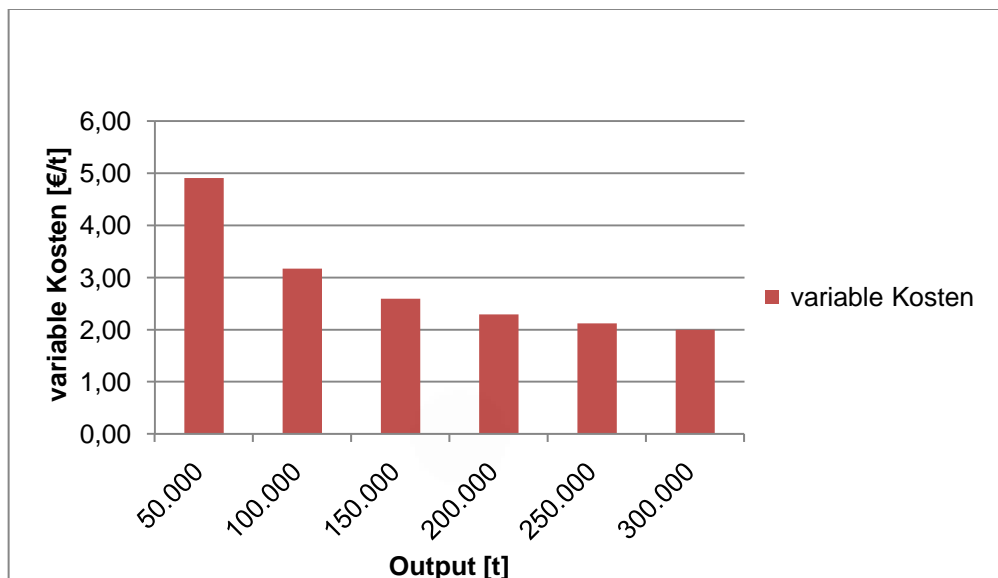


Abbildung 22: Degression der variablen Kosten

In Abbildung 22 ist ersichtlich, dass auch die variablen Kosten vom Output der Anlage abhängen. Es ist eine eindeutige Degression erkennbar, welche sich aber nach einer gewissen Durchsatzmenge auf einen relativ fixen Wert einpendelt. Steigt der Durchsatz, sinken auch die Kosten pro Tonne. Je mehr Sekundärmaterial man damit produziert bzw. je mehr Material man innerhalb eines Zeitraums aufbereitet, umso rentabler ist eine Aufbereitungsanlage. Eine Mengensteigerung um das Fünffache bewirkt eine Kostenreduktion von 57%. Basis dafür ist die zuvor angeführte Formel.

#### 4.1.4.2 Fixkosten

Fixkosten unterscheiden sich zu den variablen Kosten indem, dass sie unabhängig von der Leistung unverändert bleiben. Steigert man den Output, so sinken auch die Kosten im Bezug

auf die Outputmenge. Die Kosten können durch Steigerung des Durchsatzes so lange sinken bis die Anlage ausgelastet ist. Zur Anschaulichkeit dieses Effekts wird Tabelle 17 in Abbildung 23 als Diagramm dargestellt.

Output [t]	Fixkosten [€/t]	Kosten [€]
50.000	17,47	837.019,53
100.000	9,69	969.044,46
150.000	7,10	1.065.069,39
200.000	5,80	1.161.094,32
250.000	5,03	1.257.119,25
300.000	4,51	1.353.144,18

Tabelle 17: Fix- und Verwaltungskosten

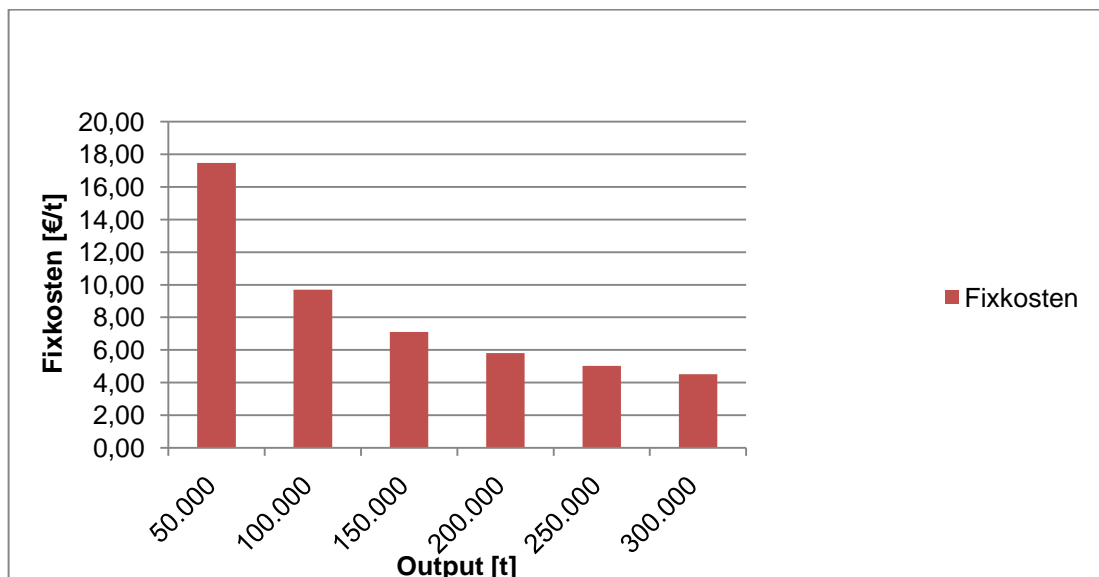


Abbildung 23: Degression der Fixkosten in Abhängigkeit vom Durchsatz

Derselbe Effekt tritt beim Personal auf. Die Personalkosten bleiben auch bei geringem Output erhalten. Wird aber mehr Material aufbereitet und somit der Output erhöht, sinken auch die Kosten pro Tonne. Dieser Degressionseffekt der Personalkosten ist in Tabelle 18 und Abbildung 24 anschaulich dargestellt.



Output [t]	Personalkosten [€/t]	Kosten [€]
50.000	4,53	226.604,34
100.000	2,73	273.345,55
150.000	2,13	320.092,76
200.000	1,83	366.836,98
250.000	1,65	413.586,98
300.000	1,53	460.325,40

Tabelle 18: Personalkostenveränderung bei Variation des Durchsatzes

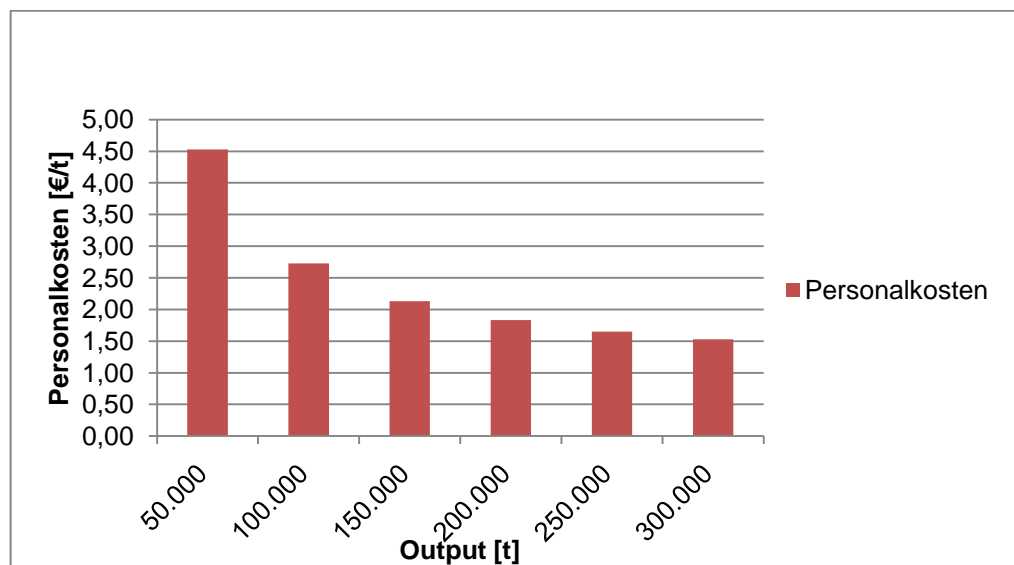


Abbildung 24: Degression der Personalkosten in Abhängigkeit des Durchsatzes

Auch hier bewirkt eine Mengensteigerung um das Fünffache eine Personalkostendegression von 64%.

#### 4.1.4.3 Stückkostenentwicklung

Werden die Summen aller Kosten in ihrer Abhängigkeit vom Durchsatz und der Summe aller Kosten als Addition der fixen und variablen Kosten betrachtet, ergeben sich, wie in Abbildung 25 zu sehen ist, bei einem Durchsatz von 50.000 t, Gesamtkosten von 20,52 €/t. Bei einem Durchsatz von 250.000 t werden die Gesamtkosten auf 5,96 €/t reduziert. In Tabelle 19 und Abbildung 25 ist die Verteilung der verschiedenen Kostenarten ersichtlich. Auffällig ist die hohe Differenz der Gesamtkosten zwischen 50.000 t und 100.000 t Durchsatz.

Output [t]	50.000	100.000	150.000	200.000	250.000	300.000
variable Kosten [€/t]	4,91	3,17	2,59	2,29	2,12	2,00
Fixkosten [€/t]	15,61	8,25	5,80	4,58	3,84	3,35
Gesamtkosten [€/t]	20,52	11,42	8,38	6,87	5,96	5,35

Tabelle 19: Stückkostenentwicklung in Abhängigkeit vom Durchsatz

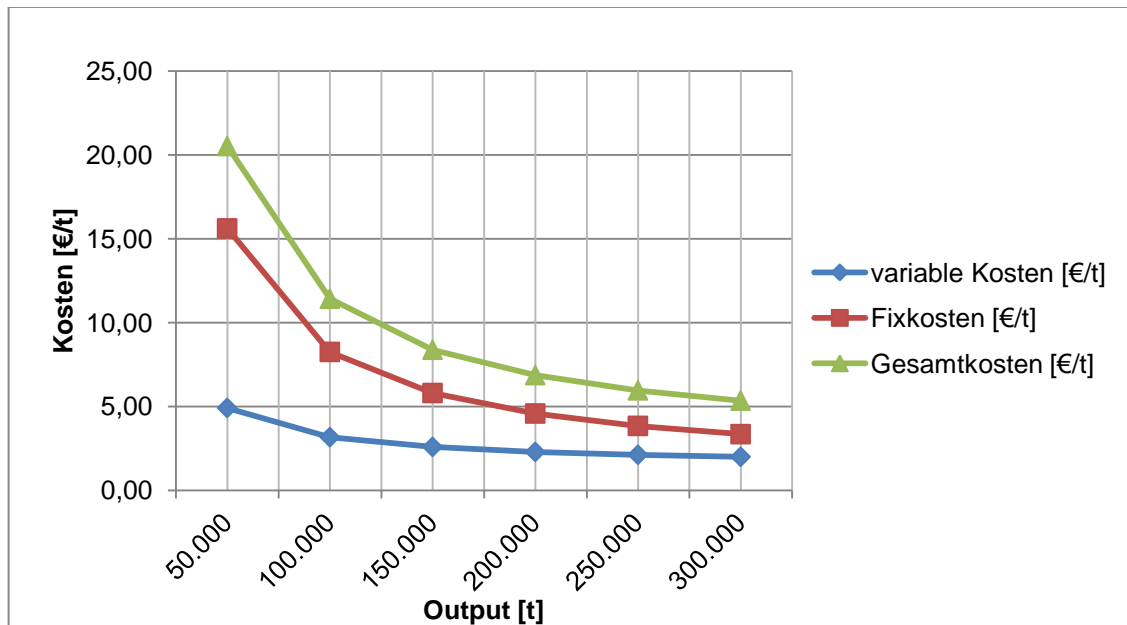


Abbildung 25: Stückkostenentwicklung in Abhängigkeit vom Durchsatz

Aus diesem Kontext lässt sich schließen, wie wichtig es ist, dass die Anlage permanent beschickt wird und so ein hoher Output erzielt werden kann.

## 4.2 Kosten aus Sicht einer Verleihfirma von mobilen Anlagen

Eine Firma, welche mobile Aufbereitungsanlagen zum Verleih bereitstellt, hat sich mit folgenden Kosten zu konfrontieren:<sup>129</sup>

- Investitionskosten
- Wartungs- und Reparaturkosten
- Personalkosten
- Versicherungskosten

Durch diese Kosten zuzüglich Gesamtzuschlag, in welchem Geschäftsgemeinkosten, Zinsen, Gewinn, Wagnis und sonstige Gemeinkosten enthalten sind, ergeben sich die Mietpreise für die Anlage. Um einen Überblick zu schaffen wird eine Kalkulation der Kosten aus Sicht

<sup>129</sup> Fachgespräch mit Markus Puntigam: BAG Klöchl; 13.6.2015

einer Verleihfirma dargestellt. Die Kalkulationsgrundlagen basieren auf der ÖBGL 2015. In Tabelle 20 werden die Eingangsdaten für die Kalkulation dargestellt. Diese ist zugleich Basis für die in Punkt 4.3 dargestellten Kosten aus Nutzersicht.

	Backenbrecher	Bagger	Sattelzugmaschine	Anhänger	-
<b>ÖBGL - Nummer</b>	<b>A.1.00.1100</b>	<b>D.1.00.0060</b>	<b>P.3.00.0180</b>	<b>P.4.45.0500</b>	-
<b>AuV</b>	3.530,00	2.650,00	2810,00	1910,00	€/Mo
<b>Mtl. Reparatur</b>	2.290,00	2.120,00	2130,00	1140,00	€/Mo
<b>Leistung</b>	90,00	60,00	260,00	-	kW
<b>Dieselmotorkraftstoff</b>	0,90	0,90	0,90	0,90	€/l
<b>Kraftstoffverbrauch</b>	0,20	0,20	0,20	0,20	l/kWh
<b>Arbeitsstunden pro Monat</b>	143,33	143,33	143,33	143,33	h/Mo
<b>GHPI - Nr. 46.63.10</b>	1,018	1,018	1,018	1,018	-
<b>Mittellohnkosten</b>	37,05	37,05	37,05	37,05	€/h

Tabelle 20: Kalkulationsdaten für mobile Aufbereitung<sup>130</sup>

Die Ergebnisse der Eingangswerte sind in Tabelle 21 dargestellt.

	Backenbrecher	Bagger	Sattelzugmaschine	Anhänger	-
<b>ÖBGL - Nummer</b>	<b>A.1.00.1100</b>	<b>D.1.00.0060</b>	<b>P.3.00.0180</b>	<b>P.4.45.0500</b>	-
<b>AuV</b>	17,55	13,17	13,97	9,50	€/h
<b>Mtl. Reparatur</b>	9,76	9,03	9,08	4,86	€/h
<b>Kraftstoffkosten</b>	16,20	10,80	46,80	-	€/h
<b>Schmiermittel</b>	1,62	1,08	4,68	-	€/h
<b>Personalkosten</b>	37,05	37,05	37,05	-	€/h
<b>Betriebskosten pro Stunde</b>	<b>85,88</b>	<b>74,84</b>	<b>115,28</b>	<b>14,36</b>	<b>€/h</b>

Tabelle 21: Kosten für eine mobile Aufbereitung pro Stunde

Durch diese Gerätekosten pro Stunde werden die Kosten pro Tag errechnet. Es wird angenommen, dass ein Arbeitstag aus acht Stunden besteht. In die Kalkulation für die Kosten aus Sicht eines Anlagenvermieters fließen folgende Geräte mit ein:

- Backenbrecher
- Sattelzugmaschine
- Anhänger

Auf die Investitionskosten wird bei mobilen Aufbereitungsanlagen nicht näher eingegangen.. Diese variieren je nach Modell und Leistung. Ein Richtwert für den Preis einer mobilen Aufbereitungsanlage liegt bei 400.000 €. <sup>131</sup> Verwaltungskosten werden ebenfalls nicht behandelt. Der Mietpreis für eine mobile Brecheranlage wird in der Praxis pro Tag angenommen. Dieser liegt durch das Recherchieren bei verschiedenen Anbietern durchschnittlich bei

<sup>130</sup> ÖBGL; 2015

<sup>131</sup> Fachgespräch mit Martin Car; Österreichischer Baustoff-Recycling Verband; 21.3.2017

800 €/Tag. Die Durchsatzleistung einer mobilen Brecheranlage liegt unter Berücksichtigung der möglichen Beschickungsgeschwindigkeit durchschnittlich bei 500 bis 600 t/Tag.<sup>132</sup>

Auf Basis dieser Rahmenbedingungen werden die Ergebnisse der Kalkulation in Tabelle 22 dargestellt.

Tage	Durchsatz	Betriebskosten für Backenbrecher	Mietpreis für Backenbrecher	
1	600 t	946,34	800,00	€
2	1.200 t	1.633,41	1.600,00	€
3	1.800 t	2.320,47	2.400,00	€
4	2.400 t	3.007,54	3.200,00	€
5	3.000 t	3.694,61	4.000,00	€
6	3.600 t	4.381,68	4.800,00	€

Tabelle 22: Betriebskosten und Mietpreise einer mobilen Brecheranlage

Tabelle 22 zeigt eine Überschneidung der Betriebskosten und der Erlöse der Vermietung bei 1400 t. Grund dafür sind die Kosten für An- und Abtransport. In den Folgenden Punkten wird die Berechnung erläutert:

- **Betriebskosten für Backenbrecher:**

Die Betriebskosten des Backenbrechers errechnen sich durch die Eingangswerte, welche in Tabelle 21 abgebildet sind. Es fließen folgende Kosten ein:

- Backenbrecher 85,88 €/h (8 h)
- An- und Abtransport 129,64 €/h (2 h)

Die Tabellenwerte ergeben sich durch Einsetzen in folgende Formel:

$$\text{Betriebskosten für Backenbrecher} = 85,88 \text{ €/h} \times 8 \text{ h} \times \text{Anzahl der Tage} + 129,64 \text{ €/h} \times 2 \text{ h}$$

- **Mietpreis für Backenbrecher:**

Der Mietpreis für eine mobile Aufbereitungsanlage wird mit 800 €/Tag angenommen. Der Erlös durch Vermietung ergibt sich durch Multiplikation des Mietpreises mit der Anzahl der benötigten Tage.

In Abbildung 26 ist ersichtlich, dass sich bei einem Mietpreis von 800 €/Tag ein Verleih erst ab 1.400 t, bzw. einer Dauer der Aufbereitung von zwei bis drei Tagen rentiert. Dieser Wert gilt nur für die hier angenommenen Rahmenbedingungen und steigt oder sinkt mit der Leistung der Brecheranlage, der Beschickungsgeräte und dem Mietpreis.

<sup>132</sup> Fachgespräch mit Martin Car; Österreichischer Baustoff-Recycling Verband; 21.3.2017

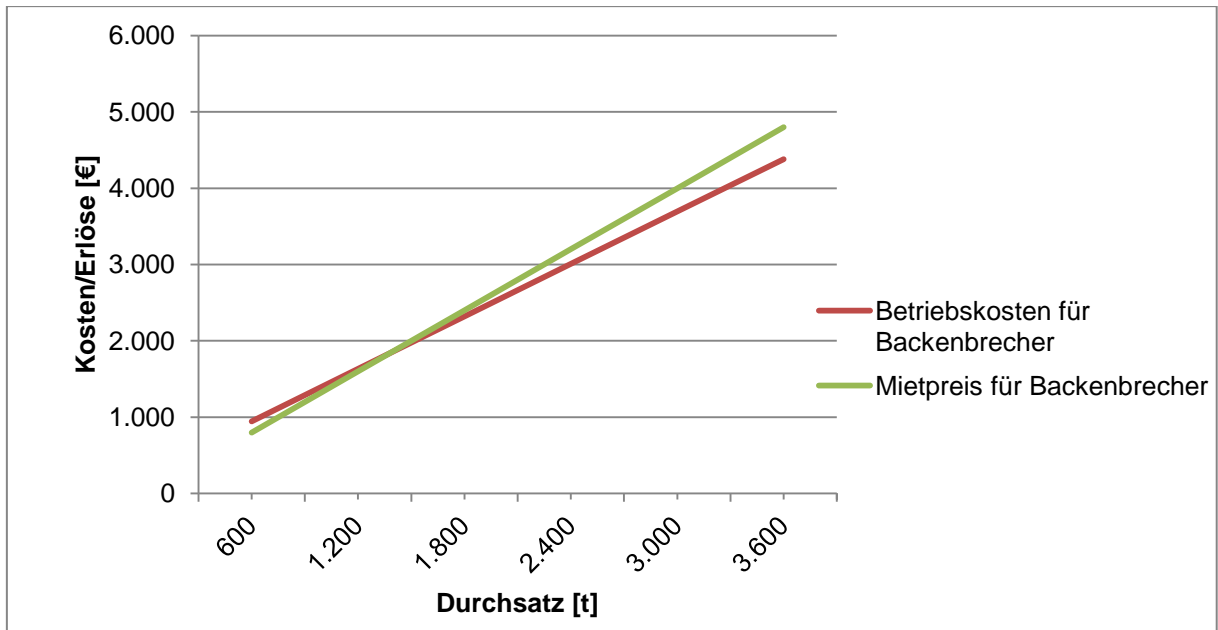


Abbildung 26: Betriebskosten und Mietpreise einer mobilen Brecheranlage

In der Praxis spricht man von einer Rentabilität einer mobilen Anlage ab 2.000 t. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen bestätigt dieses Ergebnis die empirischen Daten der Praxis. Im folgenden Kapitel werden die Kosten aus Nutzersicht behandelt.

### 4.3 Kosten aus Nutzersicht

Eine andere Kostenbetrachtung bei der Aufbereitung von Baurestmassen ist die aus Nutzersicht. Es werden ebenfalls die stationäre und die mobile Aufbereitung verglichen. Hier wird gezeigt, dass die Menge der Baurestmassen, die Verwertung des Sekundärmaterials und der Transportweg maßgebende Kostenparameter sind.

#### 4.3.1 Kosten bei einer Aufbereitung mittels stationärer Anlage aus Nutzersicht

Werden Baurestmassen mittels stationärer Anlage aufbereitet, fallen Kosten für die Annahme dieser an. Die Höhe dieser Kosten richtet sich nach dem Grad der Verunreinigung, dem Material und der Menge. Diese Preise können der Internetseite <http://www.br.v.or.at/> entnommen werden.

Wichtige Parameter sind:<sup>133</sup>

- Annahmepreis
- Reinheitsgrad der Baurestmassen
- Qualität und Abgabepreis

<sup>133</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

Bei der Aufbereitung mittels stationärer Anlage sind der Reinheitsgrad und die Art des aufzubereitenden Materials entscheidend. Diese beiden Faktoren beeinflussen primär den Annahmepreis. Für den Kauf des Sekundärmaterials hat der Nutzer den Abgabepreis zu zahlen. Diese Werte sind in Tabelle 33 und Tabelle 34 dargestellt.

#### 4.3.1.1 Parameter für die Kostenveränderung

Nun werden die verschiedenen Einflussfaktoren analysiert, welche die Kosten vom Abtransport der Abbruchstelle bis hin zur tatsächlichen Aufbereitung und eventuellen Wiederverwertung beeinflussen.<sup>134</sup>

- **Entfernung zur Aufbereitungsanlage**

Die Entfernung vom Lagerungsort der Baurestmassen zur Aufbereitungsanlage ist ein entscheidender Faktor bei der Behandlung der Baurestmassen. Im Kapitel 6 werden Fallbeispiele aufgezeigt, wo diese Kosten genau analysiert werden.

- **Materialhärte und Reinheitsgrad**

Abhängig vom Material gibt es unterschiedliche Annahmepreise. In Tabelle 23 und in Tabelle 24 werden Annahmepreise von verschiedenen Materialien und Anbietern aufgezeigt. Die Höhe des Preises hängt mit der Härte, dem Reinheitsgrad des aufzubereitenden Materials und somit mit der benötigten Aufbereitungsdauer zusammen.

- **Größe der Abbruchstücke**

Der Annahmepreis hängt von der Größe der Abbruchstücke ab. Kann eine Aufbereitungsanlage die Größe der Stücke nicht bewältigen sind diese zu zerkleinern. Dies verursacht zusätzliche Personal- und Gerätekosten. In Tabelle 23 und Tabelle 24 werden Annahmepreise von zwei verschiedenen Firmen aufgezeigt. Die Unterschiede bezüglich Material, Reinheit und Größe sind deutlich zu erkennen. Die Preise beziehen sich auf eine Tonne des angelieferten Materials.

Beton	
sortenrein < 70 cm	6,50 €/t
sortenrein > 70 cm	12,30 €/t
Fertigteile > 120 cm	16,90 €/t
Bauschutt	
ziegelrein	14,60 €/t
gemischt sortiert	16,30 €/t
gemischt < 10% Fremdstoffe	25,30 €/t
gemischt < 30% Fremdstoffe	31,90 €/t

Tabelle 23: Annahmepreise der Firma Mayer & Co GmbH<sup>135</sup>

<sup>134</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

<sup>135</sup> Baustoff-Recycling Verband: Annahme- und Abgabepreise; 2015; Seite 9

Beton	
sortenrein < 50 cm	5,50 €/t
sortenrein 50-120 cm	6,00 €/t
sortenrein > 120 cm	8,50 €/t
mit Fremdanteilen < 50 cm	7,00 €/t
mit Fremdanteilen 50-120 cm	7,50 €/t
mit Fremdanteilen > 120 cm	10,00 €/t
Bauschutt	
ohne Fremdanteile	6,00 €/t
mit Fremdanteilen < 10%	7,00 €/t
mit Fremdanteilen < 20%	8,50 €/t
mit Fremdanteilen < 30%	9,50 €/t
mit Fremdanteilen < 40%	12,00 €/t

Tabelle 24: Annahmepreise der Firma PRAJO - BÖHM Recycling GmbH<sup>136</sup>

In den beiden Tabellen sind große Preisschwankungen zu erkennen. Sortenreine Materialien haben einen niedrigen Annahmepreis weil sie nicht von Fremdstoffen und Verunreinigungen befreit werden müssen und sofort aufbereitet werden können. Bei großen Verunreinigungen muss das aufzubereitende Material von Fremdstoffen befreit werden um weiterverarbeitet werden zu können. Diese zusätzliche Arbeitszeit verursacht hohe Annahmepreise.

#### 4.3.2 Kosten bei einer Aufbereitung mittels mobiler Aufbereitungsanlage aus Nutzersicht

Bei der Entscheidung für eine mobile Anlage hat das meist einen wirtschaftlichen Hintergrund. Es fällt der Transport zur Aufbereitungsanlage weg und es gibt keinen Annahmepreis. Die einzigen Kosten sind die Miet- und Betriebsstoffkosten für die Aufbereitungsanlage und ein Gerät zur Beschickung der Anlage. Dieser Mietpreis liegt durchschnittlich bei 800 €/Tag. Die Preisangaben stammen von Firma Mayer & Co GmbH. In diesem Preis ist auch eine Person für den Betrieb und der An- und Abtransport inkludiert. Bei der Wahl der Anlage ist darauf zu achten, dass die Leistung dem Material angepasst ist. Diese Daten können der ÖBGL entnommen werden, oder sind auf den Internetseiten diverser Verleihfirmen mobiler Aufbereitungsanlagen zu finden.

Für einen Nutzer ist der Vergleich verschiedener Anbieter wichtig. Anschließend hat die Auswahl der Aufbereitungsanlage nach der aufzubereitenden Masse und somit dem benötigten Durchsatz zu erfolgen. Lange Leihdauer und hohe Leistung der Aufbereitungsanlage führen zu hohen Kosten. Es ist abzuwägen welche Leistung für welches Material benötigt wird. Informationen dazu können von den Verleihfirmen eingeholt werden. Mobile Aufbereitungsanlagen werden in der Regel pro Tag vermietet. Die Anzahl der benötigten Stunden errechnet sich wie folgt:

<sup>136</sup> Baustoff-Recycling Verband: Annahme- und Abgabepreise; 2015; Seite 11

$$\frac{\text{Menge der Baurestmassen [t]}}{\text{Durchsatz } \left[ \frac{\text{t}}{\text{h}} \right]} = \text{Anzahl der benötigten Stunden [h]}$$

Mit dieser Formel lässt sich errechnen wie viele Netto-Stunden die Anlage benötigt wird. Mobile Anlagen werden nur selten gekauft sondern meist angemietet. Dadurch minimieren sich die Kostenarten bei einer mobilen Anlage erheblich:<sup>137</sup>

- Mietkosten für Bagger und Aufbereitungsanlage
- Personalkosten
- Betriebsmittel/Energie
- Ev. Lagerkosten
- Ev. Transportkosten

Die meisten Verleihfirmen bieten eine Pauschale für Anlage und eine kundige Person an, welche die Maschine bedient und wartet. Kann das aufzubereitende Material aus behördlichen Gründen nicht an der Abbruchstelle aufbereitet werden, kommen Transportkosten hinzu. Je nach Entfernung ist zu kalkulieren ob sich eine mobile Aufbereitung rentiert oder ob man eine stationäre Aufbereitung in Erwägung zieht. Im Vergleich zu stationären Anlagen basiert bei mobilen Anlagen die Kostenaufstellung auf ganz anderen Grundlagen. Hier spielt auch die Behörde durch die Auflagen über erlaubte Einsatzgebiete eine Rolle. In dicht bebautem Raum ist die Verwendung einer mobilen Anlage aufgrund der Erschütterungen, des Lärms und der Staubentwicklung meist nicht umsetzbar. Nähere Informationen dazu erfährt man auf der jeweiligen Bezirksverwaltungsbehörde. Ist eine Genehmigung erteilt, ist es ratsam die Konditionen verschiedener Anbieter und die technischen Eigenschaften der Aufbereitungsanlagen zu vergleichen. Die Mietpreise der verschiedenen Anbieter schwanken nur minimal und sind deshalb weniger relevant. Vielmehr beeinflusst die Dauer der Miete die Kosten. Diese ist durch genaue Planung und passender Auswahl der Aufbereitungsanlage beeinflussbar. Falls der Abbruch abgeschlossen ist und kein Gerät zur Zerkleinerung mehr vorhanden ist, ist es notwendig auf die Einwurföffnung der Aufbereitungsanlage Rücksicht zu nehmen. Infos zu den anbietenden Firmen findet man auf <http://www.br.v.or.at/>. Die Mietpreise sind bei den verschiedenen Anbietern anzufragen.

Um die Preise aus Nutzersicht darstellen zu können wird eine Kalkulation für die Miete einer mobilen Brecheranlage aufgestellt. Die Eingangsdaten werden Tabelle 21 entnommen. Um praxisnahe Preise aus Nutzersicht darstellen zu können, werden die Kosten mit einem Gesamtzuschlag (17,25 %) multipliziert. Dadurch werden die Kosten zum Preis. Dieser Gesamtzuschlag enthält Geschäftsgemeinkosten, Wagnis und Gewinn. Dies wird im Punkt 6

<sup>137</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015



detailliert behandelt.. Die Preise für eine Aufbereitung mittels mobiler Anlage in Abhängigkeit der Benutzungsdauer wird in Tabelle 25 dargestellt.

Tage	Durchsatz	Mietpreis für Brechenbrecher	Mietpreis für Bagger	Summe Mietpreis	-
1	600 t	800,00	1.006,03	1.806,03	€
2	1.200 t	1.600,00	1.708,07	3.308,07	€
3	1.800 t	2.400,00	2.410,11	4.810,11	€
4	2.400 t	3.200,00	3.112,14	6.312,14	€
5	3.000 t	4.000,00	3.814,18	7.814,18	€
6	3.600 t	4.800,00	4.516,21	9.316,21	€

Tabelle 25: Mietpreise für mobile Brecheranlage und Bagger

Die Mietpreise für mobile Anlagen werden aus der Praxis übernommen. Mietpreise für Bagger werden lt. ÖBGL mit den Werten aus Tabelle 21 berechnet. Dieser Wert wird mit den Arbeitsstunden pro Tag, der Anzahl der benötigten Tage und dem Gesamtzuschlag multipliziert. In Abbildung 27 sind die Kosten für eine Mobile Aufbereitung aus Nutzersicht graphisch dargestellt.

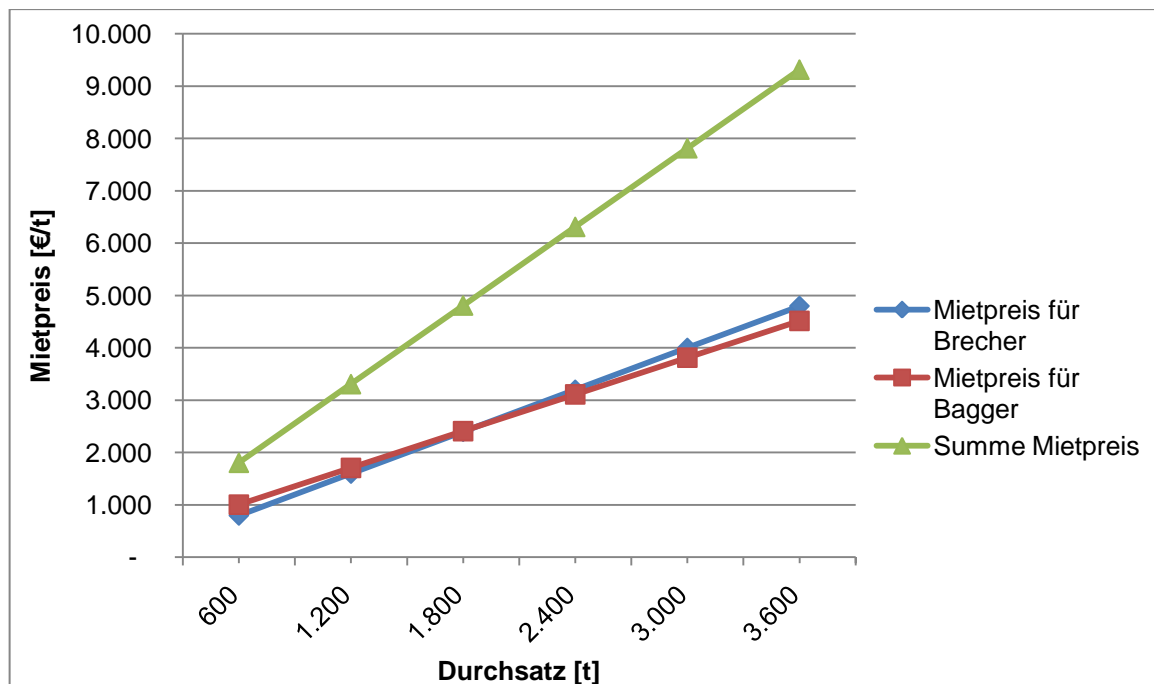


Abbildung 27: Mietpreise für mobile Brecheranlage und Bagger

Die Mietpreise variieren mit der Wahl der Anlagen und den Einrichtungen. Abbildung 27 gibt einen Überblick über die notwendigen Einrichtungen und deren Kosten. Die weitere Verwendung des Sekundärmaterials wird im folgenden Punkten behandelt.

#### 4.3.2.1 Verwertung und Vertrieb des Sekundärmaterials

Das Sekundärmaterial kann entweder vor Ort unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorschriften eingebaut, oder durch Qualitätskontrolle einer fachkundigen Person zertifiziert und

verkauft werden. Die Kosten für diese Zertifizierung kann mit 1.000 € angenommen werden. Führt man Tabelle 25 weiter und addiert die Zertifizierungskosten zu den Gesamtkosten erhält man die Kosten für die Erzeugung für das Sekundärmaterial. Dividiert man diesen mit der Durchsatzmenge, erhält man den Verkaufspreis pro Tonne. Diese Kostenentwicklung wird in Tabelle 26 dargestellt.

Durchsatz	Materialzertifizierung	Aufbereitungskosten	Produktionskosten - Sekundärmaterial	Verkaufspreis des Sekundärmaterials
[t]	[€]	[€]	[€]	[€/t]
600	1.000	1.806,03	2.806,03	4,68
1.200	1.000	3.308,07	4.308,07	3,59
1.800	1.000	4.810,11	5.810,11	3,23
2.400	1.000	6.312,14	7.312,14	3,05
3.000	1.000	7.814,18	8.814,18	2,94
3.600	1.000	9.316,21	10.316,21	2,87

Tabelle 26: Verkaufspreis für mobil aufbereitetes Sekundärmaterial

Tabelle 26 zeigt die Kostendegression, welche durch den Anstieg der Durchsatzmenge verursacht wird. In Abbildung 27 wird dieser Effekt graphisch dargestellt.

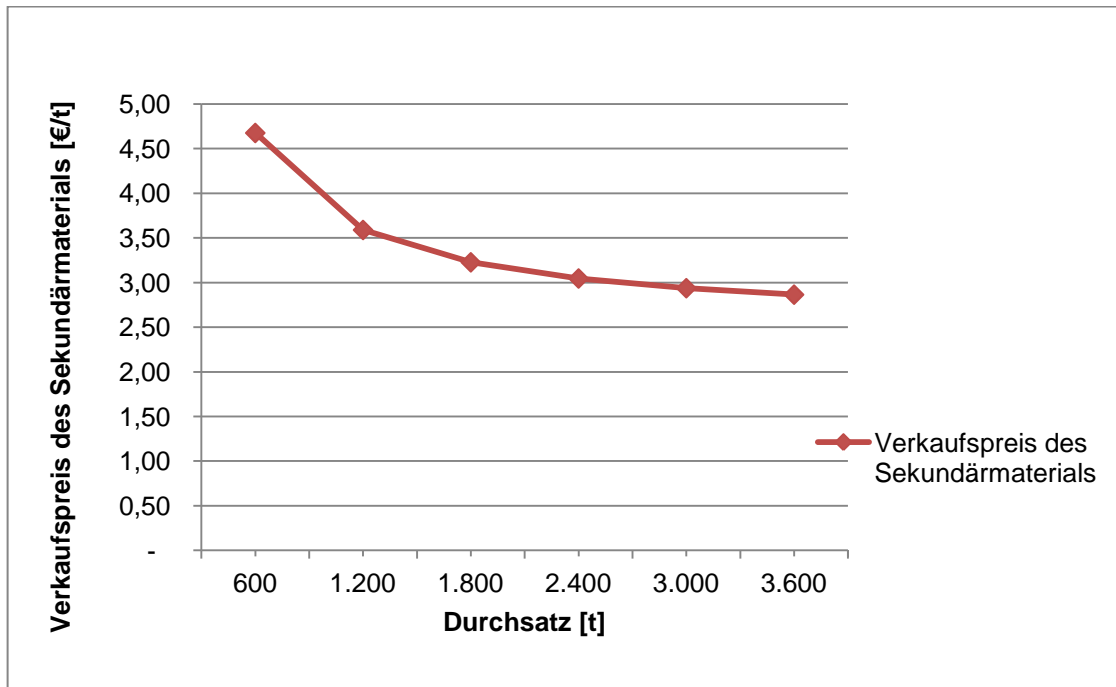


Tabelle 27: Degression des Verkaufspreises von Sekundärmaterial durch steigenden Durchsatz

In Abbildung 27 ist ersichtlich wie sich der Verkaufspreis des Sekundärmaterials mit steigendem Durchsatz ändert. Je mehr Sekundärmaterial produziert wird, desto billiger kann dieser angeboten werden. Es ist ersichtlich, dass der Verkaufspreis bei weiterer Steigerung des Durchsatzes einen unteren Grenzwert erreichen wird. Abnehmer für Sekundärmaterialien

wie Recyclingbeton (RB) oder Recyclingbauschutt (RMH) sind Baufirmen oder Personen mit privaten Bauvorhaben. Häufige Einsatzgebiete sind:<sup>138</sup>

- Wege- und Parkplatzbau
- Lärmschutzwallerrichtungen
- Baugrubenverfüllungen
- Geländeflächenauffüllungen

#### 4.3.2.2 Parameter für die Kostenveränderung

In den nachfolgenden Aufzählungspunkten werden die wichtigsten Parameter für die Kostenveränderung bei der Aufbereitung mit mobilen Anlagen erläutert. Bei mobilen Anlagen sind Pauschalpreise üblich. Jedoch gibt es Anbieter die jede Leistung separat in Rechnung stellen. Durch Beachtung dieser Faktoren lassen sich die Kosten beeinflussen. In den nachfolgenden Punkten werden Faktoren die diese Kosten beeinflussen erklärt:

- **Transportweg**

Der Kostenparameter Transportweg teilt sich in zwei Kategorien. Zum Transport gehören der An- und Abtransport der Aufbereitungsanlage und der Transport der Baurestmassen bzw. des Sekundärmaterials.

- **Transport der Aufbereitungsanlage:**

Der An- und Abtransport der Aufbereitungsanlage ist bei den meisten Anbietern im Mietpreis inbegriffen. Falls das nicht der Fall ist, ist darauf zu achten den räumlich nächsten Anbieter vorzuziehen.

- **Transport des Sekundärmaterials:**

Wird das Sekundärmaterial nicht vor Ort wiederverwendet, muss dieses transportiert oder zwischengelagert werden. Diese Kosten können im Nachhinein kaum beeinflusst werden. Logistische Überlegungen sind in der Planung anzustellen.

- **Lagerung**

Muss Material zwischengelagert werden ist das meist nur auf eigenem Grund und Boden kostenfrei möglich. Je nach Material ist nach den Gesetzen der Deponieverordnung oder der Zwischenlagerung von Baurestmassen zu agieren.

- **Mietpreis**

Der Mietpreis lässt sich nur indirekt durch Vergleich der verschiedenen Anbieter beeinflussen. Hier ist wichtig abzuwägen, welche Art von Aufbereitungsanlage notwendig ist. Diese unterscheiden sich nämlich preislich in Anbetracht der Leistung. Die Mietpreise können beim jeweiligen Anbieter auf Anfrage eingesehen werden.

---

<sup>138</sup> Firma Bergler-Entsorgung: <http://www.bergler.de/cms/index.php/entsorgung-nutzfahrzeugservice/recycling/verkauf-recyclingmaterial/bauschutt-beton>; Zugriff am 2.10.2016

- **Qualität**

Die Qualitätsanforderung bestimmt die Art der Anlage und eventuelle Zusätze wie Magnetabscheider, Siebe oder andere Zusatzeinrichtungen. Will man jedoch eine spezielle Qualität des Sekundärmaterials, welche mit einer mobilen Anlage nicht erreicht werden kann, ist es notwendig das Abbruchmaterial bei einer stationären Anlage aufzubereiten. Diese verfügen über komplexere Einrichtungen und liefern mitunter hochwertigeres Sekundärmaterial. Die Kosten die bei einer stationären Anlage anfallen sind in Tabelle 33 und Tabelle 34 aufgelistet.

## 5 DIMENSIONIERUNGSANSÄTZE

Die Dimensionierung bzw. die Auswahl einer Aufbereitungsanlage für den Abbruch eines Gebäudes hängt von mehreren Faktoren ab. Zum einen vom Einsatzgebiet, von der Art der anfallenden Baurestmassen, der Menge und von den finanziellen Möglichkeiten. Ausschlaggebend und Erfolg bringend ist eine schrittweise und effiziente Planung der einzelnen Abschnitte des Abbruchs und der Aufbereitung. Das bedeutet, um die Anlagen effizient und wirtschaftlich dimensionieren zu können müssen die einzelnen Phasen von der Abbruchplanung bis hin zum Abbruch und schließlich zur Aufbereitung so detailliert wie möglich geplant werden.

### 5.1 Rückbauplanung

Hauptaufgabe einer kontrollierten Rückbauplanung ist die Schaffung von sinnvollen Zerlegungsgruppen. Als Planungshilfe für die Demontage eignen sich folgende Bezeichnungen:<sup>139</sup>

- Bauelemente:  
Sind die kleinsten, aus Baustoffen geformten Einheiten, welche festgelegte Abmessungen haben.
- Bauteile:  
Als Bauteile werden Bauelemente bezeichnet, die eine tragende, raumtrennende- oder abschließende Funktion haben.
- Demontagegruppen:  
Sind Gruppen die die verschiedenen Phasen des Abbruchs beschreiben.
- Materialsubstanz qualitativ und quantitativ:  
Beschreibt aus welchen Bestandteilen die verschiedenen Materialien bestehen.
- Nutzungsart des Gebäudes
- Erfassung kontaminierter Materialien und Gebäudeteile
- Standort und räumliche Verhältnisse des Gebäudes

Es ist sinnvoll schon am Anfang ein Stücklistenverzeichnis anzufertigen und relevante Daten und Hinweise mitzuführen. Dadurch erleichtert sich z.B. eine Zuordnung der Materialart zu den einzelnen Baustoffen und Bauteilen. Dies erleichtert die Bearbeitung auf den nachfolgenden Stufen der Recyclingkette. Abbildung 28 zeigt den chronologischen Ablauf eines Rückbaus.

---

<sup>139</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 122

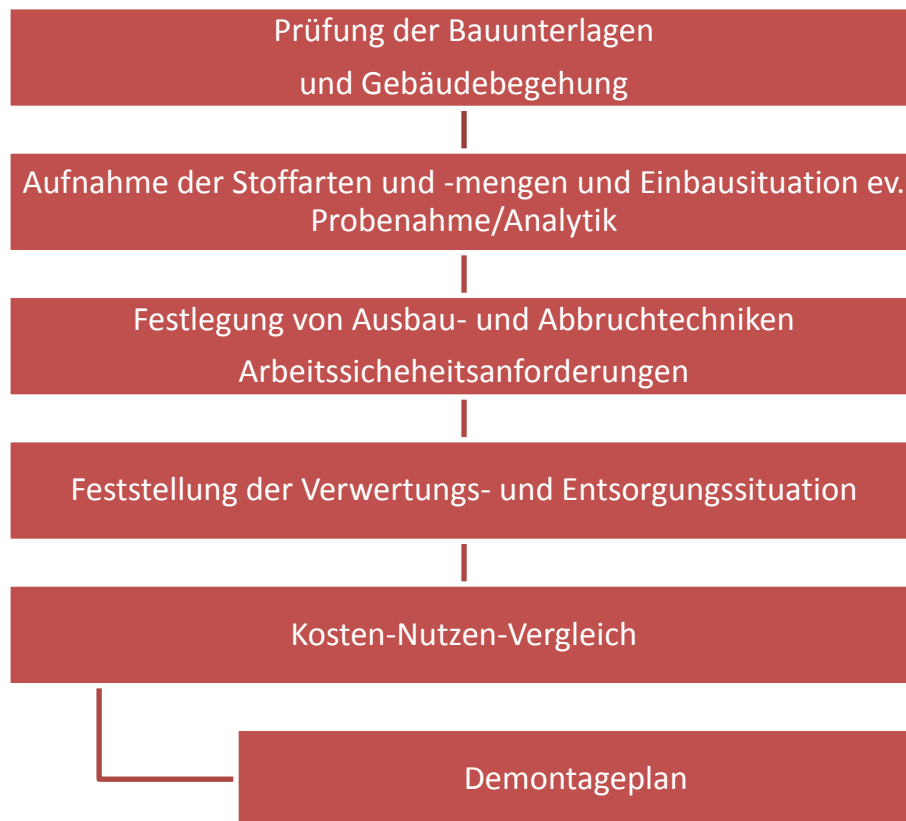


Abbildung 28: Planungsphasen für einen kontrollierten Rückbau<sup>140</sup>

## 5.2 Abbruch und Entsorgungskonzept

Um auch die letzten Details des Abbruchs planen zu können, ist es sinnvoll vor dem Abbruch eine Begehung des Gebäudes zu machen. Aus den bestehenden Materialien und Verbindungen der einzelnen Bauteile ist festzulegen, welche Geräte zum Abbruch benötigt werden. Aus wirtschaftlicher und organisatorischer Sicht ist es sinnvoll die Phasen des Abbruches bis hin zur Aufbereitung und Wiederverwertung zu planen. Je nach Art des Gebäudes und den darin enthaltenen Materialien können verschiedene Abbruchverfahren angewendet werden. Darunter fallen Abtragen, Abgreifen, Zerschlagen bzw. Zerkleinern, Einschlagen, Eindrücken, Einreißen, Sprengen, Sägen, Bohren und thermische Verfahren.<sup>141</sup>

### 5.2.1 Abbruch

Um ein qualitativ hochwertiges Sekundärmaterial zu erhalten, muss das Abbruchmaterial von schädlichen und nicht geeigneten Stoffen und Bestandteilen befreit werden. Da es im Allgemeinen schwer und aufwendig ist diese Bestandteile im Nachhinein zu entfernen, sollten sie bereits vor dem Abbruch so gut es geht selektiert werden. Eine wesentliche Rolle dabei spielt die Art des Bauwerks. Diese bestimmt auch gleichzeitig den zu bringenden Aufwand.

<sup>140</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 123

<sup>141</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 123-125

Bei ganz genauem selektivem Ausmustern nicht erwünschter Bestandteile, muss das Gebäude in umgekehrter Reihenfolge des Bauprozesses rückgebaut werden.<sup>142</sup>

Hierfür sind folgende Demontagestufen zu empfehlen:<sup>143</sup>

- **Demontagestufe 1**

Ausbau von sofort wiederverwertbaren Gerätschaften, Bauteilen oder Materialien wie z.B. Armaturen, Einrichtungen, Heizkörper, Rohre usw.

- **Demontagestufe 2**

Diese Demontagestufe beschreibt den Ausbau von Material, welches nach einer Behandlung weiterverarbeitet werden kann. Darunter fallen z.B. Fenster, Türen, Kabelkanäle usw.

- **Demontagestufe 3**

Beschreibt den Abbau von Materialien und Stoffen die erst zerkleinert oder zerfasert werden bevor sie weiterverarbeitet werden können. Darunter fallen z.B. Bodenbeläge, Dämmstoffe, Glas, Holz usw.

- **Demontagestufe 4**

Abbau von Dachkonstruktionen und Fassadenflächen wie z.B. Dichtungs- und Dämmmaterialien, Dachziegel und Dachstühle sowie die Demontage von Fassaden- und Brüstungselementen.

Daraufhin erfolgt der weitere Abbruch der Tragkonstruktion nach dem die unterschiedlichen Materialien in mineralische und nicht mineralische Baurestmassen getrennt werden. Dies kann per Hand oder mittels Sortiergreifer erfolgen. Die Demontagestufen eins bis drei sind sehr kostenintensiv, weil sie großteils per Hand oder mit Kleingeräten durchgeführt werden müssen. Die Phasen Demontage, Abbruch, Materialtrennung, Sortierung und die darauffolgende Aufbereitung müssen als baubetriebliche Einheit betrachtet werden. Durch diese Trennung ist der anschließende Aufbereitungsvorgang mit weniger Kosten verbunden. Grund dafür ist die daraus folgende Sortenreinheit und die damit verbundene reibungslose Aufbereitung.

---

<sup>142</sup> Vgl. Martin Lang: Recycling von Baustoffen; 1992; Seite 19

<sup>143</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 124

### 5.2.2 Materialabhängigkeit

Die Auswahl der Anlage wird in erster Linie von dem zu brechenden Material bestimmt. Zum Beispiel benötigt man für die Aufbereitung von Ziegelbruch weniger Zeit als für die gleiche Menge an Stahlbeton. Beim Abbruch eines Bauwerkes fallen verschiedene Materialien an die sofort oder nur nach einer speziellen Aufbereitung wiederverwertet werden können:<sup>144</sup>

**Mauerwerk** und Mörtel fallen zusammen mit Wänden, Fassadenputzen sowie Fliesen an und werden zu Beschüttungsmaterial oder Sand aufbereitet. Eine direkte Wiederverwertung dieser Materialien ist nur selten möglich.

**Beton- und Stahlbeton** fällt auch mit Verunreinigungen wie mit Putz, Fliesen oder anderen Materialien die an Wänden oder Decken befestigt sind an. Wichtig ist, dass Dämmungen und andere Stoffe die zwischen z.B. Beton- und Estrichschichten liegen, vom Beton getrennt werden.

**Holzabfälle** fallen größtenteils beim Abbruch von Dach- und Hallenkonstruktionen an. In seltenen Fällen kann Holz direkt weiterverarbeitet werden. In den meisten Fällen muss es zerkleinert bzw. zerkleinert werden, um in der Papierherstellung oder bei der Spanplattenerzeugung wiederverwendet werden zu können.

**Glasmaterial** kann in den seltensten Fällen sofort wiederverwendet werden. Im Regelfall wird Glas zur Wiederverwendung eingeschmolzen.

**Stahl** fällt beim Abbruch im Hochbau im Regelfall in Form von Bewehrung oder Trägern an und kann eingeschmolzen und wiederverwendet werden.

**Nichteisenmetalle** wie z.B. Kupfer und Zink aus Kabeln oder Aluminium von Fenstern und Fassaden werden auch eingeschmolzen, um wiederverwendet werden zu können.

**Bodenbeläge** werden aus qualitätsgründen in der Regel nicht wiederverwertet. Eine Ausnahme sind Keramikprodukte wie z.B. Fliesen. Das Material muss komplett zerkleinert werden, bevor es wiederverwendet werden kann.

**Installationsmaterial** wie Heizkörper, Rohre oder ähnliches kann im besten Fall direkt wiederverwendet werden. Ansonsten kann es je nach Material eingeschmolzen, zerkleinert oder auf eine andere Art aufbereitet werden.

### 5.2.3 Auswahl der Abbruch- und Transportgeräte

Je nach Art der Konstruktion und der Materialien eines Gebäudes, müssen zum Abbruch verschiedene Gerätschaften herangezogen werden. Um diese auswählen zu können, muss man wissen wie viel in Bezug auf Menge und Masse abzurechnen ist und wie lange die

---

<sup>144</sup> Vgl. Martin Lang: Recycling von Baustoffen; 1992; Seite 20



Maschine dafür benötigt. Zum Abbruch werden hauptsächlich Hydraulikbagger mit verschiedenen Aufsätzen wie

- Scheren,
- Abbruchgreifer,
- Abrissbirnen,
- diverse Schaufeln und
- hydraulischen Meißeln

LKW und Frontlader eingesetzt.

Für den Transport von der Baustelle zur Aufbereitungsanlage werden, wenn diese von der Abbruchstelle weit entfernt ist, LKWs eingesetzt. Ist eine Anlage vor Ort vorhanden, wird diese mit Radladern oder Baggern beschickt. Je nach Komplexität des Abbruchs ist abzuwägen was rentabel ist. Nach dem Abbruch ist man gesetzlich verpflichtet die Abbruchmaterialien voneinander zu trennen und bis zur Aufbereitung sortiert zu lagern.<sup>145</sup>

### 5.3 Abfallmengenberechnung

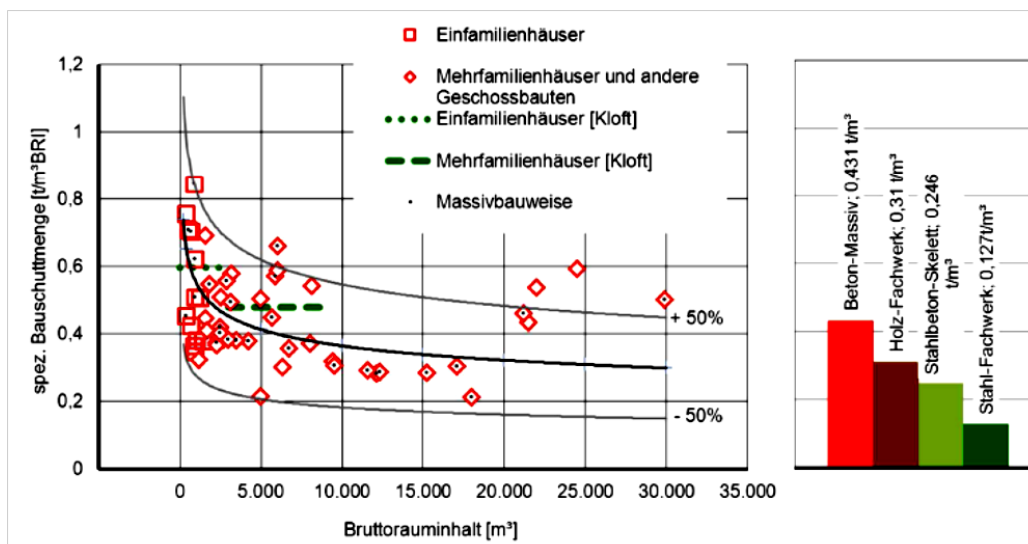
Um eine genaue Kalkulation in Bezug auf die Abbruch- und Aufbereitungsanlagen erstellen zu können, ist eine genaue Abfallmengenberechnung erforderlich. Diese kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen. Zum einen kann sich die Berechnung auf den bebauten Raum [ $t/m^3$ ] oder auf die bebaute Wohnfläche [ $t/m^2$ ] beziehen. Zum anderen können die Abfallmengen „netto“ über bestehende Gebäudeabmessungen berechnet werden. Bei Industriebauten oder dergleichen ist es ratsam die Wände und Decken genau zu berechnen. Zur Erleichterung der Abfallmengenberechnung wurden bauwerksspezifische Kennzahlen eingeführt. Die Angabe erfolgt als Masse in Tonnen oder als festes Baustoffvolumen in  $m^3$ . Wie oben erwähnt werden verschiedene Ausgangsbasen verwendet:<sup>146</sup>

- Bruttorauminhalt (BRI) [ $m^3$ ]
- Umbauter Raum (UR) [ $m^3$ ]
- Wohnfläche [ $m^2$ ]

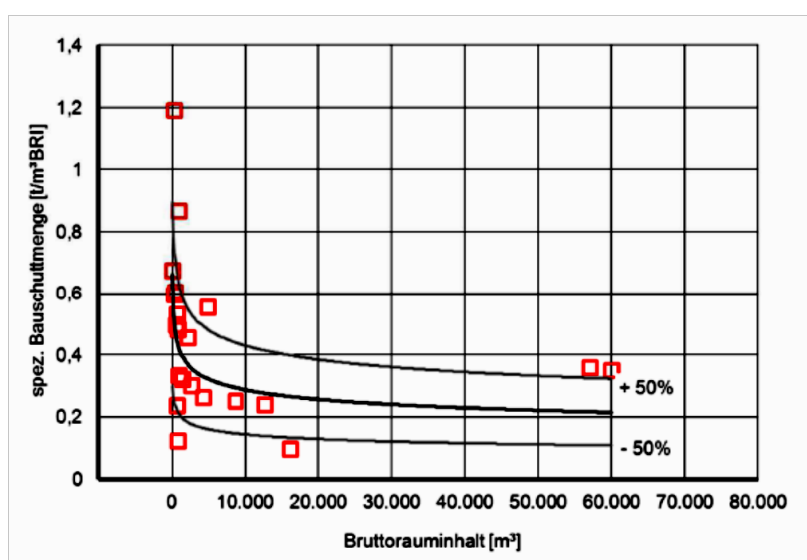
Die Quellen für bauwerksspezifische Kennzahlen sind zum einen die Massenermittlung bei Abbrüchen und zum anderen die Literaturangaben zum Materialeinsatz in Bauwerken. In Abbildung 29 werden Daten für Wohn- und Industriebauten dargestellt.

<sup>145</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

<sup>146</sup> Vgl. Alexander Schnell: <http://www.abw-recycling.de/de/neuig.html>; Zugriff am 3.6.2015; Seite 5

Abbildung 29: Daten für Wohnbauten<sup>147</sup>

Es ist die Verteilung und der Verlauf der Menge an Bauschutt im Verhältnis zum Bruttorauminhalt gut zu erkennen. Ersichtlich ist auch, welche Materialien bei einem durchschnittlichen Wohngebäude in großen und in kleinen Mengen anfallen. Durch solche empirischen Daten ist es möglich eine grobe Vorkalkulation im Bezug auf die aufzubereitende Menge zu erstellen. Das Diagramm zeigt auch, dass bei einem annähernd gegen Null gehenden Bruttorauminhalt die spezifische Bauschuttmenge verhältnismäßig stark ansteigt. Das hängt damit zusammen, dass der Rauminhalt weniger wird, jedoch die Stärken der Wände und Decken annähernd gleich bleiben. Dadurch erhält man mehr Raum mit Materie als mit Luft. Vergrößert sich der Bruttorauminhalt sinkt die spezifische Bauschuttmenge.

Abbildung 30: Daten für Industriebauten<sup>148</sup>

<sup>147</sup> Alexander Schnell: [http://www.abw-recycling.de/Lehre/WS\\_13-14/Modul%20C/5BauwerkspezKennzahlen.pdf](http://www.abw-recycling.de/Lehre/WS_13-14/Modul%20C/5BauwerkspezKennzahlen.pdf); Zugriff am 3.6.2015; Seite 5

<sup>148</sup> Alexander Schnell: [http://www.abw-recycling.de/Lehre/WS\\_13-14/Modul%20C/5BauwerkspezKennzahlen.pdf](http://www.abw-recycling.de/Lehre/WS_13-14/Modul%20C/5BauwerkspezKennzahlen.pdf); Zugriff am 3.6.2015; Seite 6

In Abbildung 30 ist das Verhältnis von der spezifischen Bauschuttmenge zum Bruttorauminhalt dargestellt. Die roten Quadrate stellen Daten aus abgebrochenen Industriebauten dar. Sichtbar ist der rasante Abfall der spezifischen Bauschuttmenge  $[t/m^3\text{BRI}]$  zwischen 0 und 5.000  $m^3$  Bruttorauminhalt. Ab diesem Wert beschreibt die Funktion eine kontinuierlich fallende Kurve.

In Abbildung 31 werden bauwerkspezifische Kennzahlen für Geschößbauten dargestellt. Diagramme wie diese ermöglichen eine erste grobe Schätzung der anfallenden Baurestmassen. Es wird das Baustoffvolumen verschiedener Bauten dargestellt. In der Abbildung sind Beispiele von Geschößbauten und Hochhäusern für die anfallenden Baustoffvolumen pro umbauten Raum dargestellt. Dadurch hat man je nach Gebäudetyp eine Vorstellung wie viel Material bei einem Abbruch anfällt.

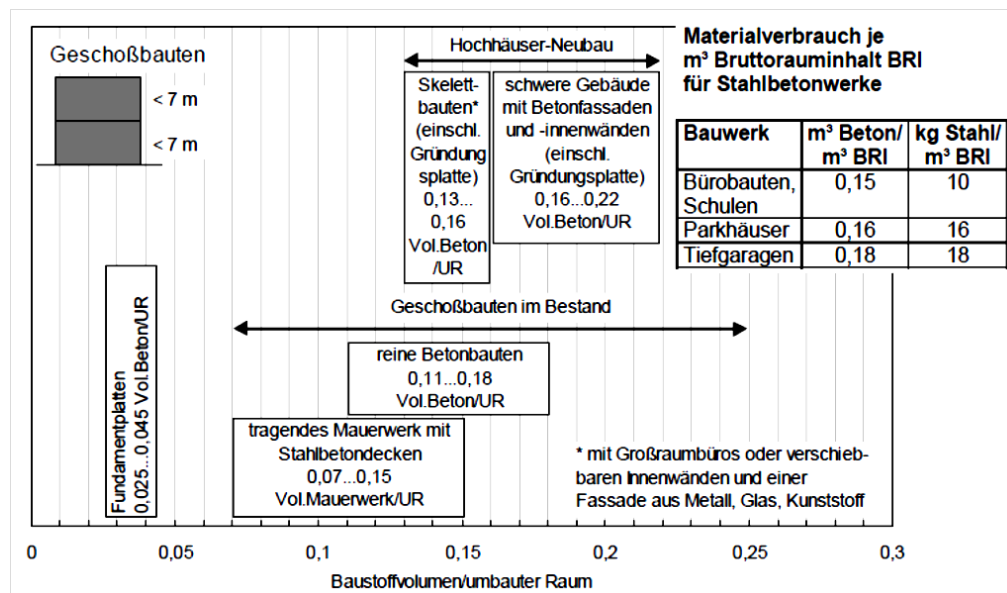


Abbildung 31: Bauwerkspezifische Kennzahlen für Geschößbauten<sup>149</sup>

Ist die Menge an anfallendem Aufbereitungsmaterial berechnet, so kann eine passende Aufbereitungsanlage ausgewählt werden. Hat man vor die Baurestmassen bei einer stationären Anlage aufbereiten zu lassen, stellt sich diese Frage nicht, da hier eine fixe Anlage vorhanden ist.

## 5.4 Dimensionierungskriterien für Aufbereitungsanlagen

Die erste Frage bei der Auswahl einer Aufbereitungsanlage ist, ob man die angefallenen Baurestmassen vor Ort aufbereitet (mobile Anlage) oder ob sie zu einer stationären Anlage transportiert und dort weiterverarbeitet werden sollen. Je nach Material, zeitlichem Druck und Verwendungszweck gibt es verschiedenste Anlagen. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in

<sup>149</sup> Alexander Schnell: <http://www.b-i-m.de/Berichte/z0998frame.htm>; Zugriff am 3.6.2015; Seite 7

der Leistung, also im Durchsatz, in der Größe und der Beschickungsöffnung. Für die Auswahl einer Aufbereitungsanlage sind folgende Parameter aufeinander abzustimmen:<sup>150</sup>

- Menge des aufzubereitenden Materials
- Infrastruktur
- Distanz zur nächsten stationären Aufbereitungsanlage
- Mietkosten einer mobilen Anlage
- Benötigte Sekundäranlagen (Radlader, Bagger usw.)

Unter der Beachtung dieser Faktoren ist zu entscheiden, welche Art der Aufbereitung sich rentiert.

### 5.4.1 Dimensionierungskriterien für stationäre Anlagen

Um eine stationäre Anlage wirtschaftlich dimensionieren zu können ist es wichtig die Kapazitäten der Anlage, des Personals und den Markt zu kennen. Man kann sich an folgenden Punkten orientieren:<sup>151</sup>

- Nachhaltigkeit des Marktbedarfes
- Flexibilität und Änderung der nachgefragten Produktionssortimente
- Mögliche Produktionszeiten
- Entwicklung der Investitionskosten
- Investitionsstrategie
- Produktionskapazität

Die Größe der Anlage ist abhängig von der Eingangsmenge an Material. In Tabelle 28 wird eine praxisnahe Arbeitsstundenaufstellung durchgeführt um anschließend die erforderliche Leistung der Anlage errechnen zu können.

Tage im Jahr	365,00
Feiertage	11,00
Sonntage	52,00
Samstage	52,00
Winterpause in Österreich	40,00
<b>Arbeitstage pro Jahr</b>	<b>210,00</b>

Tabelle 28: Arbeitstage pro Jahr<sup>152</sup>

Im nächsten Schritt werden fiktive Mengen angenommen um darzustellen wie sich die Eingangsmenge auf die erforderliche Leistung auswirkt. Aufgrund der errechneten Stundenleistung kann eine dementsprechende Anlage ausgewählt werden. In den beiden rechten Spal-

<sup>150</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.5.2015

<sup>151</sup> Vgl. Martin Kirschbaum: Gesteins-Perspektiven; 2007; Seite 31-32

<sup>152</sup> Vgl. Martin Kirschbaum: Gesteins-Perspektiven; 2007; Seite 32

ten wird auch dargestellt, welchen Einfluss verschiedene Schichtbetriebe auf die „Soll-Produktionsleistung“ haben. Alle markanten Parameter sind in Tabelle 29 aufgelistet.

Schichten pro Tag	1,50	2,00
Stunden pro Tag	8,00	8,00
Auslastung	0,85	0,85
Arbeitsstunden pro Tag [h/d]	10,20	13,60
<b>Arbeitsstunden pro Jahr [h/a]</b>	<b>2.142,00</b>	<b>2.856,00</b>
Produktion Soll [t/a]	1.500.000,00	1.500.000,00
<b>Stundenleistung Soll [t/h]</b>	<b>700,28</b>	<b>525,21</b>
Produktion Soll [t/a]	1.000.000,00	1.000.000,00
<b>Stundenleistung Soll [t/h]</b>	<b>466,85</b>	<b>350,14</b>
Produktion Soll [t/a]	500.000,00	500.000,00
<b>Stundenleistung Soll [t/h]</b>	<b>233,43</b>	<b>175,07</b>

Tabelle 29: Kapazitätsbestimmung einer stationären Aufbereitungsanlage<sup>153</sup>

Durch Multiplikation der Schichten mit den Stunden pro Tag und mit der Auslastung ergeben sich die Arbeitsstunden pro Tag. Anschließend wird dieser Wert mit den Arbeitstagen pro Jahr multipliziert. Somit erhält man die Arbeitsstunden pro Jahr. Weiters werden die angenommene Produktionsmenge durch die Arbeitsstunden pro Jahr dividiert. Schlussendlich erhält man die Stundenleistung die die Anlage erzielen soll.

#### 5.4.2 Dimensionierungskriterien für mobilen Anlagen

Für die Auswahl einer mobilen Anlage sind zum einen die Art und die Reinheit des aufzubereitenden Materials ausschlaggebend. Zum anderen spielt die Menge und die dafür zur Verfügung stehende Zeit eine Rolle. Dies lässt sich über die Größe einer Anlage regeln. In der Praxis heißt das, man braucht eine Anlage mit hohem Durchsatz. Die Einheit des Durchsatzes ist in Tonnen pro Stunde angegeben. Der zweite Parameter ist die Öffnungsgröße der Anlage, in welche das zu brechende Material eingeführt wird. Zu diesen kommen unter anderem die Personal-, Betriebs- und Transportkosten.

In den folgenden Punkten werden verschiedene Anlagen und ihre besonderen Eigenschaften beschrieben. Die Anlagen wurden so ausgewählt, um mögliche Unterschiede zu verdeutlichen. Technische Daten, welche für die eigentliche Dimensionierung ausschlaggebend sind, können diversen Firmenseiten entnommen werden. Die nachfolgenden Daten stammen von der österreichischen Firma „BAG Klösch Aufbereitungstechnik GmbH“.

<sup>153</sup> Vgl. Martin Kirschbaum: Gesteins-Perspektiven; 2007; Seite 32

### 5.4.2.1 Raupenmobile Backenbrechanlage

Raupenmobile Backenbrecher können für Hartgestein eingesetzt werden. Ihr Eigengewicht reicht von 35 bis 135 t. Es gibt ein umfangreiches Angebot in Bezug auf Einwurföffnung, Brechergröße und Arbeitsgeschwindigkeit. Der Durchsatz beträgt je nach Material und Befüllungsstand 129 - 320 t/h. In Abbildung 32 ist ein Beispiel eines mobilen Backenbrechers zu sehen.



Abbildung 32: jaw crusher QJ241<sup>154</sup>

In Tabelle 30 sind die wichtigsten technischen Daten dieser mobilen Anlage aufgelistet.

DETAILINFORMATIONEN	
Brechereinlauf	1.000 x 650 mm
Aufgabetrichter	4,95 m <sup>3</sup>
Antriebsart	dieselhydraulisch
Dieselmotor	CAT C7.1 Acert
Antriebsleistung	168 kW
Maschinengewicht	34.500 kg
Arbeitsabmessungen (L x B x H)	13.720 x 4.200 x 3.570 mm
Transportabmessungen (L x B x H)	13.820 x 2.640 x 3.290 mm

Tabelle 30: Technische Daten des mobile jaw crusher QJ241<sup>155</sup>

### 5.4.2.2 Raupenmobile Kegelsbrechanlage

Der Vorteil der Kegelsbrecherserie QH331 ist, dass der Brechraum auf sechs verschiedene Größen verstellt werden kann. Dies ermöglicht eine große Flexibilität und eine Erhöhung des Durchsatzes. Deshalb ist der Durchsatz auch variabel und liegt bei dieser Anlage zwischen 26 und 220 t/h. In Abbildung 33 ist diese Kegelsbrechanlage dargestellt.

<sup>154</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=13>, 2015; Zugriff am 15.8.2015

<sup>155</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=13>, 2015; Zugriff am 15.8.2015

Abbildung 33: cone crusher QH331<sup>156</sup>

Die wichtigsten technischen Daten der Anlage sind in Tabelle 31 aufgelistet.

<b>DETAILINFORMATIONEN</b>	
Brechertyp	Sandvik CH430
Aufgabegröße	bis 185 mm
Aufgabetrichter	5,0 m <sup>3</sup>
Antriebsart	dieselhydraulisch
Dieselmotor	CAT C9.3 Acert
Antriebsleistung	261 kW
Maschinengewicht	33.500 kg
Arbeitsabmessungen (L x B x H)	13.400 x 3.140 x 4.370 mm
Transportabmessungen (L x B x H)	14.400 x 2.800 x 3.400 mm
Optionen	Siebmodul mit Rückführsystem

Tabelle 31: Technische Daten des cone crusher QH331<sup>157</sup>

### 5.4.2.3 Raupenmobiler Prallbrecher

Der raupenmobile Prallbrecher ist ein Prallbrecher mit vier Anpralleisten. Das Design sorgt für hohe Untersetzungsverhältnisse. Er besitzt einen sogenannten „Doublescreen“, was bedeutet, dass er ein doppelt hängendes Förderband besitzt, welches übergroßes Ausgangsmaterial wieder zum Brecher zurückführt. Der Durchsatz ist wie bei vielen modernen Anlagen variabel und kann dem Material angepasst werden und reicht von ca. 50 - 300 t/h. In Abbildung 34 ist diese Anlage dargestellt.

<sup>156</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=14>, 2015; Zugriff am 15.8.2015

<sup>157</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=15>, 2015; Zugriff am 15.8.2015

Abbildung 34: impact Crusher QI441<sup>158</sup>

Die wichtigsten technischen Daten sind in Tabelle 32 aufgelistet.

<b>DETAILINFORMATIONEN</b>	
Brechertyp	Prallbrecher Sandvik CI421 PriSec
Brechereinlauf	1.360 x 800 - 1.000 mm (hydraulisch Verstellbar)
Aufgabegröße	bis 750 mm (Kantenlänge)
Aufgabetrichter	6 m <sup>3</sup>
Antriebsart	dieselhydraulisch
Dieselmotor	CAT C13 Acert (Tier 3B)
Antriebsleistung	328 kW
Maschinengewicht	53.000 kg (ohne Rückführsystem und Doppelsiebmodul)
Arbeitsabmessungen (LxBxH)	16.500 x 6.700x 4.600 mm (ohne Rückführsystem und Doppelsiebmodul)
Transportabmessungen (LxBxH)	15.730 x 3.000 x 3.600 mm (ohne Rückführsystem und Doppelsiebmodul)
Optionen	Rückführsystem inkl. Doppelsiebmodul (siehe Bilder), Motor CAT C13 Acert Stage 3B...

Tabelle 32: Technische Daten des Impact Crusher QI441<sup>159</sup>

Auf Grund solcher Daten lässt sich je nach Art und Menge des anfallenden Materials ein passendes Gerät zur Aufbereitung auswählen.

### 5.4.3 Auswahl nach dem Einsatzgebiet

Je nach Einsatzgebiet ist die jeweilige Aufbereitungsanlage danach auszuwählen. Es ist zu differenzieren wo und für was die Aufbereitungsanlage genau benötigt wird. Werden recycel-

<sup>158</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=15>, 2015; Zugriff am 15.8.2015

<sup>159</sup> Sandvik: <http://www.bag-kloech.at/bag/index.php?seitenId=4&produktkategorienId=15>, 2015; Zugriff am 15.8.2015



te Baurestmassen vor Ort z.B. wieder als Schüttung eingebaut, ist es ratsam eine mobile Anlage zu bestellen und diese Baurestmassen aufzubereiten. Rentiert sich der Verkauf des aufbereiteten Materials in Relation zu den Aufbereitungskosten, ist es ebenfalls empfehlenswert eine solche Anlage heranzuziehen.

Eine stationäre Anlage ist auf Grund der insgesamt höheren Annahme- und Aufbereitungspreise nur zu empfehlen, wenn sie nahe dem Abbruchort liegt und die Transportkosten nicht zu sehr ins Gewicht fallen.

Die folgenden Punkte dienen als Entscheidungshilfe für die Auswahl der Aufbereitungsanlage:<sup>160</sup>

- Gesetzliche Auflagen
  - Umweltverträglichkeit
  - Lärmschutz
  - Staubentwicklung
  - Vibrationen usw.
- Infrastruktur
- Transportkosten
- Behördliche Genehmigungskosten

Unter Abwägung dieser Faktoren lässt sich entscheiden, in welchem Gebiet welche Anlage geeignet ist.

#### **5.4.4 Einrichtungen für stationäre Anlagen**

Die Einrichtungen einer stationären Anlage unterscheiden sich denen der mobilen Aufbereitung in deren Komplexität. Je nach Konfiguration der Anlage kann eine stationäre Anlage verschiedene Siebe, Sichter, Zerkleinerungsanlagen, Förderungsanlagen, sowie Beschickungs- und Transportgeräte besitzen. Der schematische Aufbau der Anlagen und Einrichtungen einer stationären Anlage sind in Punkt 3.3 dargestellt. Eine mittlere stationäre Aufbereitungsanlage besitzt folgende Einrichtungen:<sup>161</sup>

- Vorsieb
- Vorbrecher
- Brecher
- Klassieranlage
- Ev. Waschanlage

---

<sup>160</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 177

<sup>161</sup> Bernd Bilitewski: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 1995; Seite 53

- Förderungsanlagen
- Transportgeräte und Fahrzeugwaage
- Lagerplätze
- Verwaltungsgebäude und Aufenthaltsräume

Durch die komplexen Einrichtungen ist es möglich Sekundärmaterial mit hoher Qualität herzustellen.

### 5.4.5 Einrichtungen für mobile Anlagen

Die Entscheidung für eine mobile Aufbereitungsanlage bringt auch andere Einrichtungen mit sich, die für den Betrieb notwendig sind. Die Dimensionierung erfolgt durch die Anzahl des Personals bzw. aus den Produktionsmengen, dazu gehören:<sup>162</sup>

- Geräte zur Beschickung der Anlage (Radlader, Bagger)
- Lagerflächen
- Bürocontainer
- Ev. Wasserversorgung
- Aufenthaltscontainer
- Kraftstoff
- Ev. Abdichtungsmaßnahmen

## 5.5 Materialflüsse

Um bei der Aufbereitung ein wirtschaftlich positives Ergebnis zu erhalten, ist eine genaue Kalkulation erforderlich. Der wirtschaftliche Erfolg ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Am stärksten beeinflussen der Durchsatz und die Annahme- und Abgabepreise die Rentabilität einer Aufbereitungsanlage. Die Werte der nachfolgenden Tabellen wurden von den Firmenangeboten auf der Internetseite des „Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes“<sup>163</sup> entnommen. Da diese oft stark variieren, wurden Durchschnittswerte errechnet, welche nun in Tabelle 33 und in Tabelle 34 ersichtlich sind. Außerdem werden nur die Materialien aufgelistet, welche auch tatsächlich als Baurestmassen im Hochbau anfallen. Die Preise der einzelnen Qualitäts- und Materialgruppen können der Preisliste des „Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes“ entnommen werden. In jeder Materialgruppe gibt es Preisschwankungen bezüglich Korngröße, Verunreinigung, Bewehrung, Sortenreinheit, Sieblinienbereich etc.

### 5.5.1 Annahme der Baurestmassen

Entscheidet man sich dafür die Baurestmassen nicht vor Ort wieder einzubauen, so hat der Abbruchunternehmer für die Abgabe der Baurestmassen zu zahlen. Dazu kommen meist

<sup>162</sup> Fachgespräch mit Franz Schöffmann: Die Saubermacher; 15.3.2015

<sup>163</sup> [http://www.br.v.or.at/files/shop/Preisliste\\_14-04.pdf](http://www.br.v.or.at/files/shop/Preisliste_14-04.pdf); Zugriff am 2.1.2017

auch noch Transportkosten. Diese Überlegungen werden in Kapitel 6 im Detail behandelt. Der Annahmepreis richtet sich nach der Qualität der Aufbereitung und nach dem Material. In Tabelle 33 wird ersichtlich gemacht, wie sich die Annahmepreise in Abhängigkeit von der Art des Materials verändern.

<b>Annahmepreise Baurestmassen</b>	
<b>Sortenbezeichnung</b>	<b>Preis [€/t]</b>
Bauschutt sortenrein	24,0
Bauschutt unsortiert	38,0
Bauschutt stark verunreinigt > 50 %	158,0
Bauschutt stark verunreinigt > 30 %	140,0
Betonabbruch unbewehrt	12,6
Betonabbruch bewehrt	22,1
Baustellenabfälle	190,3
Ziegelabbruch	12,5

Tabelle 33: Annahmepreise für Baurestmassen<sup>164</sup>

### 5.5.2 Abgabe des Sekundärmaterials

Sekundärmaterialien (Recyclingmaterialien) können bei diversen stationären Anlagebesitzern oder bei anderen Händlern, die ebenfalls im Firmenregister des „Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes“ stehen erworben werden. Die Durchschnittswerte der dort angegebenen Firmenpreise sind in Tabelle 34 dargestellt.

<b>Abgabepreise Baurestmassen</b>		
<b>Sortenbezeichnung</b>		<b>Preis [€/t]</b>
RB	Recyceltes gebrochenes Baugranulat	6,2
RG	Recyceltes Granulat aus Gestein	2,5
RMH	Recycelte mineralische Hochbaurestmassen	4,9
RH	Recycelter Hochbausand, Recycelter Hochbausplitt	1,5
RHZ	Recycelter Hochbauziegelsand, Recycelter Hochbauziegelsplitt	2,2
RZ	Recycelter Ziegelsand, Recycelter Ziegelsplitt	2,1
RS	Recycelter Sand	5,5
RM	Recycliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton < 50% Gestein	7,3

Tabelle 34: Abgabepreise für Sekundärmaterialien<sup>165</sup>

## 5.6 Gewinnerorientierte Anlagenkonfiguration für mobile und stationäre Anlagen

Die Dimensionierung und der anschließende Betrieb einer Anlage basiert größtenteils auf empirischen Werten. Eine einfache Kosten- und Erlös-Rechnung sind für eine betriebswirtschaftliche, nachhaltige Planung nicht ausreichend. Um diese Dimensionierung bzw. Konfi-

<sup>164</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling-Annahme-/Abgabepreise; 2015; Seite 7- 26

<sup>165</sup> Vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: Baustoff-Recycling-Annahme-/Abgabepreise; 2015; Seite 7- 26

guration auch realisieren zu können, ist es notwendig die mitwirkenden Parameter und ihre Auswirkungen genau zu kennen. Werden diese Einflussfaktoren sorgfältig analysiert (Eingangsmaterial, Menge, Deponiegebühren, Verwendungsziele usw.) lässt sich eine optimale Anlagenkonfiguration erarbeiten.<sup>166</sup>

Ausgangspunkt sind die ökonomischen und technischen Rahmenbedingungen. Diese können entweder dem Eingang (Input) oder dem Ausgang (Output) einer Anlage zugeteilt werden:

### **INPUT**

- Wirtschaftlich  
(Kosten, Ausschuss auf der Eingangsseite)
- Technisch  
(qualitative und quantitative Zusammensetzung des Eingangsmaterials, Mindestverwertungsquote)

### **OUTPUT**

Die Ausgangsseite wird hauptsächlich durch den Verkauf des Sekundärmaterials geprägt (Schüttungsmaterial usw.). Je nach Verwertungsbereich kann auch die Qualität angepasst werden. Die Qualität des Sekundärmaterials hängt von den Phasen der Behandlung ab und wird durch die Zielsetzung definiert.

Stoffbilanzen sind bei solchen Analysen weniger bedeutsam. Marcus Nicolai entwickelte ein Modellsystem zur Gewinnmaximierung durch die Anlagenkonfiguration, welche in zwei markante Punkte unterteilt werden kann:<sup>167</sup>

- Wirtschaftlich  
(Gewinnmaximierung durch Bestückung jeder Struktur mit adäquaten technischen Aggregaten, Auswahl der am gewinnbringendsten Gesamtstruktur)
- Technisch  
(Ermittlung sinnvoller Anlagenstrukturen)

---

<sup>166</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 177

<sup>167</sup> Vgl. Thomas Palinkas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; 1996; Seite 177-179

## 6 FALLBEISPIELE

In diesem Kapitel werden praxisnahe Beispiele eines Abbruches analysiert und interpretiert. Es wird angenommen, dass sich das abzubrechende Gebäude im ländlichen Raum im Burgenland - Bezirk Oberpullendorf befindet. In den einzelnen Fallbeispielen werden verschiedene Situationen aufgezeigt, welche eine örtliche oder externe Aufbereitung behandeln. Es wird außerdem die Weiterverwendung des Sekundärmaterials behandelt. In den verschiedenen Beispielen wird das Sekundärmaterial vor Ort wiedereingebaut, verkauft oder weitertransportiert. Es wird versucht die Kosten der verschiedenen Aufbereitungsvarianten zu vergleichen um bei der Auswahl der Aufbereitungsanlage eine wirtschaftliche Entscheidung treffen zu können.

### 6.1 Abbruch

Um einen Überblick über die gesamten Abbruchkosten geben zu können werden die Abbruchkosten auf Basis des Bruttorauminhaltes (BRI) berechnet. Die Mengen der Anfallenden Baurestmassen werden durch ein fiktiv angenommenes Gebäude gewonnen, welches der Größe eines Einfamilienhauses entspricht.

#### 6.1.1 Mengenermittlung

Die Mengenermittlung der anfallenden Baurestmassen erfolgt durch Multiplikation der einzelnen Werte in Tabelle 35 mit dem Bruttorauminhalt. Die Werte stammen aus der Handlungshilfe für Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

Beton	0,137	t/m <sup>3</sup> BRI
Ziegel	0,206	t/m <sup>3</sup> BRI
Holz	0,008	t/m <sup>3</sup> BRI
Metalle	0,003	t/m <sup>3</sup> BRI
Restabfall	0,015	t/m <sup>3</sup> BRI
Sonstiges	0,003	t/m <sup>3</sup> BRI

Tabelle 35: Materialanteile im Bezug auf den Bruttorauminhalt<sup>168</sup>

Das abzubrechende Gebäude wird mit den Maßen 12 x 12 x 6 m angenommen. Dies ergibt einen Bruttorauminhalt von 864 m<sup>3</sup>. Die Mengenverteilung der verschiedenen Materialien werden in Tabelle 36 dargestellt.

<sup>168</sup> Vgl. Otto Rentz., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden- Württemberg; Karlsruhe; 2001; Seite16

Beton	118,37	t
Ziegel	177,98	t
Holz	6,91	t
Metalle	2,59	t
Restabfall	12,96	t
Sonstiges	2,59	t

Tabelle 36: Mengenverteilung der verschiedenen Materialien

Durch Tabelle 36 ergibt sich eine Menge von mineralischen Baurestmassen von 296,4 t. Zu den mineralischen Baurestmassen zählen Beton und Ziegel. Das heißt es entsteht rund 300 t Abbruchmaterial das aufbereitet werden kann. Zusätzlich entstehen 2,592 t Alteisen, welches an diverse Schrotthändler verkauft werden kann. Die einzelnen Materialien werden vor Ort vom Abbruchpersonal sortiert und zerkleinert. Die restlichen in den Baurestmassen enthaltenen Eisenanteile werden durch den Magnetabscheider an der Aufbereitungsanlage aussortiert.

### 6.1.2 Abbruchkosten

Der Abbruch des Einfamilienhauses erfolgt mittels Raupenbagger mit Abbruchausrüstung und zwei Personen, welche bei der Sortierung der anfallenden Baurestmassen und der Bewässerung (gegen Staubentwicklung) während des Abbruchs behilflich sind. Zur standardmäßigen Abbruchausstattung eines Raupenbaggers gehören ein Abbruchgreifer, Hydraulikmeißel, Tieflöffel und eine Betonschere. Im folgenden Kapitel werden die Kosten der einzelnen Maschinen kalkuliert. Die Werte für die Kalkulation stammen aus der ÖBGL 2015 und werden in Tabelle 37 dargestellt. Die Kosten für die Abschreibung und Reparatur werden mit Abminderungswerten multipliziert. Diese Faktoren werden betriebsintern festgelegt. Sie berücksichtigen den Rabatt des Lieferanten und einen sorgfältigen Umgang mit den Geräten. Das hat eine längere Nutzungsdauer der Geräte zur Folge. Der Index von 1,1018<sup>169</sup> passt die „Großhandelspreise für Baumaschinen“ (Nr. 46.63.10) von 2015 den Preisen vom Jahr 2016 an.

<sup>169</sup> Statistik Austria: [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/preise/grosshandelspreisindex/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/grosshandelspreisindex/index.html); Zugriff am 20.1.2017

<b>Raupenbagger<sup>170</sup></b>	<b>ÖBGL Nr.</b>	<b>D.1.00.0150</b>
mtl. AV	6.850,00	€/Mo
mtl. Reparatur	5.500,00	€/Mo
Leistung	150,00	kW
Dieserverbrauch	0,20	l/kWh
Dieselpreis	0,90	€/l
Lohn Personal	37,05	€/h
Schmiermittelstunde	10,00	%
GHPI für Baumaschinen	1,018	-
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 37: Kalkulationsgrundlagen für Raupenbagger

Diese Werte werden nun in folgende Formeln eingesetzt. Dadurch erhält man die Kosten für einen Raupenbagger pro Stunde.

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	24,61 €/h
Rep/h:	monatliche Rep.-Kosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	23,05 €/h
Diesel/h:	Leistung x Dieserverbrauch x Dieselpreis	=	27,00 €/h
Schmiermittel/h:	10% der Kraftstoffkosten	=	2,70 €/h
Fahrer/h:	Lohn Personal x Schmiermittelstunde	=	40,76 €/h
<b>Kosten für Raupenbagger pro Stunde</b>			<b>118,12 €/h</b>

In Tabelle 38 sind die Kalkulationsgrundlagen für die Abbruchausrüstung dargestellt. Die nicht angeführten bleiben unverändert und sind Tabelle 37 zu entnehmen.

<b>Abbruchausrüstung<sup>171</sup></b>	<b>ÖBGL Nr.</b>	<b>D.1.81.0130</b>
mtl. Abschreibung	3.130,00	€/Mo
mtl. Reparatur	2.500,00	€/Mo

Tabelle 38: Kalkulationsdaten für Abbruchausrüstung

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	9,16 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	8,55 €/h
<b>Kosten für Abbruchausrüstung pro Stunde</b>			<b>17,71 €/h</b>

Die Personalkosten werden mit 37,05 €/h angesetzt. Bei zwei Hilfskräften betragen die Personalkosten 74,10 €/h. Der Abbruch eines Einfamilienhauses nimmt eine Arbeitswoche in Anspruch. Dies beinhaltet den maschinellen Abbruch sowie die Sortierung der verschiedenen Materialien. Das heißt es wird mit einer Dauer von fünf Arbeitstagen kalkuliert. Fünf Tage ergeben eine Arbeitswoche. Diese beinhaltet laut Kollektivvertrag 39 Arbeitsstunden

<sup>170</sup> ÖBGL; 2015; Seite D15

<sup>171</sup> ÖBGL; 2015; Seite D31

(ohne Überstunden). Durch Multiplikation der jeweiligen Maschinenkosten pro Stunde mit den Arbeitsstunden pro Woche ergibt das die Kosten für den Abbruch. Die Berechnung der entstehenden Abbruchkosten wird in Tabelle 39 dargestellt.<sup>172</sup>

Raupenbagger	4.606,73	€
Abbruchausrüstung	690,81	€
2 Arbeiter	2.889,90	€
<b>Abbruchkosten</b>	<b>8.187,45</b>	<b>€</b>
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b>Abbruchpreis</b>	<b>9.599,78</b>	<b>€</b>

Tabelle 39: Abbruchkosten für ein Einfamilienhaus

Die gesamten Abbruchkosten ergeben sich durch Addition der einzelnen Kostenpositionen. Auf die enthaltenen Zuschläge wird in Punkt 6.3 näher eingegangen.

## 6.2 Erlöse aus Altmittel

Durch den hohen Anteil an Eisen im Stahlbeton lässt sich ein kleiner Erlös schöpfen. Der Anteil an Eisen wird in Tabelle 36 berechnet. Der metallische Anteil in den Baurestmassen beträgt 2,59 t. Den Erlös erhält man durch Multiplikation mit dem aktuellen Annahmepreis für Altmittel.

Altmittel	2,59	t
Mischschrott schwer <sup>173</sup>	170,00	€/t
<b>Erlös aus Altmittel</b>	<b>440,64</b>	<b>€</b>

Tabelle 40: Erlös aus Altmittel

Im Zuge dessen fallen jedoch Transportkosten zum Altmittelhändler etc. an. Je nach Menge des anfallenden Alteisens ist abzuwägen ob sich der Verkauf rentiert. Die nachfolgende Kalkulation zeigt die anfallenden Transportkosten und den Kostenanstieg den die steigende Distanz mit sich bringt. In diesem Beispiel wird eine Distanz von 20 km zum Stahlwerk angenommen. In Tabelle 41 werden die Kalkulationsgrundlagen für einen LKW dargestellt.

<sup>172</sup> Fachgespräch mit Philipp Premm: BMF Abbruch; 21.11.2016

<sup>173</sup> ESF Elbe-Stahlwerke Feralpi GmbH: Preis für „Mischschrott schwer“ für Oktober 2016; 28.10.2016



LKW <sup>174</sup>	ÖBGL Nr.	P.2.00.0075
mtl. AV	1.530,00	€/Mo
mtl. Reparatur	1.160,00	€/Mo
Leistung	150,00	kW
Dieserverbrauch	0,20	l/kWh
Dieselpreis	0,90	€/l
Lohn Personal	37,05	€/h
Schmiermittelstunde	10,00	%
GHPI für Baumaschinen	1,018	-
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 41: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW - Alteisentransport

Durch das Einsetzen der Werte in die folgenden Formeln ergeben sich die Kosten für einen LKW pro Stunde.

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 5,50 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 4,86 €/h
Diesel/h:	Leistung x Dieserverbrauch x Dieselpreis	= 27,00 €/h
Schmiermittel/h:	10% der Kraftstoffkosten	= 2,70 €/h
Fahrer/h:	Lohn Personal x Schmiermittelstunde	= 40,76 €/h
<b>Kosten für einen LKW pro Stunde</b>		<b>80,81 €/h</b>

Durch Multiplikation der Kosten pro Stunde mit den benötigten Stunden ergeben sich die Kosten für den Transport. Je nach Entfernung und Alteisenaufkommen kann entschieden werden ob ein Verkauf wirtschaftlich ist. In Tabelle 42 werden die verschiedenen Transportkosten im Bezug auf die Entfernung dargestellt.

Entfernung zum Händler	Geschw. Hinfahrt	Geschw. Rückfahrt	Zeit Hinfahrt	Zeit Rückfahrt	Zeit Annahme	Kosten Transport
[km]	[km/h]	[km/h]	[h]	[h]	[h]	[€]
20,00	50,00	60,00	0,40	0,33	0,20	75,43
30,00	50,00	60,00	0,60	0,50	0,20	105,06
40,00	50,00	60,00	0,80	0,67	0,20	134,69
50,00	50,00	60,00	1,00	0,83	0,20	164,32
60,00	50,00	60,00	1,20	1,00	0,20	193,96
70,00	50,00	60,00	1,40	1,17	0,20	223,59
80,00	50,00	60,00	1,60	1,33	0,20	253,22

Tabelle 42: Transportkosten im Bezug auf die Entfernung

<sup>174</sup> ÖBGL; 2015; Seite P16

Durch Subtraktion der Erlöse aus den Metallen mit den Transportkosten ergibt sich der Reinerlös. In diesem Szenario wird eine Entfernung von 20 km angenommen. Die Berechnung wird in Tabelle 43 dargestellt.

Erlös aus Metall	440,64	€
Kosten für Transport	-75,43	€
<b>Reinerlös aus Metall</b>	<b>365,21</b>	<b>€</b>

Tabelle 43: Reinerlös aus Metall

Durch diese Berechnung kann eruiert werden, ob sich der Verkauf im Bezug auf die Transportkosten rentiert oder nicht. In diesem Fall kann ein Gewinn von 365,21 € verbucht werden.

### 6.3 Aufbereitungskosten

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Aufbereitungskosten behandelt. In den folgenden Fallbeispielen werden die Kosten mit mobiler und stationärer Aufbereitung verglichen. Es werden die Preise betrachtet, die sich für den Auftraggeber ergeben. Das heißt es wird ein Gesamtzuschlag aufgeschlagen.

Dieser beinhaltet laut ÖNORM B 2061:

- Geschäftsgemeinkosten: 10,00 %
- Bauzinsen: 1,25 %
- Wagnis: 3,00 %
- Gewinn: 3,00 %
- Gesamtzuschlag 17,25 %

Die Prozentsätze stammen aus einer von der Wirtschaftskammer publizierten Musterkalkulation<sup>175</sup> für den Mittellohnpreis.

#### 6.3.1 Mobile Aufbereitung

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen für die Kalkulation der Kosten für eine mobile Aufbereitung dargestellt. Für die Aufbereitung mit einer mobilen Anlage werden

- ein Brecher,
- ein Raupenbagger zur Beschickung und
- ein LKW für den Transport benötigt.<sup>176</sup>

Für die Aufbereitung wird ein Backenbrecher mit Vorsieber und integriertem Magnetabscheider ausgewählt. Der Durchsatz der Anlage ist variabel und wird mit 129 t/h angenommen.

<sup>175</sup> [https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Geschaeftsstelle-Bau/Mittellohnpreiskalkulation-2016\\_WEB.pdf](https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Geschaeftsstelle-Bau/Mittellohnpreiskalkulation-2016_WEB.pdf); Zugriff am 30.11.2016

<sup>176</sup> Fachgespräch mit Philipp Premm: BMF Abbruch; 21.11.2016

Dieser Wert ist ebenfalls von der Geschwindigkeit des Beschickungsgerätes abhängig. Die Kalkulationsgrundlagen für die Brecheranlage sind in Tabelle 44 dargestellt.

Mobile Aufbereitungsanlage	Sandvik QJ 241	
Anschaffungswert <sup>177</sup>	145.000,00	€
mtl. AV <sup>178</sup>	2,80	% von AW
mtl. Reparatur <sup>179</sup>	1,80	% von AW
Leistung <sup>180</sup>	168,00	kW
Dieserverbrauch	0,20	l/kWh
Dieselpreis	0,90	€/l
Lohn Personal	37,05	€/h
Schmiermittelstunde	10,00	%
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 44: Kalkulationsdaten für eine Aufbereitungsanlage

In den folgenden Formeln wird die Berechnung erläutert.

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo	= 14,33 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo	= 10,75 €/h
Diesel/h:	Leistung x Dieserverbrauch x Dieselpreis	= 30,24 €/h
Schmiermittel/h:	10% der Kraftstoffkosten	= 3,02 €/h
Maschinist/h:	Lohn Personal x Schmiermittelstunde	= 40,76 €/h
<b>Kosten für eine mobile Aufbereitungsanlage pro Stunde</b>		<b>99,10 €/h</b>

Der An- und Abtransport der Anlage erfolgt mittels Sattelzugmaschine. Da diese den ganzen Tag auf der Baustelle steht werden zusätzlich die Kosten für die Stehzeit einkalkuliert. Der Fahrer der Sattelzugmaschine ist während der Aufbereitung für die manuelle Entfernung von Fremdstoffen aus dem Sekundärmaterial zuständig.

<sup>177</sup> <https://www.maschinensucher.co.at/fy/inserat/inseratliste/index?stichwort=Sandvich+QJ241&submit=>; Zugriff am 30.11.2016

<sup>178</sup> ÖBGL; 2015; Seite A4

<sup>179</sup> ÖBGL; 2015; Seite A4

<sup>180</sup> <https://www.maschinensucher.co.at/fy/inserat/inseratliste/index?stichwort=Sandvich+QJ241&submit=>; Zugriff am 30.11.2016

<b>Sattelzugmaschine<sup>181</sup></b>	<b>ÖBGL Nr.</b>	<b>P.3.10.0135</b>
mtl. AV	2.500,00	€/Mo
mtl. Reparatur	1.900,00	€/Mo
Leistung	175,00	kW
Dieserverbrauch	0,20	l/kWh
Dieselpreis	0,90	€/l
Lohn Personal	37,05	€/h
Schmiermittelstunde	10,00	%
GHPI für Baumaschinen	1,018	-
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 45: Kalkulationsgrundlagen für eine Sattelzugmaschine

In den folgenden Formeln wird die Berechnung erläutert.

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 8,98 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 7,96 €/h
Diesel/h:	Leistung x Dieserverbrauch x Dieselpreis	= 31,50 €/h
Schmiermittel/h:	10% der Kraftstoffkosten	= 3,15 €/h
Fahrer/h:	Lohn Personal x Schmiermittelstunde	= 40,76 €/h
<b>Kosten für einer Sattelzugmaschine pro Stunde – in Betrieb</b>		<b>92,35 €/h</b>

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 8,98 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	= 7,96 €/h
<b>Kosten für einer Sattelzugmaschine pro Stunde – außer Betrieb</b>		<b>16,95 €/h</b>

Für den Transport der Aufbereitungsanlage wird ein mehrachsiger Tieflade-Sattelanhänger mit durchgehender Plattform herangezogen. Die Basisdaten für die Kalkulation werden in Tabelle 46 dargestellt.

<b>Tieflade-Sattelanhänger<sup>182</sup></b>	<b>ÖBGL Nr.</b>	<b>P.4.45.0500</b>
mtl. Abschreibung	1.910,00	€/Mo
mtl. Reparatur	1.140,00	€/Mo
GHPI für Baumaschinen	1,018	-
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 46: Kalkulationsgrundlagen für Tieflade-Sattelanhänger

<sup>181</sup> ÖBGL; 2015; Seite P23

<sup>182</sup> ÖBGL; 2015; Seite P32

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	6,86 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	4,78 €/h
<b>Kosten für einen Tieflade-Sattelanhängers pro Stunde</b>			<b>11,64 €/h</b>

Aus praktischen Gründen wird zur Beschickung der Anlage der Raupenbagger mit Tieflöffel aus der Abbruchkalkulation herangezogen. Die Berechnung für die Kosten pro Stunde sind in Punkt 6.1.2 erläutert.

### 6.3.2 Stationäre Aufbereitung

Aus der Sicht des Kunden fallen bei stationärer Aufbereitung die Transportkosten sowie Annahme- und Abgabepreise an. Diese sind in Tabelle 23 und in Tabelle 24 dargestellt.

## 6.4 Transportkosten

Für den Transport der Baurestmassen zur oder von der Aufbereitung fallen ebenfalls Kosten an, die auf Basis der ÖBGL 2015 berechnet werden. Es wird der gleiche LKW-Typ wie beim Altmetalltransport verwendet. Die Kalkulationsgrundlagen und die Berechnung wurden in Punkt 6.2 dargestellt und erklärt. Für den Transport der Baurestmassen wird auf Grund des benötigten Transportvolumens folgender LKW ausgewählt. Die Basisdaten für die Kalkulation der Betriebskosten sind in Tab... dargestellt.

<b>LKW<sup>183</sup></b>	<b>ÖBGL Nr.</b>	<b>P.2.01.0260</b>
mtl. AV	3.440,00	€/Mo
mtl. Reparatur	2.610,00	€/Mo
Leistung	280,00	kW
Dieserverbrauch	0,20	l/kWh
Dieselpreis	0,90	€/l
Lohn Personal	37,05	€/h
Schmiermittelstunde	10,00	%
GHPI für Baumaschinen	1,018	-
Abminderungswert AV	0,60	-
Abminderungswert Reparatur	0,70	-

Tabelle 47: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW – Baurestmassentransport

<sup>183</sup> ÖBGL; 2015; Seite P17

AV/h:	monatliche AV-Kosten x 0,6 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	12,36 €/h
Rep/h:	monatliche Reparaturkosten x 0,7 / 143,33 h/Mo x 1,018	=	10,94 €/h
Diesel/h:	Leistung x Dieserverbrauch x Dieselpreis	=	50,40 €/h
Schmiermit- tel/h:	10% der Kraftstoffkosten	=	5,04 €/h
Fahrer/h:	Lohn Personal x Schmiermittelstunde	=	40,76 €/h
<b>Kosten für einen LKW - Baurestmassentransport</b>			<b>119,50 €/h</b>

In den nachfolgenden Beispielen werden drei praxisnahe Fälle analysiert. Die Kalkulationen basieren auf einem Gebäudeabbruch bei dem 300 t aufzubereitendes Material entsteht. Dabei handelt es sich um Bauschutt. Es wird nun analysiert wie die Entfernung der Aufbereitungsanlage, die Art der Aufbereitung oder der anschließende Verkauf bzw. die Wiederverwendung Einfluss auf die Kosten bzw. den Erlös haben. Auf die Weiterbehandlung nichtmineralischer Baurestmassen wird nicht näher eingegangen.

## 6.5 Fall 1 – Transport der Baurestmassen zur Aufbereitungsanlage mit Wiederverwendung des Sekundärmaterials am Aufbereitungsort

In diesem Szenario wird angenommen, dass sich die jeweilige Aufbereitungsanlage (mobil oder stationär) nicht vor Ort befindet und das aufzubereitende Material zu dieser transportiert werden muss. Weiters wird angenommen, dass das Sekundärmaterial am Aufbereitungsort wiederverwendet wird. Das bedeutet, das Sekundärmaterial wird nicht zum Abbruchort zurücktransportiert. Der Transport zur Aufbereitungsanlage ist wiederum mit Kosten verbunden, welche hier ebenfalls eruiert werden. Die Kosten des Wiedereinbaus werden nicht kalkuliert. Bei stationärer Aufbereitung fällt das Sekundärmaterial durch den Annahmepreis in den Besitz des Anlageninhabers.

### 6.5.1 Rahmenbedingungen

Wie in Punkt 6.1.1 dargestellt ist wird angenommen, dass es sich um den Abbruch eines Einfamilienhauses handelt. In Tabelle 36 wird auch die Mengenverteilung und die anfallenden Materialien genau aufgelistet. Beim Abbruch fallen folgende mineralische Materialien an:

- Stahlbeton (Decken und Fundament)
- Ziegel (Wände und Dachziegel)

Es handelt sich also um Bauschutt, welcher zu RMH 0/63 aufbereitet wird. Die Mengenverteilung der mineralischen Baurestmassen im Abbruchobjekt wird folgendermaßen angenommen:

- Ziegel 60%

- Beton 40%

In Tabelle 48 werden die Parameter zur weiteren Volumenberechnung dargestellt. Die gewichtete Dichte berücksichtigt die prozentuelle Massenverteilung der Materialien. Diese wird benötigt um die maximale Nutzlast des LKWs berechnen zu können.

Auflockerungsfaktor Ziegel <sup>184</sup>	1,25	-
Auflockerungsfaktor Stahlbeton <sup>185</sup>	1,40	-
Gewichteter Auflockerungsfaktor	1,29	-
Dichte Ziegel <sup>186</sup>	1,50	t/m <sup>3</sup>
Dichte Stahlbeton <sup>187</sup>	2,40	t/m <sup>3</sup>
Gewichtete Dichte	1,86	t/m <sup>3</sup>

Tabelle 48: Parameter zur Volumenberechnung

Zur besseren Vorstellung wird in Tabelle 49 das Volumen der 300 t Baurestmassen im festen und im losen Zustand dargestellt. Die Werte ergeben sich durch Multiplikation der Volumina mit den Dichten der Materialien und den materialspezifischen Auflockerungsfaktoren, welche in Tabelle 48 ersichtlich sind. Dadurch lässt sich auch der gewichtete Auflockerungsfaktor errechnen, welcher sich durch Division der ebenfalls in Tabelle 49 dargestellten losen (220 m<sup>3</sup> lose) durch die festen (170 m<sup>3</sup> fest) Baurestmassen ergibt.

Ziegel	180	t fest
Beton	120	t fest
Ziegel	120	m <sup>3</sup> fest
Beton	50	m <sup>3</sup> fest
<b>Summe fest</b>	<b>170</b>	<b>m<sup>3</sup> fest</b>
Ziegel	150	m <sup>3</sup> lose
Beton	70	m <sup>3</sup> lose
<b>Summe lose</b>	<b>220</b>	<b>m<sup>3</sup> lose</b>

Tabelle 49: Volumen der Baurestmassen

Durch Tabelle 49 wird ersichtlich, dass es sich um 220 m<sup>3</sup> lose Baurestmassen handelt, die transportiert und aufbereitet werden müssen.

### 6.5.1.1 Transport zur Aufbereitungsanlage

Um die Anzahl der LKWs ermitteln zu können muss bekannt sein wie viel ein LKW transportieren kann. Um die Transportkosten kalkulieren zu können, muss zusätzlich eine realistische Transportgeschwindigkeit angenommen werden. Diese Parameter werden in Tabelle 50 dargestellt.

<sup>184</sup> [http://www.herzogenbuchsee.ch/m/mandanten/147/download/BA\\_QS\\_Bericht\\_Untersuchung\\_Belastung\\_Untergrund\\_Parzellen\\_40+\\_258+\\_669.pdf](http://www.herzogenbuchsee.ch/m/mandanten/147/download/BA_QS_Bericht_Untersuchung_Belastung_Untergrund_Parzellen_40+_258+_669.pdf); Zugriff am 16.12.2016

<sup>185</sup> <http://www.containerentsorgung-berlin.de/de/faq>; Zugriff am 16.12.2016

<sup>186</sup> <http://www.bgbau-medien.de/bau/bau507/1.htm>; Zugriff am 16.12.2016

<sup>187</sup> <http://www.bgbau-medien.de/bau/bau507/1.htm>; Zugriff am 16.12.2016

maximale Nutzlast <sup>188</sup>	17,70	t
benötigte Fahrten	17,86	-
Hinfahrtsgeschwindigkeit	40,00	km/h
Rückfahrtsgeschwindigkeit	50,00	km/h

Tabelle 50: Kalkulationsgrundlagen für Transportkosten

In Tabelle 50 sind die Kalkulationsgrundlagen für Transportkosten dargestellt. Das maximale Transportvolumen des LKWs errechnet sich über die gewichtete Dichte, welche Tabelle 48 entnommen werden kann. Das zulässige Transportvolumen erhält man durch Division der maximalen Nutzlast des LKWs (17,70 t) durch die gewichtete Dichte (1,86 t/m<sup>3</sup>) mal dem gewichteten Auflockerungsfaktor (1,29). Dies ergibt ein Ladevolumen von 12,31 m<sup>3</sup>. Die benötigten Fahrten errechnen sich durch Division der losen Baurestmassen (220 m<sup>3</sup>) durch das Ladevolumen eines LKWs (12,31 m<sup>3</sup>). Durch diese Rechnung ergeben sich 17,86 benötigte Fahrten. Um mit einer geraden Anzahl von LKWs rechnen zu können wird auf 20 Fahrten aufgerundet. Um die Menge von 300 t an einem Tag schaffen zu können werden vier LKWs gewählt die je fünf Fahrten verrichten müssen. In Tabelle 51 sind die Kalkulationsgrundlagen für die Berechnung dargestellt.

Löffelinhalt Raupenbagger	2,2	m <sup>3</sup>
Füllgrad	0,9	-
Abgeminderter Löffelinhalt	1,98	m <sup>3</sup>
Ladevolumen pro Lkw	12,31	m <sup>3</sup>
Ladespiele pro Lkw	6,22	-
Beladezeit pro Ladespiel	0,86	min/LS

Tabelle 51: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW P.2.00.0180

Es wird mit sieben Ladespielen weitergerechnet. Der Löffelinhalt des Raupenbaggers wird mit 0,9 multipliziert und damit abgemindert. Das berücksichtigt die Tatsache, dass die Schaufel durch die sperrigen Abbruchteile nicht vollständig gefüllt werden kann. Mit den in Tabelle 51 dargestellten Werten wird die Umlaufzeit eines LKWs berechnet. Die Entfernung der Anlage wird mit 20 km angenommen. Die durchschnittliche Hinfahrtsgeschwindigkeit wird mit 40 km/h und die durchschnittliche Rückfahrtsgeschwindigkeit mit 50 km/h angenommen.

Ladezeit:	Ladespiele x Beladezeit pro Ladespiel	=	6,02 min
Hinfahrt:	Entfernung / Fahrgeschwindigkeit x 60 min	=	30 min
Entladezeit:	Annahme	=	8 min
Rückfahrt:	Entfernung / Fahrgeschwindigkeit x 60 min	=	24 min

**Umlaufzeit eines LKWs****68,02 min**

<sup>188</sup> ÖBGL; 2015; Seite P17



Wie oben erwähnt werden vier LKWs gewählt die je fünf Fahrten verrichten müssen. Die Höhe der Entladezeit rechtfertigt sich dadurch, dass die Ladung angenommen, der LKW abgewogen und der Platz zur Entleerung zugeteilt werden muss. Die Umlaufzeit multipliziert mit den fünf Fahrten ergibt 5,67 h, die jeder der fünf LKWs fahren muss.

### **6.5.2 Mobile Aufbereitung**

Es wird angenommen, dass die Baurestmassen zur Aufbereitungsanlage transportiert und dort mittels mobiler Anlage aufbereitet werden. Das Sekundärmaterial wird am Aufbereitungsort wiederverwendet. Auf die Wiederverwendung wird nicht näher eingegangen. Die anfallenden Kosten sind:

- Transportkosten der Baurestmassen
- Transportkosten der Aufbereitungsanlage
- Aufbereitungskosten
- Kosten für den Raupenbagger zur Beschickung

Die An- und Abtransportkosten für den Raupenbagger werden nicht einkalkuliert. Es wird angenommen, dass dieser vor Ort ist und für Erdarbeiten gebraucht wurde, und anschließend für den Einbau des Sekundärmaterials herangezogen wird. Mit diesen Rahmenbedingungen können die Aufbereitungskosten berechnet werden. Die Berechnung der Kosten für Transport- und Aufbereitung wird in Tabelle 52 dargestellt.

Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (LKW)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
Kosten eines LKW/h	119,50	€/h
Fahrten (4 LKW mit je 5 Fahrten)	20	-
Umlaufzeit	68,02	min
= Kosten eines LKW/h x Fahrten x Umlaufzeit/ 60 min		
<b>Transportkosten (Baurestmassen)</b>	<b>2.709,36</b>	<b>€</b>
Kosten der Aufbereitungsanlage/h	99,10	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten einer Aufbereitungsanlage/h x Benutzungsdauer		
<b>Aufbereitungskosten</b>	<b>792,76</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine/h	92,35	€/h
Benutzungsdauer	2	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine/h x Benutzungsdauer		
<b>Transportkosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>184,70</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h	16,95	€/h
Benutzungsdauer	6	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h		
<b>Sattelzugmaschinenkosten (Stehzeit)</b>	<b>101,68</b>	<b>€</b>
Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h	11,64	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h x Benutzungsdauer		
<b>Anhängerkosten (Tieflade-Sattelanhängers)</b>	<b>93,13</b>	<b>€</b>
Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
<b>Kosten für Materialzertifizierung</b>	<b>1.000,00</b>	<b>€</b>
Transport- und Aufbereitungskosten	6.771,57	€
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b><u>Transport- und Aufbereitungspreis</u></b>	<b><u>7.939,67</u></b>	<b><u>€</u></b>

Tabelle 52: Aufbereitungs- und Transportkosten für eine externe mobile Aufbereitung - Fall 1

In Tabelle 52 werden die Aufbereitungskosten für den Fall 1 dargestellt. Die einzelnen Kostenstellen werden durch Multiplikation des Stundensatzes mit den verwendeten Stunden multipliziert. Bei den Transportkosten für die Baurestmassen wird der Stundensatz des LKWs mit den benötigten Fahrten und der Umlaufzeit multipliziert. Um den Preis aus Sicht des Bauherrn darzustellen wird ebenfalls ein Gesamtzuschlag aufgeschlagen.

Um das Sekundärmaterial wieder einbauen zu können muss es von einer kundigen Person zertifiziert werden. Diese Kosten belaufen sich in der Praxis auf ca. 1.000 €. <sup>189</sup>

### 6.5.3 Stationäre Aufbereitung

Bei der Aufbereitung mittels stationärer Anlage spielen aus der Sicht des Bauherrn weniger die Gerätschaften als die Annahmepreise der Aufbereitungsanlagen eine Rolle. Es werden die Kosten für die notwendigen Transport- und Beschickungsgeräte und die Annahmehkosten für die Baurestmassen behandelt. Es wird angenommen, dass das Sekundärmaterial am Aufbereitungsort wiederverwendet wird. Somit bleibt das aufbereitete Material im Besitz des Betreibers der Aufbereitungsanlage. In Tabelle 53 werden die anfallenden Kosten bei stationärer Aufbereitung dargestellt und die Rechengänge erklärt.

Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8,00	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (LKW)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
Kosten eines LKW/h	119,50	€/h
Fahrten (4 LKW mit je 5 Fahrten)	20,00	-
Umlaufzeit	68,02	min
= Kosten eines LKW/h x Fahrten x Umlaufzeit/ 60 min		
<b>Transportkosten (zu der Anlage)</b>	<b>2.709,36</b>	<b>€</b>
Annahmehkosten pro Tonne <sup>190</sup>	7,00	€/t
Bauschuttmenge	300,00	t
= Annahmehkosten pro Tonne x Bauschuttmenge		
<b>Annahmehkosten</b>	<b>2.100,00</b>	<b>€</b>
Transport- und Aufbereitungskosten	5.754,33	€
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b>Transport- und Aufbereitungspreis</b>	<b>6.746,95</b>	<b>€</b>

Tabelle 53: Transport- und Aufbereitungskosten bei stationärer Aufbereitung - Fall 1

In Tabelle 53 ist ersichtlich, dass bei stationärer Aufbereitung der Annahmepreis und somit Material und Menge eine große Rolle spielen. Die Annahmehkosten und der Abgabepreis variieren je nach Material und Qualität des Sekundärmaterials. Die Annahmehkosten sind vom Bauherrn für die Annahme der Baurestmassen zu bezahlen. Der Abgabepreis ist der Preis für das Sekundärmaterial das erworben werden kann. Ebenso spielen die Transportkosten eine große Rolle. Im Fall 2 wird angenommen, dass das Sekundärmaterial bei der stationären Aufbereitungsanlage erworben wird.

<sup>189</sup> Fachgespräch mit Philipp Premm: BMF Abbruch; 21.11.2016

<sup>190</sup> [http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste\\_ab\\_2016.pdf](http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste_ab_2016.pdf); Zugriff am 16.12.2016

## 6.6 Fall 2 – Aufbereitung vor Ort mit Wiederverwendung des Sekundärmaterials

Im zweiten Fall wird angenommen, dass das Sekundärmaterial an der Abbruchstelle wiederverwendet werden kann. In diesem Fall ist ersichtlich, dass bei der Aufbereitung mit einer mobilen Anlage Kosten wie für Annahme oder den Transport erspart bleiben.

### 6.6.1 Mobile Aufbereitung

Bei mobiler Aufbereitung vor Ort beschränken sich die Kosten auf die Beschickung der Anlage und die Aufbereitungsanlage. Die entstehenden Kosten werden in Tabelle 54 dargestellt.

Kosten der Aufbereitungsanlage/h	99,10	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten einer Aufbereitungsanlage/h x Benutzungsdauer		
<b>Aufbereitungskosten</b>	<b>792,76</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine/h	92,35	€/h
Benutzungsdauer	2	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine/h x Benutzungsdauer		
<b>Transportkosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>184,70</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h	16,95	€/h
Benutzungsdauer	6	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h		
<b>Sattelzugmaschinenkosten (Stehzeit)</b>	<b>101,68</b>	<b>€</b>
Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h	11,64	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h x Benutzungsdauer		
<b>Anhängerkosten (Tieflade-Sattelanhängers)</b>	<b>93,13</b>	<b>€</b>
Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
<b>Materialzertifizierung</b>	<b>1.000,00</b>	<b>€</b>
Aufbereitungskosten	3.117,25	€
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b>Aufbereitungspreis</b>	<b>3.654,97</b>	<b>€</b>

Tabelle 54: Aufbereitungskosten für eine mobile Aufbereitung vor Ort - Fall 2

In Tabelle 54 ist ersichtlich, dass die Aufbereitung und der Wiedereinbau vor Ort niedrige Kosten mit sich bringen. Die Kosten betragen im Vergleich zu Fall 1 „nur“ 3.654,97 €. Wird z.B. Schüttmaterial für einen Neubau benötigt, muss dieses wenn nicht vor Ort vorhanden erworben und transportiert werden. Dieser Fall wird bei der Aufbereitung mittels stationärer Anlage behandelt.

## 6.6.2 Stationäre Aufbereitung

Bei stationärer Aufbereitung mit anschließender Wiederverwendung des Sekundärmaterials, muss dieses zu und von der Aufbereitungsanlage transportiert werden. Es wird angenommen, dass das aufzubereitende Material zur Anlage und das Sekundärmaterial zum Einbauort transportiert werden. In Tabelle 55 werden die Berechnungen dargestellt und erklärt.

Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8,00	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (LKW)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
Kosten eines LKW/h	119,50	€/h
Fahrten (4 LKW mit je 5 Fahrten)	20,00	-
Umlaufzeit	68,02	min
= Kosten eines LKW/h x Fahrten x Umlaufzeit/ 60 min		
<b>Transportkosten</b>	<b>2.709,36</b>	<b>€</b>
Annahmehkosten pro Tonne <sup>191</sup>	7,00	€/t
Bauschuttmenge	300,00	t
= Annahmehkosten pro Tonne x Bauschuttmenge		
<b>Annahmehkosten</b>	<b>2.100,00</b>	<b>€</b>
Abgabepreis pro Tonne <sup>192</sup>	1,50	€/t
= Abgabekosten pro Tonne x Bauschuttmenge		
<b>Abgabepreis</b>	<b>450,00</b>	<b>€</b>
Transport- und Aufbereitungskosten	6.204,33	€
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b><u>Transport- und Aufbereitungspreis</u></b>	<b><u>7.274,57</u></b>	<b><u>€</u></b>

Tabelle 55: Transport- und Aufbereitungskosten für eine stationäre Anlage - Fall 2

In Tabelle 55 ist ersichtlich welche Positionen großen Einfluss auf die Höhe der Kosten haben. Es ist zu erkennen, dass in diesem speziellen Fall die Transportkosten einen beträchtlichen Anteil einnehmen. Die Annahmehkosten und Abgabepreise variieren je nach Firma. Es ist ratsam mehrere Anbieter zu vergleichen und deren Entfernung zur Abbruchstelle miteinander zu vergleichen.

## 6.7 Fall 3 – Aufbereitung mit anschließendem Verkauf des Sekundärmaterials

Dieses spezielle Szenario ist wirtschaftlich nur mittels mobiler Anlage möglich. Die anfallenden Baurestmassen werden vor Ort mittels mobiler Aufbereitungsanlage aufbereitet und im anschließend verkauft. Voraussetzung dafür ist, dass das Sekundärmaterial bis zum Verkauf am Aufbereitungsort zwischengelagert werden kann. Auf die Lagerung des Sekundärmateri-

<sup>191</sup> [http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste\\_ab\\_2016.pdf](http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste_ab_2016.pdf); Zugriff am 16.12.2016

<sup>192</sup> [http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste\\_ab\\_2016.pdf](http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmehpreisliste_ab_2016.pdf); Zugriff am 16.12.2016

als wird nicht näher eingegangen. Es wird angenommen dass der „Abnehmer“ die Kosten für den Transport übernimmt. Um die Baurestmassen wieder als Baustoff verwenden zu können ist eine Zertifizierung notwendig. Nach Rücksprache mit einer Abbruchfirma kann diese Zertifizierung mit rund 1.000 € angenommen werden.<sup>193</sup> In Tabelle 56 sind die mit der Aufbereitung verbundenen Kosten und der Erlös durch das Sekundärmaterial dargestellt und erklärt.

Kosten der Aufbereitungsanlage/h	99,10	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten einer Aufbereitungsanlage/h x Benutzungsdauer		
<b>Aufbereitungskosten</b>	<b>792,76</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine/h	92,35	€/h
Benutzungsdauer	2	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine/h x Benutzungsdauer		
<b>Transportkosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>184,70</b>	<b>€</b>
Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h	16,95	€/h
Benutzungsdauer	6	h
= Kosten einer Sattelzugmaschine (Stehzeit)/h		
<b>Sattelzugmaschinenkosten (Stehzeit)</b>	<b>101,68</b>	<b>€</b>
Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h	11,64	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Tieflade-Sattelanhängers/h x Benutzungsdauer		
<b>Anhängerkosten (Tieflade-Sattelanhängers)</b>	<b>93,13</b>	<b>€</b>
Kosten eines Raupenbaggers/h	118,12	€/h
Benutzungsdauer	8	h
= Kosten eines Raupenbaggers/h x Benutzungsdauer		
<b>Beschickungskosten (Aufbereitungsanlage)</b>	<b>944,97</b>	<b>€</b>
<b>Kosten für Materialzertifizierung</b>	<b>1.000,00</b>	<b>€</b>
Menge Sekundärmaterial RMH 0/63 III A	300	t
Abgabepreis <sup>194</sup>	1,50	€/t
= Menge Sekundärmaterial x Abgabepreis		
<b>Erlös aus Sekundärmaterial</b>	<b>450,00</b>	<b>€</b>
Transport- und Aufbereitungskosten	2.667,25	€
Gesamtzuschlag	17,25	%
<b>Aufbereitungspreis</b>	<b>3.127,35</b>	<b>€</b>

Tabelle 56: Kosten für eine Aufbereitung mit mobiler Anlage - Fall 3

Wie in Tabelle 56 ersichtlich ist, konnte durch den Verkauf des Sekundärmaterials kein Gewinn erzielt werden. Anhand dieser Grundlagen kann für jeden Fall eine Kalkulation aufgestellt und ermittelt werden mit welchem Verfahren man die Kosten am niedrigsten hält oder bei der Aufbereitung von größeren Mengen auch Gewinne erzielt werden können.

<sup>193</sup> Fachgespräch mit Philipp Premm: BMF Abbruch; 21.11.2016

<sup>194</sup> [http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmepreisliste\\_ab\\_2016.pdf](http://www.mayer-abbruch.at/media/Produkt-Uebnahmepreisliste_ab_2016.pdf); Zugriff am 16.12.2016

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND GEGENÜBERSTELLUNG

Im Zuge dieser Arbeit wurden verschiedenste Arten der Materialaufbereitung behandelt und verglichen. In Zeiten des Klimawandels wird es immer wichtiger nachhaltig und ökologisch zu agieren. Daher ist es notwendig Ressourcen durch Recycling zu schonen. Beim Abbruch von Gebäuden fallen diverse mineralische und nichtmineralische Materialien an, die mit oder ohne Aufbereitung wiederverwendet werden können. In dieser Arbeit wurde die Aufbereitung mineralischer Baurestmassen behandelt. Sie schafft eine Basis für ein wirtschaftliches und ökologisches Auswahlverfahren für Aufbereitungsanlagen und deren Einrichtungen. Die angeführten Anlagen und deren aus verschiedensten Blickwinkeln betrachteten Kostenkalkulation, können auf jedes Projekt angepasst werden. Darüber hinaus wurden die Einrichtungen die für die Aufbereitung benötigt werden behandelt. Es wurde ersichtlich, dass unter den drei Varianten der Aufbereitungsanlagen (mobile, semimobile und stationäre Aufbereitungsanlagen) bei der Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen hauptsächlich mobile und stationäre Anlagen zum Einsatz kommen. Diese beiden Anlagentypen wurden aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und verglichen. Weiters wurden anfallende Kosten und deren Entwicklungen im Bezug auf den Durchsatz analysiert. Im Zuge dessen wurden Einflussfaktoren für die Dimensionierung der Aufbereitungsanlagen und deren Einrichtungen behandelt. Die ersten wichtigen Parameter können bereits bei der Rückbauplanung eines Gebäudes beeinflusst werden. Dazu gehören die sorgfältige Sortierung der verschiedenen Abbruchmaterialien und in weiterer Folge die Auswahl der passenden Anlage. Im letzten Kapitel wurden mobile und stationäre Aufbereitungsanlagen im Bezug auf deren Betriebskosten in drei Fallbeispielen analysiert. Dabei kristallisierten sich Parameter heraus, die die Kosten bei rechtzeitiger Erkennung beeinflussen können. Diese Kosten variieren je nach Transportdistanz, Menge, Art und Reinheitsgrad des aufzubereitenden Materials. Aus diesem Grund ist es schwierig eine pauschale Schlussfolgerung abzugeben. Jedes Projekt hat andere Rahmenbedingungen und erfordert eine individuelle Herangehensweise. Die wichtigsten Parameter zur Regulierung der Kosten sind:

- Menge der aufzubereitenden Baurestmassen
- Betriebskosten der Aufbereitungs-, Beschickungs- und Transportgeräte
- An- und Abtransport der Baurestmassen bzw. des Sekundärmaterials von und zum Aufbereitungs- bzw. Einbauort
- Wiederverwendung und Verkauf des Sekundärmaterials

Durch eine genaue Analyse des Projekts können die Parameter aufeinander abgestimmt und wirtschaftlich entschieden werden. In den nachfolgenden Unterpunkten werden die einzelnen Einflussfaktoren genauer zusammengefasst.

## **7.1 Menge der aufzubereitenden Baurestmassen**

Die Menge der aufzubereitenden Baurestmassen macht sich bei mobilen Anlagen in der Dauer der Miete und somit in den Mietkosten bemerkbar. Die Tatsache, dass es Anlagen mit verschiedenen Durchsätzen gibt, erleichtert die Wahl der Anlage in der Planungsphase. Diese Durchsätze reichen bei den verschiedensten Anlagen von 100 - 400 t/h und können an der Anlage reguliert werden. Bei stationären Anlagen reflektiert sich die Menge im Annahmepreis. Dieser variiert materialspezifisch. Die Preise steigen mit der Menge des aufzubereitenden Materials linear an.

## **7.2 Betriebskosten der Aufbereitungs-, Beschickungs- und Transportgeräte**

In den Fallbeispielen wurde erkennbar, dass die Betriebskosten mit der Dauer des Projekts linear steigen. Um das bestmögliche Ergebnis erzielen zu können, müssen die Rahmenbedingungen des Projekts soweit es geht angepasst werden. Dazu gehören kurze Distanzen von und zur Aufbereitungsanlage bzw. zum Einbauort, Auswahl der benötigten Geräte im Bezug auf die Leistung und die Einhaltung der zugrunde liegenden gesetzlichen Rahmenbedingungen. Die Betriebskosten sind untrennbar mit der aufzubereitenden Menge verbunden.

## **7.3 An- und Abtransport der Baurestmassen bzw. des Sekundärmaterials von und zum Aufbereitungs- bzw. Einbauort**

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Transport. Es wurde in den Fallbeispielen schnell ersichtlich, dass die Transportkosten einen Großteil der Gesamtkosten ausmachen. Deshalb ist in der Planung darauf zu achten den Ort der Aufbereitung so nah wie möglich am Abbruchort zu wählen. Das gilt auch für den Transport des Sekundärmaterials zum Ort der Einbringung.

## **7.4 Wiederverwendung und Verkauf des Sekundärmaterials**

Wie in den Fallbeispielen ersichtlich wurde, ist bei einem Abbruch und anschließendem Wiedereinbau oder dem Verkauf des Sekundärmaterials eine mobile der stationären Aufbereitung vorzuziehen. Dies begründet sich durch den Erlös beim Verkauf des Sekundärmaterials. Zudem entfallen im Falle eines Wiedereinbaus des Sekundärmaterials beim Abbruchort Transportkosten, die durch den externen Ankauf von Sekundärmaterial entstehen würden. Die Kosten von natürlich abgebautem Material der annähernd gleichen Qualitätsklasse liegt bei 10 % über den Preisen der Recyclingprodukte.



## 7.5 Gegenüberstellung von stationären und mobilen Anlagen anhand einflussreicher Parameter

Tabelle 57 basiert auf den Erkenntnissen die in der Arbeit gewonnen wurden. Wie vorher erwähnt gleicht kein Projekt dem anderen und erfordert unterschiedliche Maßnahmen und Vorgehensweisen. Die Entscheidungen in Tabelle 57 basieren auf den Ergebnissen der Arbeit. Aus den Ergebnissen der Fallbeispiele geht hervor, dass die Nutzung von stationären Anlagen durch die Annahmekosten und Abgabepreise und dem damit verbundenen Transport in der Regel teurer als das Mieten und Nutzen einer mobilen Anlage sind. Diese Aussage kann jedoch nicht pauschalisiert werden, weil zwischen Entsorgung der Baurestmassen und Wiederverwendung des Sekundärmaterials differenziert werden muss. Auf Grund der komplexeren Beschaffenheit und Ausstattung einer stationären Anlage ist diese für Sekundärmaterial mit höherer Qualität besser geeignet. Auf Basis der erlangten Ergebnisse kann gesagt werden, dass eine stationäre Anlage ab einem Durchsatz von >70.000 t/Jahr Gewinne einbringt. (Variiert mit der Größe der Anlage) Bei einer Aufbereitung mittels mobiler Anlage kann man aus Nutzersicht sagen, dass sich der Verkauf des Sekundärmaterials ab einer Menge von >3000 t rentiert. Über 3.000 t nähert sich die Kurve der Tonnenpreise einem unteren Grenzwert. Aus Sicht des Vermieters von mobilen Anlagen ist ein Projekt, das eine Aufbereitungsmenge von 1.400 - 2.000 t (Projekt- und Anlagenabhängig) überschreitet gewinnbringend. In Tabelle 57 werden die wichtigsten Parameter die für die Wahl der Aufbereitung ausschlaggebend sind aufgelistet. Dabei werden stationäre den mobile Anlagen gegenübergestellt.

Parameter	Stationäre Anlage	Mobile Anlage
Verkauf des Sekundärmaterials	-	+
Verwendung des Sekundärmaterials vor Ort	-	+
Qualität des Sekundärmaterials	+	-
Abbruch im städtischen Raum	+	-
Abbruch im ländlichen Raum	-	+
Minimierung der Transportkosten	-	+

Tabelle 57: Gegenüberstellung von stationären und mobilen Anlagen anhand einflussreicher Parameter

## 8 ABKÜRZELVERZEICHNIS

a	Jahr
AV	Abschreibung und Verzinsung
AW	Anschaffungswert
BGBI	Bundesgesetzblatt
BRI	Brutto-Rauminhalt
bzw.	beziehungsweise
etc.	et cetera
ev.	eventuell
Geschw.	Geschwindigkeit
GHPI	Großhandelspreisindex
GSV	Güteschutzverband
h	Stunde
kW	Kilowatt
l	Liter
lt.	laut
LKW	Lastkraftwagen
LS	Ladespiele
min	Minute
Mo	Monat
mtl.	monatlich
ÖBGL	Österreichische Baugeräteliste
Rep.	Reparatur
Std.	Stunde
UR	umbauter Raum
usw.	und so weiter
WKO	Wirtschaftskammer Österreich
z.B.	zum Beispiel

## 9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Grundsätze der Abfallwirtschaft .....	2
Abbildung 2: Abfallvermeidungs und -verwertungsdiagramm.....	5
Abbildung 3: Baurestmassen aus dem Hochbau .....	12
Abbildung 4: Güteschutzlogos.....	14
Abbildung 5: Fließbild einer einfachen Aufbereitungsanlage .....	26
Abbildung 6: Arbeitsphasen einer mobilen Aufbereitungsanlage .....	27
Abbildung 7: Arbeitsphasen einer semimobilen Aufbereitungsanlage .....	28
Abbildung 8: Arbeitsphasen einer stationären Aufbereitungsanlage .....	29
Abbildung 9: Schema eines Doppelkniebel-Backenbrechers .....	32
Abbildung 10: Funktionsweise eines Kegelbrechers.....	32
Abbildung 11: Funktionsweise eines Prallbrechers.....	33
Abbildung 12: Funktionsweise eines Hammerbrechers .....	34
Abbildung 13: Funktionsweise eines Walzenbrechers.....	34
Abbildung 14: Funktionsweise eines Windsichters .....	36
Abbildung 15: Verfahrensschema eines Aquamotors .....	37
Abbildung 16: Magnettrommel zur Eisenabscheidung .....	38
Abbildung 17: Schema eines Nass-Trommel-Magnetscheiders .....	38
Abbildung 18: Funktionsweise eines Schwingsiebs .....	40
Abbildung 19: Funktionsweise eines Spannwellensiebes.....	40
Abbildung 20: Differenz - Anlagenkosten/Annahme- und Abgabeerlöse pro Jahr .....	60
Abbildung 21: Kosten in Abhängigkeit der Durchsatzleistung .....	62
Abbildung 22: Degression der variablen Kosten .....	64
Abbildung 23: Degression der Fixkosten in Abhängigkeit vom Durchsatz .....	65
Abbildung 24: Degression der Personalkosten in Abhängigkeit des Durchsatzes .....	66
Abbildung 25: Stückkostenentwicklung in Abhängigkeit vom Durchsatz .....	67
Abbildung 26: Betriebskosten und Mietpreise einer mobilen Brecheranlage .....	70
Abbildung 27: Mietpreise für mobile Brecheranlage und Bagger.....	74
Abbildung 28: Planungsphasen für einen kontrollierten Rückbau .....	79
Abbildung 29: Daten für Wohnbauten .....	83
Abbildung 30: Daten für Industriebauten.....	83
Abbildung 31: Bauwerkspezifische Kennzahlen für Geschoßbauten .....	84
Abbildung 32: jaw crusher QJ241 .....	87
Abbildung 33: cone crusher QH331 .....	88
Abbildung 34: impact Crusher QI441 .....	89

## 10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Drei-Säulen-Modell für Nachhaltigkeit.....	5
Tabelle 2: Anwendungsarten verschiedener Materialien im Hochbau.....	11
Tabelle 3: Bezeichnung von Recycling-Baustoffen.....	14
Tabelle 4: Vor- und Nachteile von mobilen Aufbereitungsanlagen.....	28
Tabelle 5: Vor- und Nachteile von stationären Anlagen.....	30
Tabelle 6: Brecherarten.....	31
Tabelle 7: Investitionskosten bei einer stationären Anlage.....	54
Tabelle 8: Basiswerte für die Kalkulation der Betriebskosten – 1.....	56
Tabelle 9: Basiswerte für die Kalkulation der Betriebskosten - 2.....	56
Tabelle 10: Betriebskosten pro Jahr – 1.....	57
Tabelle 11: Betriebskosten pro Jahr - 2.....	57
Tabelle 12: Erlöse aus Annahme und Abgabe von Baurestmassen und Recyclingmaterialien pro Jahr.....	59
Tabelle 13: Differenz - Anlagenkosten/Annahme- und Abgabenerlöse pro Jahr.....	59
Tabelle 14: Prozentuelle Aufteilung der Aufbereitungskosten einer stationären Anlage.....	61
Tabelle 15: Aufbereitungskosten mittels stationärer Anlage in Abhängigkeit der Durchsatzleistung ...	61
Tabelle 16: variable Kosten.....	64
Tabelle 17: Fix- und Verwaltungskosten.....	65
Tabelle 18: Personalkostenveränderung bei Variation des Durchsatzes.....	66
Tabelle 19: Stückkostenentwicklung in Abhängigkeit vom Durchsatz.....	67
Tabelle 20: Kalkulationsdaten für mobile Aufbereitung.....	68
Tabelle 21: Kosten für eine mobile Aufbereitung pro Stunde.....	68
Tabelle 22: Betriebskosten und Mietpreise einer mobilen Brecheranlage.....	69
Tabelle 23: Annahmepreise der Firma Mayer & Co GmbH.....	71
Tabelle 24: Annahmepreise der Firma PRAJO - BÖHM Recycling GmbH.....	72
Tabelle 25: Mietpreise für mobile Brecheranlage und Bagger.....	74
Tabelle 26: Verkaufspreis für mobil aufbereitetes Sekundärmaterial.....	75
Tabelle 27: Degression des Verkaufspreises von Sekundärmaterial durch steigenden Durchsatz.....	75
Tabelle 28: Arbeitstage pro Jahr.....	85
Tabelle 29: Kapazitätsbestimmung einer stationären Aufbereitungsanlage.....	86
Tabelle 30: Technische Daten des mobile jaw crusher QJ241.....	87
Tabelle 31: Technische Daten des cone crusher QH331.....	88
Tabelle 32: Technische Daten des Impact Crusher QI441.....	89
Tabelle 33: Annahmepreise für Baurestmassen.....	92
Tabelle 34: Abgabepreise für Sekundärmaterialien.....	92
Tabelle 35: Materialanteile im Bezug auf den Bruttorauminhalt.....	94
Tabelle 36: Mengenverteilung der verschiedenen Materialien.....	95
Tabelle 37: Kalkulationsgrundlagen für Raupenbagger.....	96
Tabelle 38: Kalkulationsdaten für Abbruchrüstung.....	96
Tabelle 39: Abbruchkosten für ein Einfamilienhaus.....	97
Tabelle 40: Erlös aus Altmetall.....	97
Tabelle 41: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW - Alteisentransport.....	98
Tabelle 42: Transportkosten im Bezug auf die Entfernung.....	98
Tabelle 43: Reinerlös aus Metall.....	99
Tabelle 44: Kalkulationsdaten für eine Aufbereitungsanlage.....	100
Tabelle 45: Kalkulationsgrundlagen für eine Sattelzugmaschine.....	101
Tabelle 46: Kalkulationsgrundlagen für Tieflade-Sattelanhänger.....	101
Tabelle 47: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW – Baurestmassentransport.....	102
Tabelle 48: Parameter zur Volumenberechnung.....	104
Tabelle 49: Volumen der Baurestmassen.....	104

---

Tabelle 50: Kalkulationsgrundlagen für Transportkosten.....	105
Tabelle 51: Kalkulationsgrundlagen für einen LKW P.2.00.0180.....	105
Tabelle 52: Aufbereitungs- und Transportkosten für eine externe mobile Aufbereitung - Fall 1 .....	107
Tabelle 53: Transport- und Aufbereitungskosten bei stationärer Aufbereitung - Fall 1 .....	108
Tabelle 54: Aufbereitungskosten für eine mobile Aufbereitung vor Ort - Fall 2 .....	109
Tabelle 55: Transport- und Aufbereitungskosten für eine stationäre Anlage - Fall 2.....	110
Tabelle 56: Kosten für eine Aufbereitung mit mobiler Anlage - Fall 3.....	111
Tabelle 57: Gegenüberstellung von stationären und mobilen Anlagen anhand einflussreicher Parameter .....	114

## 11 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Aschauer Johann: Leitfaden für die Errichtung und den Betrieb von Zwischenlagern für mineralische Baurestmassen; Land Oberösterreich; Linz; 2013
- [2] Bilitewski Bernd: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft; 3. Auflage; Erich Schmidt Verlag; Berlin; 1995
- [3] Bredenbals Barbara: Abfallvermeidung in der Bauproduktion; Eschborn Verlag; Hannover; 1992
- [4] Bucher Peter: Verwertung von Baurestmassen unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten; Diplomarbeit; Innsbruck; 2004
- [5] Bundesgesetzblatt I Nr. 102/2002, Abfallwirtschaftsbesetz 2002; Republik Österreich; Wien; 2002
- [6] Bundesgesetzblatt II Nr. 164/2000, Abfallnachweisverordnung; Republik Österreich; Wien; 2000
- [7] Bundesgesetzblatt II Nr. 570/2003, Abfallverzeichnisverordnung; Republik Österreich; Wien; 2003
- [8] Bundesgesetzblatt Nr. 290/2016, Baurestmassentrennverordnung; Republik Österreich; Wien; 2016
- [9] Bundesgesetzblatt Nr. 299/1989, Altlastensanierungsgesetz; Republik Österreich; Wien; 1989
- [10] Bundesgesetzblatt Nr. 39/2008, Deponieverordnung; Republik Österreich; Wien; 2008
- [11] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Bundes- Abfallwirtschaftsplan, Wien 2002
- [12] Burghardt Magdalena: Grundlagen für nachhaltiges Bauen; Wien; 2015
- [13] Gewiese Angela: Recycling von Baurestmassen; 2. Auflage; Expert Verlag; Malsheim; 1994
- [14] Habelsberger Wolfgang: Baurestmassenrecycling – Leitfaden über den richtigen Umgang mit Baurestmassen; Land Oberösterreich; Linz; 2006
- [15] Kellerwessel Hans: Aufbereitung disperser Feststoffe; VDI Verlag; Düsseldorf; 1991
- [16] Kirschbaum Martin: Gesteins - Perspektiven; Ausgabe 7; Korbußen; 2007

- [17] Kohler Guntram: Recyclingpraxis Baustoffe; 2. Auflage; Verlag TÜV Rheinland; Köln; 1994
- [18] Korth Lippok: Abbrucharbeiten – Grundlagen, Verarbeitung, Durchführung; 2. Auflage; Köln; 2007
- [19] Lang Martin: Recycling von Baustoffen; ÖGEB - Österreichische Gesellschaft für die Erhaltung von Bauten; Wien; 1992
- [20] Mitterwallner Josef: Richtiger Umgang mit Baurestmassen; Amt der steiermärkischen Landesregierung; Graz; 2009
- [21] Mölgg Martin: Qualitätssicherung von Recyclingmaterialien zur Erfüllung der Beitragsfreiheit nach dem Altlastensanierungsgesetz; Wirtschaftskammer Tirol; Innsbruck; 2006
- [22] Österreichische Baugeräteliste 2015: ÖBGL 2015; Bauverlag BV GmbH, Gütersloh; 2015
- [23] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Annahme- und Abgabepreise; Wien; 2015
- [24] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Die Richtlinie für Recycling – Baustoffe; 9. Auflage; Wien; 2015
- [25] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Infoblatt Baurestmassenverwertung; Wien; 2015
- [26] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Merkblatt - Zwischenlager für mineralische Baurestmassen, Asphaltaufruch und Betonabbruch; Wien; 2006
- [27] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Merkblatt für kontaminierte mineralische Baurestmassen; Wien; 2015
- [28] Österreichischer Baustoff- Recycling Verband: Umgang mit kontaminierten Böden und kontaminierten mineralischen Baurestmassen; Wien 2015
- [29] Palinkas Thomas: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen; UZD Verlags- und Beratungs-GmbH; Dortmund; 1996
- [30] Reisinger Hubert: Bundes - Abfallwirtschaftsplan; Abfallvermeidung und Verwertung in Österreich; Wien; 2007
- [31] Rentz Otto: Abbruch von Wohn- Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesrat für Umweltschutz Baden - Württemberg; Karlsruhe; 2001

- 
- [32] Rosenegger Robert, Martin Car: Baurestmassen-Trennung auf der Baustelle; Wien; 2006
- [33] Scheibengraf Martin: Abfallvermeidung und - Verwertung: Baurestmassen; Wien; 2005
- [34] Schneller Siegfried: Baustoff-Recycling im Hochbau; Diplomarbeit; Großpetersdorf; 2013
- [35] Zweieauer Katharina: Nachhaltiges Bauen; Verein: e-genius; Wien; 2015