DIPLOMA THESIS

Recycling and use of construction waste material resulting from demolition in the greater Vienna area

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

DIPLOMARBEIT

Recycling und Verwendung von Baurestmassen aus Abbrüchen im Großraum Wien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Patrick Alexander Frenzl, BSc
Matr.Nr.: 01326079

unter der Anleitung von

Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Johann Fellner**
Dipl.-Ing. Dr.techn. **Jakob Lederer**
Dipl.-Ing. **Andreas Gassner**

Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/226-2, A-1040 Wien

Wien, im April 2021

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

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

Danksagung

Im Laufe der Jahre an der Technischen Universität Wien wurde mir klar, dass das Absolvieren meines Studiums ohne Unterstützung von dritter Seite in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Daher möchte ich meine Diplomarbeit nutzen, um mich bei einigen Menschen, die mich über diesen Zeitraum begleitet haben, zu bedanken.

Ein ganz großes Dankeschön möchte ich an erster Stelle an meine Eltern *Sabine und Reinfried Frenzl* richten, die mir nicht nur finanziell unter die Arme gegriffen haben und somit mein Studium fern der Heimat erst ermöglicht haben, sondern mir auch bei sämtlichen richtungsweisenden Entscheidungen den Rücken gestärkt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinen Betreuern *Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johann Fellner, Dipl.-Ing. Dr.techn. Jakob Lederer und Dipl.-Ing. Andreas Gassner,* die mir während meiner Anstellung am *Institut für Wassergütewirtschaft und Ressourcenmanagement* mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind und mich über die gesamte Bearbeitungsdauer meiner Diplomarbeit geduldig und kompetent betreut haben.

Weiters hervorheben möchte ich meine Lebensgefährtin *Julia Heindl, LL.M. (WU)*, die mich beinahe über die gesamte Zeit meines Studiums begleitet und motiviert hat und immer ein offenes Ohr für mich hatte.

Schlussendlich möchte ich mich noch bedanken, die Chance bekommen zu haben, an der *Technischen Universität Wien* zu studieren. In dieser fordernden, aber auch lehrreichen Zeit habe ich mich sowohl fachlich als auch menschlich sehr gut weiterentwickelt. Ich werde die angenehme Atmosphäre vermissen und diesen Lebensabschnitt in bester Erinnerung behalten.

„Wer hohe Türme bauen will, muss lange beim Fundament verweilen."[1]

[1] Anton Bruckner.

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

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

Kurzfassung

Der rasante Anstieg des Güterumsatzes pro Person über die letzten Jahrzehnte hat die Menschheit vor neue Herausforderungen gestellt. Neben dem limitierten Zugang zu Ressourcen ist das Abfallproblem essentiell. Speziell im Bausektor werden enorme Materialmengen umgesetzt, weshalb das Baurestmassenrecycling für die Kreislaufwirtschaft von immenser Wichtigkeit ist. Mit dem Inkrafttreten der Recycling-Baustoffverordnung im Jahr 2016 wurde der erste Schritt zu einer nachhaltigeren Bauwirtschaft in Österreich getan.

Die gegenständliche Arbeit beschäftigt sich mit ebendieser Verordnung und weiteren rechtlichen und normativen Vorgaben der Abfallwirtschaft und des Baurestmassenrecyclings. Außerdem werden die in den Recyclinganlagen ablaufenden Prozesse analysiert und die wichtigsten Anlagenkomponenten beleuchtet.

Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit dem Abbruch von konkreten Bauwerken im Großraum Wien. Die Durchführung von Materialflussanalysen ermöglicht es, den Anteil an Materialien, die vor Ort als Verfüllmaterial wiedereingesetzt werden, zu bestimmen. Diese Materialien machen mit ca. 26,2% einen erheblichen Anteil am Gesamtabfallaufkommen aus, scheinen aber in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf. Die publizierten Zahlen unterschätzen somit das tatsächliche Ausmaß um rd. ein Viertel.

Die zweite Forschungsfrage beschäftigt sich damit, ob ein positiver Umweltnutzen durch das Baurestmassenrecycling generiert werden kann. Diese Frage kann aus ökologischer Sicht mit einem eindeutigen „Ja“ beantwortet werden. Die Durchführung des Ökobilanzvergleichs hat ergeben, dass durch das Baurestmassenrecycling eine Reduktion der anfallenden Treibhausgase von rd. 40% erreicht wird. Weiters ist hinsichtlich der Bauweise der Abbruch von Gebäuden in Stahlbetonbauweise jenen in Ziegelbauweise vorzuziehen. Grund dafür sind die aktuell fehlenden Anwendungsmöglichkeiten für die aus Bauschutt hergestellten Recycling-Baustoffe vor allem im städtischen Bereich. Daraus resultiert ein Bauschuttüberschuss und dementsprechend große Abfallmengen müssen deponiert werden.

Stichworte: Abbruch, Baurestmassen, Recycling, Materialflussanalyse, Ökobilanzierung

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

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

Abstract

The rapid increase over the last decades concerning turnover of goods per person has raised new challenges in society. Besides limited access to resources, the waste problem is essential. As immense material amounts are used especially in the construction industry, the recycling of construction waste materials is of major importance for a circular economy. The entry into force of the Austrian Regulation on Recycling Building Materials in 2016 was the first step towards a more sustainable construction industry.

This thesis addresses this regulation and other legal and normative conditions regarding waste management and recycling of construction waste materials. Moreover, processes occurring in the treatment plants are analyzed and the most important plant components are highlighted.

The first question of the thesis deals with demolition of buildings in the greater Vienna area. Performing material flow analyses for the different waste arising during demolition allows answering the question of the percentage of materials, which are used on site as backfill material. These materials do not appear in the waste statistics for construction and demolition waste. The material flow resulting from the first question of the thesis is significant at approx. 26.2%. Applying this result to the waste statistics means all published figures on construction and demolition waste underestimate the actual extent by about a quarter.

The second question of the thesis concerns whether a positive environmental benefit can be generated by the recycling of construction waste material. From an ecological point of view, this question can be answered with an undoubted "yes". The result of the life cycle assessment comparison is a reduction in greenhouse gases of around 40% through the recycling of construction waste materials. Furthermore, with regard to the type of construction (building), the demolition of buildings in reinforced concrete construction is preferable to those in brick construction. The reason for this is the current lack of application possibilities for recycled building materials from brick construction waste, especially in urban areas. This results in a surplus of brick construction waste and correspondingly large amounts of waste have to be landfilled.

Keywords: Demolition, construction waste material, recycling, material flow analysis, life cycle assessment

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

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

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1

1.1 Was ist Abfallwirtschaft? Ihre Entwicklung und Grundsätze ... 1

1.2 Motivation ... 3

1.3 Ziel und Forschungsfragen der Arbeit ... 5

1.4 Aufbau der Arbeit ... 5

2 Rechtlicher Rahmen und normative Vorgaben ... 6

2.1 Abfallrecht auf europäischer Ebene ... 6

2.1.1 Abfallrahmenrichtlinie ... 6

2.1.2 Bauproduktenverordnung ... 7

2.2 Abfallrecht auf nationaler Ebene ... 8

2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz ... 8

2.2.2 Abfallverzeichnisverordnung ... 10

2.2.3 Abfallnachweisverordnung ... 11

2.2.4 Recycling-Baustoffverordnung ... 11

2.2.4.1 Allgemeine Bestimmungen ... 11

2.2.4.2 Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten ... 12

2.2.4.3 Herstellung und Verwendung von Recycling-Baustoffen ... 14

2.2.4.4 Abfallende von Recycling-Baustoffen ... 19

2.2.4.5 Weiterverarbeitung von bestimmten Recycling-Baustoffen und deren Einsatz ... 19

2.2.4.6 Schluss- und Übergangsbestimmungen ... 20

2.2.5 Deponieverordnung ... 20

2.2.6 Altlastensanierungsgesetz ... 22

2.3 Normenwesen auf nationaler Ebene ... 23

2.3.1 ÖNORM B 3151 - Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode ... 24

2.3.2 ÖNORM EN ISO 16000-32 – Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe ... 27

2.3.3 ÖNORM B 2251 - Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm ... 27

2.3.4 ÖNORM B 3140 - Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton ... 29

2.3.4.1 Rezyklierte Gesteinkörnungen aus mineralischen Baurestmassen ... 29

2.3.4.2 Rezyklierte Gesteinkörnungen nach ÖNORM EN 12620 und ÖNORM B 3131 ... 30

2.3.4.3 Rezyklierte Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 13242 und ÖNORM B 3132 ... 31

2.3.4.4 Kennzeichnung von rezyklierten Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 12620 ... 34

2.3.4.5 Kennzeichnung von rezyklierten Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 13242 ... 34

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

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

3 Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ... 35
3.1 Rückbau von Bauwerken ... 35
3.2 Baurestmassenaufbereitung - Herstellung von Recycling-Baustoffen ... 36
3.2.1 Behandlungsanlagen ... 37
3.2.1.1 Stationäre Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen ... 37
3.2.1.2 Mobile Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen ... 38
3.2.2 Aufbereitungsverfahren ... 39
3.2.2.1 Zerkleinerung ... 39
3.2.2.2 Abtrennen von Fremdstoffen ... 41
3.2.2.3 Klassierung/ Siebung ... 47
3.3 Anwendungsmöglichkeiten für Recycling-Baustoffe ... 49
4 Methodik ... 52
4.1 Abfallwirtschaftliche Analyse an konkreten Abbruchobjekten ... 52
4.1.1 Was versteht man unter einer Materialflussanalyse? ... 53
4.2 Ökobilanzvergleich für konkrete Abbruchobjekte ... 56
4.2.1 Was versteht man unter einer Ökobilanz? ... 57
5 Resultate ... 61
5.1 Abfallwirtschaftliche Analyse an konkreten Abbruchobjekten ... 61
5.1.1 Abbruchobjekt I - Pensionistenheim Haus Döbling ... 61
5.1.1.1 Massenermittlung ... 61
5.1.1.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 63
5.1.1.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 63
5.1.1.4 Materialflussanalyse ... 64
5.1.2 Abbruchobjekt II - Kaiserin Elisabeth Spital ... 65
5.1.2.1 Massenermittlung ... 65
5.1.2.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 67
5.1.2.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 67
5.1.2.4 Materialflussanalyse ... 68
5.1.3 Abbruchobjekt III - Wohnpark Ottakring ... 69
5.1.3.1 Massenermittlung ... 69
5.1.3.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 70
5.1.3.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 71
5.1.3.4 Materialflussanalyse ... 72
5.1.4 Abbruchobjekt IV - Geriatriezentrum Liesing ... 73
5.1.4.1 Massenermittlung ... 73
5.1.4.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 74
5.1.4.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 75

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

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

5.1.4.4 Materialflussanalyse ... 76
5.1.5 Abbruchobjekt V - Wohngebäude Darnautgasse 10 ... 77
5.1.5.1 Massenermittlung ... 77
5.1.5.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 78
5.1.5.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 79
5.1.5.4 Materialflussanalyse ... 80
5.1.6 Abbruchobjekt VI - Wohngebäude Breitenfurterstraße 173 ... 81
5.1.6.1 Massenermittlung ... 81
5.1.6.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen ... 82
5.1.6.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise ... 83
5.1.6.4 Materialflussanalyse ... 84
5.1.7 Zusammenfassung der abfallwirtschaftlichen Analyse ... 85
5.2 Ökobilanzvergleich für konkrete Abbruchobjekte ... 88
5.2.1 Rahmenbedingungen ... 88
5.2.1.1 Szenarien und Systemgrenzen ... 88
5.2.1.2 Treibhauspotential (GWP) ... 90
5.2.1.3 Recyclingquoten ... 95
5.2.2 Abbruchobjekt I - Pensionistenheim Haus Döbling ... 96
5.2.2.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput ... 96
5.2.2.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien ... 97
5.2.3 Abbruchobjekt III - Wohnpark Ottakring ... 98
5.2.3.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput ... 98
5.2.3.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien ... 99
5.2.4 Abbruchobjekt IV - Geriatriezentrum Liesing ... 100
5.2.4.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput ... 101
5.2.4.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien ... 102
5.2.5 Zusammenfassung des Ökobilanzvergleichs ... 103
6 Schlussfolgerungen ... 106
Literaturverzeichnis ... 108
Abbildungsverzeichnis ... 111
Tabellenverzeichnis ... 113
Abkürzungsverzeichnis ... 115

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

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

1 Einleitung

1.1 Was ist Abfallwirtschaft? Ihre Entwicklung und Grundsätze

Bereits mit dem Beginn der Sesshaftigkeit des Menschen in der Steinzeit änderte sich auch der Umgang des Menschen mit Ressourcen. War der „prähistorische“ Mensch minimalistisch im Verbrauch und beschränkte seinen Besitz nur auf das Notwendigste um zu überleben, ist der „moderne“ Mensch deutlich konsumorientierter.[2]

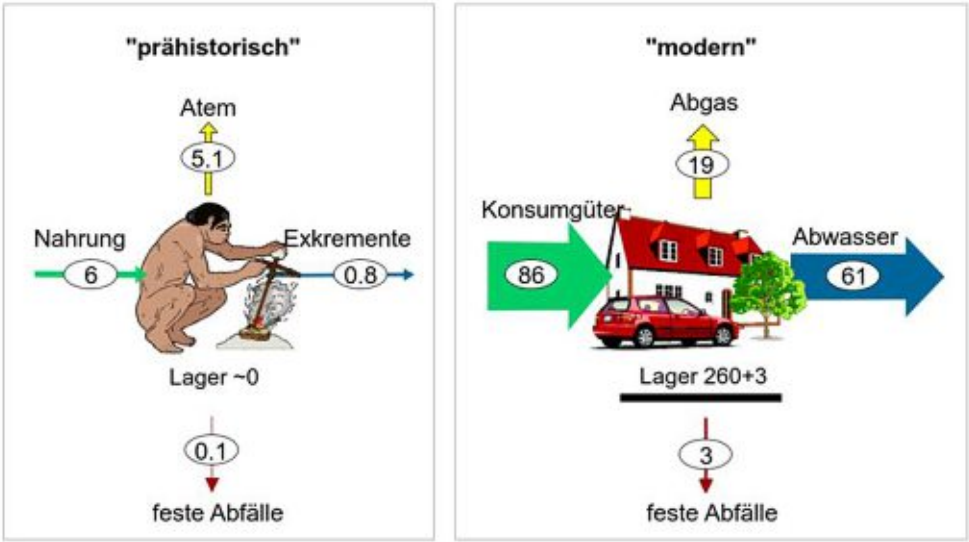


Abb. 1: Der Güterumsatz [in t/(EW·Jahr)] des prähistorischen und modernen Menschen[3]

In der Abb. 1 wird die markante Veränderung des Güterumsatzes des Menschen über die Zeit ersichtlich. Berücksichtigung in den Zahlen finden nur die direkten Güterflüsse in den privaten Haushalten. Der Güterumsatz außerhalb des privaten Haushalts ist weit größer als 100t/(EW·Jahr). Der Stoffwechsel des Steinzeitmenschen beschränkte sich im Wesentlichen auf die Nahrung als Input. Die Outputs werden in Atmung, Exkremente und feste Abfälle unterteilt. Dabei wird ersichtlich, dass die Menge an festen Abfällen mit 100kg/(EW·Jahr) sehr niedrig ist. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die Menschen sehr sparsam im Umgang mit ihren Ressourcen waren und für nahezu alles eine Verwendung hatten. Waren die Männer erfolgreich auf der Jagd, diente die Beute nicht nur als Nahrung. Die Knochen wurden zu Werkzeug, Sehnen und Tierhäute zu Kleidung verarbeitet. Der interessanteste Punkt ist jedoch

[2] Brunner P.H. und Rechberger H.: Anthropogenic metabolism and environmental legacies, in *Encyclopedia of Global Environmental Change* [3], Munn T. (2001), 2.
[3] Brunner P.H. und Rechberger H.: Anthropogenic metabolism and environmental legacies, in *Encyclopedia of Global Environmental Change* [3], Munn T. (2001), 2.

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

das Lager. Um mobil zu bleiben und um ständig mit den Viehherden mitziehen zu können, gab es keine Möglichkeit, sich ein Lager aufzubauen. Vergleicht man dagegen den Stoffwechsel des Menschen der heutigen Zeit, unterscheidet sich dieser doch deutlich. Der Güterumsatz, sprich die umgesetzte Menge pro Einwohner und Jahr, hat sich drastisch erhöht. Dies ist auf das Konsumverhalten des Menschen zurückzuführen. Spielten Häuser und Fortbewegungsmittel, wie z.B. Autos in der Zeit des „prähistorischen" Menschen keine Rolle, genießen diese Produkte in der heutigen Gesellschaft einen hohen Stellenwert. Betrachtet man nun das Lager, ist dieses mit 260t/EW immens angewachsen und wird sich in den kommenden Jahren weiter erhöhen. Diese Lagerstätten werden als anthropogene Lagerstätten bezeichnet.[4]
Das Wort *anthropogen* bedeutet, dass es sich um vom Menschen geschaffene Lagerstätten und nicht um natürliche Lagerstätten handelt. Betrachtet man die Zusammensetzung dieser anthropogenen Lager, wird ersichtlich, dass es sich um ein Sammelsurium an unterschiedlichsten Rohstoffen handelt. Aber ganz egal, ob es sich um die seltenen Erden in den Produkten der Unterhaltungselektronik oder die Zuschlagskörnung in der Stahlbetondecke eines Hochhauses handelt, all diese Produkte sind nicht für die Ewigkeit gemacht. Beträgt die Lebensdauer eines Smartphones durchschnittlich wenige Jahre, können entsprechend konzipierte Gebäude einige Jahrhunderte überdauern. Am Ende der Lebensdauer ereilt aber alle Produkte dasselbe Schicksal. Sie verlieren ihren Nutzen für den Verbraucher und werden somit zu Abfall. Der Abfall ist eine Funktion des Güterumsatzes des Menschen und hängt auch wesentlich vom Lebensstandard der Einwohner eines Staates ab. Der wohl wichtigste Indikator der Abfallwirtschaft ist das Bruttoinlandsprodukt – nachfolgend als BIP bezeichnet. In reichen Industriestaaten mit einem hohen BIP pro Kopf ist der Konsum dementsprechend höher als in Entwicklungsländern und führt somit auch zu größeren Abfallmengen. Weiters unterscheidet sich auch die Abfallzusammensetzung. In Industriestaaten ist der Anteil an Kunststoffen im Restmüll aufgrund vom großen Aufkommen von Verpackungsabfällen gegeben. Im Gegensatz dazu weist der Restmüll in ärmeren Staaten sehr hohe organische Anteile auf. Diese regionalen Gegebenheiten müssen entsprechend bei der Wahl und Planung des Abfallwirtschaftssystem berücksichtigt werden.

[4] Brunner P.H. und Rechberger H.: Anthropogenic metabolism and environmental legacies, in *Encyclopedia of Global Environmental Change* [3], Munn T. (2001), 2.

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

1.2 Motivation

Der Bundes-Abfallwirtschaftsplan – nachfolgend kurz als BAWP bezeichnet – dient zur Erreichung der abfallwirtschaftlichen Ziele und erscheint mindestens alle 6 Jahre. Im Zuge dessen Erstellung werden Daten über Aufkommen und Zusammensetzung der Abfälle ermittelt und ein Überblick über deren Verwertung und Beseitigung gegeben. Für Österreich ergab die Ermittlung des Gesamtabfallaufkommens für das Jahr 2018 eine Gesamtmenge von rund 66,47 Mio. Tonnen.[5]

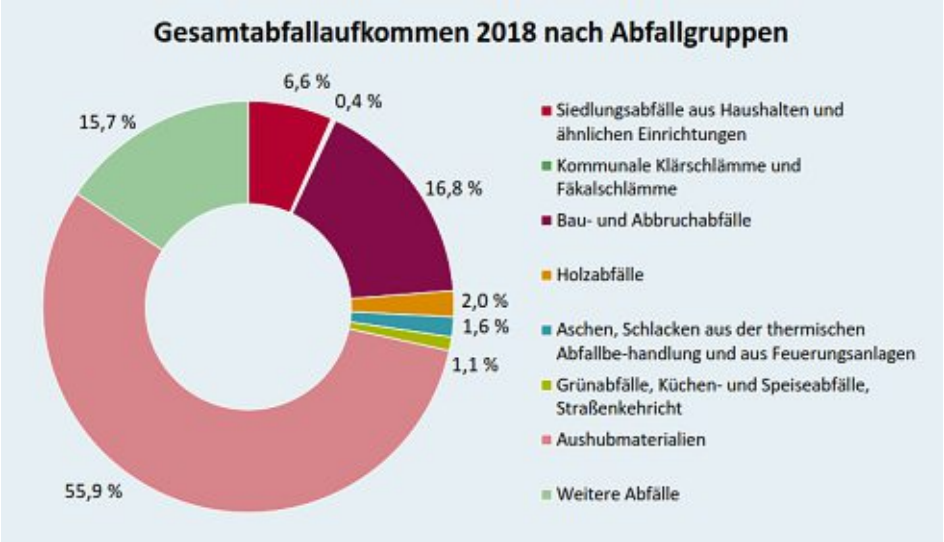


Abb. 2: Zusammensetzung des Gesamtabfallaufkommens nach Abfallgruppen (2018)[6]

Die Verteilung auf die unterschiedlichen Fraktionen in Massenprozent, wird in Abb. 2 ersichtlich. Spitzenreiter ist die Fraktion der Aushubmaterialen, die mit 55,9% knapp über die Hälfte der Abfälle ausmacht, gefolgt von den Bau- und Abbruchabfällen mit 16,8% und den Siedlungsabfällen mit 6,6%. Der Abfallstrom der Bau- und Abbruchabfälle resultiert dabei zu 90% aus Abbrüchen, Umbauten oder Sanierungen. Lediglich 10% stammen aus der Errichtung neuer Bauwerke. Die anfallenden Materialien kommen sowohl aus dem Hochbau als auch aus dem Tiefbau. Dabei handelt es sich vorwiegend um mineralische Abfälle wie Betonabbruch, Bauschutt oder Asphaltabbruch. Weiters fallen geringe Mengen an Metallen, Holz und Kunststoffen sowie gefährlicher Abfälle, wie z.B. Asbest, an.[7]

[5] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 8.
[6] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 14.
[7] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 14, 66.

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

Bei genauer Betrachtung der Entwicklung des Abfallstroms der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle ergibt sich ein Anstieg um 11% auf rd. 11,14 Mio. Tonnen verglichen mit den Zahlen aus dem Jahr 2015. Begründet wird dieses Wachstum mit einer guten Auftragslage im Baugewerbe und eine Verbesserung der statistischen Erfassung.[8] Somit machen, wie in Abb. 2 ersichtlich, die Bau- und Abbruchabfälle einen wesentlichen Anteil des Gesamtabfallaufkommens aus. Da auch der Bedarf an Materialien für die Bauindustrie immens ist, gewinnt das Recycling und die Aufbereitung der Bau- und Abbruchabfälle zu Sekundärrohstoffen im Sinne der Ressourcenschonung immer mehr an Bedeutung. Ein weiterer Pluspunkt der Erzeugung von Recyclingbaustoffen ist die Einsparung von Deponievolumen, welches ebenfalls eine limitierte Größe darstellt. In den letzten Jahren, spätestens jedoch seit 2008 mit dem Inkrafttreten der Abfallrahmenrichtlinie, die sämtliche Recyclingquoten für EU-Mitgliedsstaaten vorgibt, hat sich auch bezüglich der Verwertung von Baurestmassen einiges verändert. So zeigen die Daten aus dem Jahr 2018 ein Aufkommen von rd. 11,14 Mio. Tonnen mineralische Bau- und Abbruchabfälle. Der größte Teil davon, rd. 9,0 Mio. Tonnen, wurde in Behandlungsanlagen für Bau- und Abbruchabfälle behandelt. Somit ergibt sich eine Recyclingquote von rd. 80%.[9] Diese Quote lässt sich quantitativ gesehen im europäischen Vergleich durchaus herzeigen, aber hinsichtlich der Qualität der Recycling-Baustoffe ist noch Luft nach oben. In den seltensten Fällen werden Recycling-Baustoffe hochwertigen Einsatzgebieten zugeteilt. Viel mehr findet ein Downcycling statt. So wird hochwertiger Betonabbruch aus dem Rückbau eines Hochbaus nicht etwa wieder als Zuschlag für die Herstellung eines neuen Betons verwendet, sondern findet minderwertige Anwendung, z.B. als Künettenverfüllung. Da die Qualitätsthematik erst seit einigen Jahren aufgekommen ist, gibt es noch viel Verbesserungspotential. Vor allem im Hochbau wird der Einsatz von Recyclingbaustoffen kritisch betrachtet und müsste deutlich mehr forciert werden. Mit der Recycling-Baustoffverordnung wurde 2016 ein erster Schritt in Richtung des vermehrten Einsatzes von Recycling-Baustoffen gemacht.

[8] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 10.
[9] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 69.

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

1.3 Ziel und Forschungsfragen der Arbeit

Das Ziel der gegenständlichen Arbeit ist es, zu evaluieren, wie die Praxis der Baurestmassenbewirtschaftung im Großraum Wien konkret aussieht und inwiefern dadurch ein positiver Umweltnutzen generiert werden kann. Die Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, das Wissen um das Auftreten, die Verwertung und die Entsorgung von Baurestmassen im städtischen Maßstab zu erweitern. Die Arbeit ist in zwei Forschungsfragen gegliedert.

Der erste Teil beschäftigt sich mit konkreten Abbruchobjekten aus dem Hochbau im Großraum Wien. Basierend auf den Daten dieser Abbruchobjekte werden Materialflussanalysen durchgeführt, um der Frage nachzugehen, wie groß der Anteil an Materialien ist, die vor Ort wiedereingesetzt werden und somit nicht in den Abfallstatistiken aufscheinen. Weiters werden die Abweichungen zwischen den Massenermittlungen und den Entsorgungsnachweisen aufgezeigt und Gründe dafür diskutiert.

Der zweite Teil geht der Frage nach, ob ein positiver Umweltnutzen durch das Recycling von Baurestmassen generiert werden kann. Aufbauend auf den vorhandenen Daten der Abbruchobjekte aus der ersten Forschungsfrage und auf Basis öffentlich zugänglicher Ökobilanzdaten wird ein Ökobilanzvergleich anhand zweier unterschiedlicher Szenarien durchgeführt. Szenario 1 stellt dabei ein im Großraum Wien der Praxis entsprechendes Recyclingszenario dar während Szenario 2 ein fiktives Deponierungsszenario abbildet. Als Schlüsselkennzahl für den Ökobilanzvergleich wird das Treibhauspotential herangezogen. Weiters wird der Frage nachgegangen, welche Bauweise sich aus ökologischer Sicht am besten für das Baurestmassenrecycling eignet.

1.4 Aufbau der Arbeit

Der Einleitung folgend werden im Kapitel 2 die rechtlichen Gegebenheiten, die mit dem Abbruch von Bauwerken und der Verwertung von Baurestmassen in Verbindung stehen, beleuchtet. Wichtige Grundlagen für das weitere Verständnis der Arbeit werden hier erklärt. Im Kapitel 3 wird die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen erläutert. Es wird aufgezeigt, welche Methoden und Anlagen es zur Herstellung von Recycling-Baustoffen in Österreich gibt, welche Recycling-Baustoffe produziert werden und wo diese eingesetzt werden können. Das Kapitel 4 beschreibt die Methodik, wie bei der Beantwortung der Forschungsfragen vorgegangen wurde. Daher stellt dieser Abschnitt einen äußerst wichtigen Teil dar, um die Arbeit nachvollziehen zu können. Im Kapitel 5 werden aufgegliedert in zwei Unterkapiteln die Ergebnisse beider Forschungsfragen präsentiert. Den Abschluss der Arbeit bildet Kapitel 6 – Schlussfolgerungen.

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

2 Rechtlicher Rahmen und normative Vorgaben

Dieses Kapitel soll einerseits einen Überblick über die Rechtslage bezüglich Abfallwirtschaft, Abbruch, Recycling, Verwendung von Recycling-Baustoffen und Deponierung, vom europäischen bis hin zum nationalen Maßstab geben und andererseits den aktuellen Stand der Technik in Österreich, wie in den zugehörigen Normen erfasst, aufzeigen.

2.1 Abfallrecht auf europäischer Ebene

Die Europäische Union – nachfolgend als EU bezeichnet – hat die Möglichkeit, die in den EU - Verträgen mit den Mitgliedsstaaten festgeschriebenen Ziele mit Hilfe unterschiedlicher Rechtsakte, umzusetzen. Die wohl wichtigsten Rechtsakte bilden dabei die Verordnungen und die Richtlinien. Sind Verordnungen verbindlich und von allen Mitgliedsstaaten vollumfänglich umzusetzen, stellen Richtlinien einen Rechtsakt dar, in dem ein Ziel, welches von allen Mitgliedsstaaten zu erreichen ist, festgeschrieben ist. Die Umsetzung dieser Richtlinien erfolgt durch den Erlass nationaler Rechtsvorschriften länderspezifisch. Dabei können die Mitgliedsstaaten strengere Kriterien, als jene in den Richtlinien, definieren.[10]

2.1.1 Abfallrahmenrichtlinie

Mit der „*Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien*“[11], kurz auch als Abfallrahmenrichtlinie bekannt, schafft die EU einen rechtlichen Rahmen für die Abfallwirtschaft in den Mitgliedsstaaten. Die Richtlinie beinhaltet einige Begriffsbestimmungen, wie z.B. die Definition des Abfallendes, und bekräftigt das Verursacherprinzip, welches besagt, dass die Kosten für die Bewirtschaftung vom Abfallersterzeuger zu übernehmen sind. Primäres Ziel dieser Richtlinie ist der Schutz von Menschen und Umwelt durch die Reduktion von schädlichen Auswirkungen der Abfallerzeugung und -bewirtschaftung, gefolgt vom Ziel der Ressourcenschonung. Zur Erfüllung dieser Absichten und mit dem Hintergedanken der Forcierung der europäischen Recycling-Bewegung führt die Richtlinie quantitative Recycling- und Verwertungsquoten ein. Das Bauwesen betreffend sollen 70% der nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle verwertet werden. Weiters wird eine Abfallhierarchie in dieser Richtlinie definiert, welche als

[10] https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/types-eu-law_de (letzter Zugriff 03.10.2020).
[11] ABl L 312/3.

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

Prioritätenfolge bei der Planung und Umsetzung von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen herangezogen wird.[12]

Abb. 3: Abfallhierarchie der EU[13]

In Abb. 3 wird die fünfstufige Abfallhierarchie grafisch dargestellt. Die Abfallhierarchie kann dabei nicht als universelles Prinzip für sämtliche Mitgliedsstaaten angesehen werden. Macht sie auf der einen Seite für Industriestaaten, wie z.B. Österreich, die eine gut entwickelte Abfallwirtschaft implementiert haben, durchaus Sinn, ist sie für Entwicklungsländer, die der Union beitreten möchten, wie z.B. Serbien, völlig unbrauchbar, da in diesen Ländern zuerst die Basis für eine nachhaltige Abfallwirtschaft geschaffen werden muss.

Außerdem fordert die Richtlinie die Erstellung eines Abfallbewirtschaftungsplans von den zuständigen nationalen Behörden ein.[14] In Österreich wurde im Jahr 2010 eine Novelle des Abfallwirtschaftsgesetzes erlassen, welche die Bedingungen der Abfallrahmenrichtlinie auf nationaler Ebene umsetzt.[15]

2.1.2 Bauproduktenverordnung

Der neben der Abfallrahmenrichtlinie wohl wichtigste europäische Rechtsakt ist die *„Verordnung 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates“*[16], besser bekannt als

[12] RL 2008/98/EG, ABl L 312/3.
[13] https://www.schoenmackers.de/entsorgung/ (letzter Zugriff 03.10.2020).
[14] RL 2008/98/EG, ABl L 312/3.
[15] Bundesgesetz, mit dem das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 geändert wird (AWG-Novelle 2010), BGBl I 2011/9.
[16] ABl L 88/5.

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

Bauproduktenverordnung - nachfolgend als BPV abgekürzt. In dieser werden die Gegebenheiten für das auf den Markt bringen von Bauprodukten definiert, mit dem Ziel, dass Bauprodukte innerhalb des europäischen Binnenmarktes einfach handelbar sind. Die sieben Grundanforderungen an Bauwerke (Standsicherheit, Brandschutz, Hygiene, Nutzungssicherheit, Schallschutz, Wärmeschutz und Nachhaltigkeit) sind in der BPV festgeschrieben. Weiters definiert die BPV Anforderungen an die Leistungserklärung und die CE-Kennzeichnung. Die Leistungserklärung gibt die Performance eines Bauprodukts bezüglich der wesentlichen Merkmale an das Bauprodukt in Zusammenhang mit der zugehörigen harmonisierten technischen Spezifikation an. Sind die festgelegten wesentlichen Merkmale des Bauprodukts erfüllt, können auch die Grundanforderungen an Bauwerke als erfüllt angesehen werden. Für Massenprodukte, wie z.B. Gesteinskörnungen, erfolgt die Erstellung der Leistungserklärung auf Basis einer harmonisierten europäischen Norm (hEN). Die CE - Kennzeichnung darf angebracht werden, wenn das Bauprodukt alle wesentlichen Merkmale erfüllt und eine Leistungserklärung vorliegt.[17]

2.2 Abfallrecht auf nationaler Ebene

Gelten die EU-Verordnungen in allen Mitgliedsstaaten unmittelbar, müssen die EU-Richtlinien erst durch den Erlass nationaler Rechtsvorschriften länderspezifisch umgesetzt werden. Weiters können auf nationaler Ebene Vorschriften erlassen werden, die in Einklang mit der europäischen Gesetzgebung stehen.[18]

2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz

Das *„Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002)“*[19] wurde 2002 erlassen und nach dem Inkrafttreten der Abfallrahmenrichtlinie im Jahr 2010 umfangreich novelliert.[20] Es bildet die nationale rechtliche Grundlage der Abfallwirtschaft. Die Ziele der Abfallwirtschaft in Österreich sind im Abfallwirtschaftsgesetz verankert. Neben den bereits von der EU ausgegebenen Zielen des Schutzes des Menschen und der Umwelt sowie der Ressourcenschonung kommen drei weitere Bestrebungen hinzu, wobei die Gewichtung dieser schwierig zu bewerkstelligen ist:[21]

[17] VO (EU) 305/2011, ABl L 88/5.
[18] https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/types-eu-law_de (letzter Zugriff 03.10.2020).
[19] BGBl I 2002/102.
[20] Bundesgesetz, mit dem das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 geändert wird (AWG-Novelle 2010), BGBl I 2011/9.
[21] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.

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

1) Schutz des Menschen und der Umwelt
2) Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen geringhalten
3) Schonung von Ressourcen (Rohstoffe, Energie, Wasser, Landschaft, Fläche, Deponievolumen)
4) Gefährdungspotential von Sekundärrohstoffen soll nicht größer sein als jenes von Primärrohstoffen
5) Keine Gefährdung zukünftiger Generationen durch Deponien[22]

Zur Erfüllung der oben gelisteten Ziele wird die aus der Abfallrahmenrichtlinie stammende Abfallhierarchie implementiert. Weiters werden für die nationale Rechtsprechung wichtige Begriffe definiert. Die aus dem Blickwinkel der Ressourcenschonung und des Recyclings bedeutendsten sind neben den Definitionen des Abfallbegriffes selbst wohl die Definition des Abfallendes. Beim Abfallbegriff iSd § 2 Abs 1 AWG 2002 idgF unterscheidet man den (1.) subjektiven und den (2.) objektiven Abfallbegriff.[23]

> *„Abfälle im Sinne dieses Bundesgesetzes sind bewegliche Sachen,*
> *1. deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder*
> *2. deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen."*[24]

Der Begriff *Abfallende* ist allgemein formuliert folgendermaßen festgeschrieben: Altstoffe sind gemäß § 5 Abs 1 AWG 2002 idgF so lange als Abfälle zu qualifizieren,

> *„bis sie oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden. Im Falle einer Vorbereitung zur Wiederverwendung im Sinne von § 2 Abs. 5 Z 6 ist das Ende der Abfalleigenschaft mit dem Abschluss dieses Verwertungsverfahrens erreicht."*[25]

Außerdem werden die einzelnen Rollen des Abfallerzeugers, des Abfallbesitzers, des Abfallsammlers und des Abfallbehandlers definiert und die verpflichtende Erstellung eines Bundes-Abfallwirtschaftsplans festgeschrieben.[26]

[22] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.
[23] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.
[24] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.
[25] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.
[26] AWG 2002, BGBl I 2002/102 idgF.

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

2.2.2 Abfallverzeichnisverordnung

Mit der *„Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung)“*[27] werden, wie in § 4 Z 1 und 2 des AWG 2002 gefordert, Abfälle einer Abfallart zugeordnet. Bei dieser Verordnung handelte es sich um ein Verzeichnis, bestehend aus den Kapiteln 01 bis 20. Die Bau- und Abbruchabfälle werden dem Kapitel 17 zugeordnet. Eine weitere Zuordnung erfolgt je nach Material in Obergruppen, z.B. 17 01 Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik oder 17 04 Metalle. Mit Untergruppen, z.B. 17 01 01 Beton, können für sämtliche Abfälle Schlüsselnummern generiert werden und eine einheitliche Klassifizierung der Abfälle durchgeführt werden. Einzelne Abfälle erhalten noch Spezifizierungen, wenn diese besondere Eigenschaften aufweisen, wie z.B. sortenreine Fraktion. Unterschieden wird zwischen gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen. Von der Verordnung verpflichtet sind die Abfallbesitzer.[28]

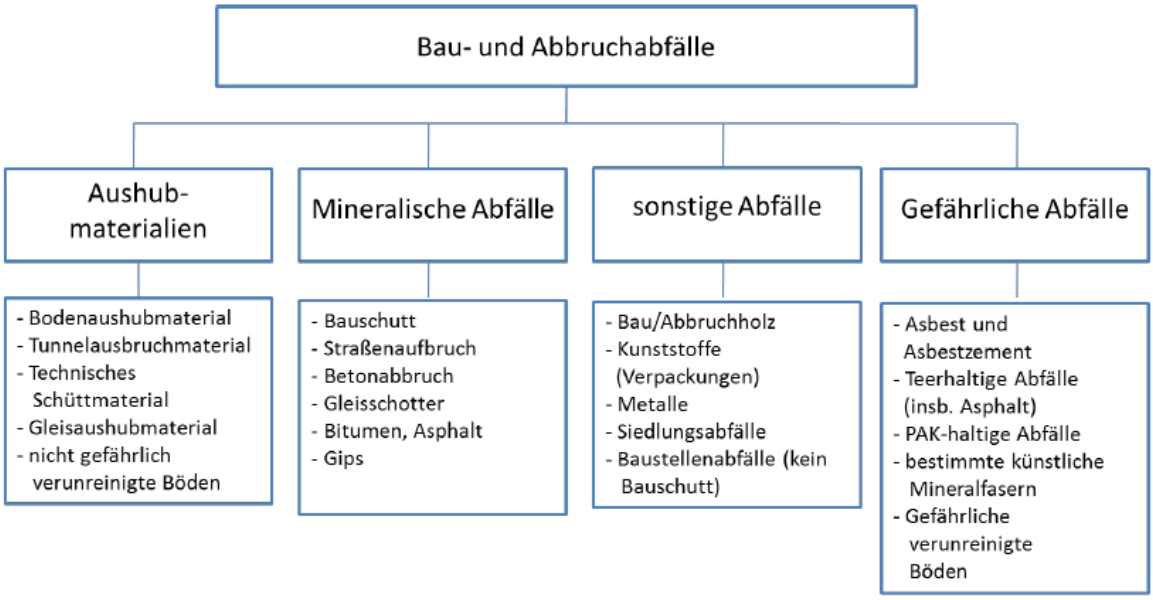


Abb. 4: Übersicht über die Bau- und Abbruchabfälle[29]

[27] BGBl II 2003/570.
[28] Abfallverzeichnisverordnung, BGBl II 2003/570 idgF.
[29] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 66.

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

2.2.3 Abfallnachweisverordnung

Die *„Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht über Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2012 – ANV 2012)“*[30] regelt, wie in den §§ 17 bis 19 des Abfallwirtschaftsgesetzes 2002 gefordert, Form und Art von Aufzeichnungen, Meldungen sowie Führung von Nachweisen. Ziel der Verordnung ist eine nachvollziehbare Dokumentation beim Sammeln, Lagern, Befördern und Behandeln von Abfällen. Von der Verordnung werden aufzeichnungspflichtige Abfallersterzeuger, erlaubnisfreie Rücknehmer, Abfallsammler und sonstige Abfallbesitzer zur Dokumentation verpflichtet. Aufzuzeichnen sind in fortlaufende Weise für jedes Kalenderjahr

1) die Abfallart (mit Abfallcode und Bezeichnung sowie eventuell vorhandenen Spezifikationen)
2) die Abfallmenge (Masse in kg)
3) die Abfallherkunft
4) der Abfallverbleib
5) das Übergabe- bzw. Übernahmedatum

in nachvollziehbarer Art und Weise. Die Aufzeichnung kann dabei formfrei geführt werden. Für gefährliche Abfälle ist ein entsprechender Begleitschein zu erstellen.[31]

2.2.4 Recycling-Baustoffverordnung

2.2.4.1 Allgemeine Bestimmungen

Die *„Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung – RBV)“*[32] wurde im Jahr 2015 mit dem Hintergedanken zur Einhaltung der von der EU-Abfallrahmenrichtlinie für nicht gefährliche Bau- und Abbruchabfälle ausgegebenen quantitativen Recyclingquote von 70% erlassen. Doch aufgrund aufkeimender Kritik verschiedener Steakholder befand sich die Verordnung bereits im März 2016 wieder in Novellierung[33]. Nach Einbindung sämtlicher Interessensgruppen und umfangreichen Änderungen trat die geänderte Verordnung im Oktober

[30] BGBl II 2012/341.
[31] ANV 2012, BGBl II 2012/341 idgF.
[32] BGBl II 2015/181.
[33] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Recycling-Baustoffverordnung geändert wird, BGBl II 2016/290.

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

2016 in Kraft und stellt in dieser Form im Moment auch den wichtigsten nationalen Rechtsakt in Bezug auf Recycling von Bau- und Recyclingabfällen dar.

> *„Ziel dieser Verordnung ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz, insbesondere die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Bauteilen und die Sicherstellung einer hohen Qualität von Recycling-Baustoffen, um das Recycling von Bau- oder Abbruchabfällen im Sinne unionsrechtlicher Zielvorgaben zu fördern."*[34]

Der Geltungsbereich umfasst

> *„1. die Bau- und Abbruchtätigkeiten sowie daraus resultierende Abfälle,*
>
> *2. die Herstellung und die Verwendung von Recycling-Baustoffen als natürliche oder recyclierte Gesteinskörnung durch die Behandlung bestimmter Abfälle und*
>
> *3. bestimmte Recycling-Baustoffe, bei denen die Abfalleigenschaft gemäß § 5 Abs. 2 des Abfallwirtschaftsgesetzes 2002 endet."*[35]

Weiters werden im 1. Abschnitt wichtige Begriffsbestimmungen wie z.B. Abbruch, Rückbau oder Recycling-Baustoff definiert.[36]

2.2.4.2 Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten

- Schad- und Störstofferkundung und orientierende Schad- und Störstofferkundung

Im Zuge eines Abbruch- oder Sanierungsvorhabens, bei dem über 750t Bau- und Abbruchabfälle anfallen, ist eine Schad- und Störstofferkundung vorab durchzuführen. Dabei wird zwischen der orientierenden Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖNORM B 3151 durch eine rückbaukundige Person und einer umfassenden Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖNORM EN ISO 16000-32 durch eine extern befugte Fachperson oder Fachanstalt unterschieden. Ausschlaggebend, welche Art der Schad- und Störstofferkundung zur Anwendung kommt, ist der umbaute Raum des Abbruch- oder Sanierungsobjekts. Bis zu einem Brutto-Rauminhalt von 3500m³ ist eine orientierende, ab einem Brutto-Rauminhalt von 3500m³ ist eine umfassende Schad- und Störstofferkundung durchzuführen. Sämtliche Bauteile, die einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden können, sind festzuhalten. Für Verkehrsflächen und Linienbauwerke ist dieser Absatz nicht relevant. Die Aufzeichnungen zur

[34] § 1 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[35] § 2 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[36] § 3 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

Schad- und Störstofferkundung sind vom Bauherrn für mindestens sieben Jahre aufzubewahren und der Behörde nach Aufforderung vorzulegen.[37]

Abb. 5: Kriterien für die Durchführung einer Schad- und Störstoffanalyse[38]

- Rückbau

Im Zuge eines Abbruch- oder Sanierungsvorhabens, bei dem über 750t Bau- und Abbruchabfälle anfallen, hat ein Rückbau gemäß ÖNORM B 3151 zu erfolgen. Sämtliche Bauteile, die einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden können, sind so auszubauen, dass sie problemlos einer nachfolgenden Wiederverwendung zugeführt werden können. Der Ausbau dieser Bauteile sowie das Entfernen der Schad- und Störstoffe muss vor dem maschinellen Rückbau erfolgen. Die entfernten Schad- und Störstoffe sind getrennt vor Ort zu sammeln und einer entsprechenden Verwertung zuzuführen. Für Verkehrsflächen und Linienbauwerke ist dieser Absatz nicht relevant. Über den gesamten Zeitraum des Abbruchs, hat der Bauherr sicherzustellen, dass die Dokumentation des Rückbaus vor Ort aufliegt und der Behörde nach Aufforderung vorgelegt wird. Im Zuge der Übergabe von mineralischen Abfällen oder Holzabfällen an Dritte hat der Bauherr eine Kopie der Dokumentation des Rückbaus mitzuliefern. Die Dokumentation des Rückbaus ist vom Bauherrn für mindestens sieben Jahre aufzubewahren und der Behörde nach Aufforderung vorzulegen.[39]

[37] § 4 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[38] Erläuterungen zur Recycling-Baustoffverordnung, BMLFUW-UW.2.1.6/0008-V/2/2018.
[39] § 5 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

- Trennpflicht

Die Verantwortung für die Trennung von Abfällen, die bei Bau- und Abbruchtätigkeiten anfallen, obliegt dem Bauherren und dem Bauunternehmer. Die hierfür erforderlichen Flächen und Einrichtungen sind vom Bauherren bereitzustellen. Gefährliche und nicht gefährliche Abfälle sind bereits am Anfallsort zu trennen. Weiters sind auch die Hauptbestandteile der nicht gefährlichen Abfälle (mineralische Abfälle, Metallabfälle, Kunststoffabfälle, Holzabfälle, Siedlungsabfälle und Bodenaushubmaterial) vor Ort voneinander zu trennen, sofern dies technisch möglich ist und keine unverhältnismäßig hohen Kosten bedingt. Ist dies nicht der Fall, so hat die Trennung in genehmigten Behandlungsanlagen stattzufinden. Abfälle, deren gemeinsame Behandlung zur Herstellung eines Recycling-Baustoffes erfolgen soll, sind von der Trennpflicht ausgenommen. Ebenso sind bei Neubauvorhaben, die einen Brutto-Rauminhalt von 3500m³ überschreiten, die Stoffgruppen mineralische Abfälle, Metallabfälle, Kunststoffabfälle, Holzabfälle, Siedlungsabfälle und Bodenaushubmaterial am Anfallsort zu trennen, sofern dies technisch möglich ist und keine unverhältnismäßig hohen Kosten bedingt. Ist dies nicht der Fall, so hat die Trennung in genehmigten Behandlungsanlagen stattzufinden. Ausgenommen sind Neubauvorhaben von Verkehrsflächen und Linienbauwerken.[40]

2.2.4.3 Herstellung und Verwendung von Recycling-Baustoffen

- Zulässige Eingangsmaterialien und Recyclingverbote

Die in nachfolgender Tabelle gelisteten Abfälle dürfen als Eingangsmaterial für die Herstellung von Recycling-Baustoffen verwendet werden.

[40] § 6 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

SN	Sp.	g/gn	Abfallbezeichnung	Spezifizierung
31220			Konverterschlacke	
31407			Keramik [1])	
31409			Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	
31409	18		Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	nur Mischungen aus ausgewählten Abfällen aus Bau- und Abrissmaßnahmen
31410			Straßenaufbruch	
31411	29		Bodenaushub [2])	Bodenaushubmaterial mit Hintergrundbelastung
31411	30		Bodenaushub [2])	Klasse A1
31411	31		Bodenaushub [2])	Klasse A2
31411	32		Bodenaushub [2])	Klasse A2G
31411	33		Bodenaushub [3]) [4])	Inertabfallqualität
31411	34		Bodenaushub	Technisches Schüttmaterial, das weniger als 5 Vol-% boden-fremde Bestandteile enthält
31411	35		Bodenaushub	Technisches Schüttmaterial, ab 5 Vol-% bodenfremder Bestandteile
31427			Betonabbruch [5])	
31427	17		Betonabbruch	nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abrissmaßnahmen
31467			Gleisschotter [4])	
31498	10		schlackenhaltiger Ausbauasphalt	Anhang 1 Tabelle 1 der Recycling-Baustoffverordnung
31499	10		schlackenhaltiges technisches Schüttmaterial	Anhang 1 Tabelle 1 der Recycling-Baustoffverordnung
54912			Bitumen, Asphalt	
91501	21		Straßenkehricht	nur Einkehrsplitt als natürliche Gesteinskörnung

Tab. 1: Eingangsmaterialien für die Herstellung von Recycling-Baustoffen[41]

Verunreinigungen mit folgenden Abfällen sind tunlichst zu vermeiden: Asbest, künstliche Mineralfasern, (H)FCKW (z.B. in extrudiertem Polystyrol [XPS], Polyurethan [PU]), PAK (z.B. Teer), Gips, etc. Kontaminierte Abfälle dürfen nicht als Eingangsmaterial für die Herstellung von Recycling-Baustoffen eingesetzt werden. Weiters dürfen, unter Berücksichtigung des Vermischungsverbots gemäß § 15 Abs. 2 AWG 2002, untergeordnete Mengen an natürlichen Gesteinskörnungen zur technischen Aufwertung des Recycling-Baustoffs zugegeben werden.[42]

- Eingangskontrolle

Bei der Übernahme von Abfällen, die für die Herstellung von Recycling-Baustoffen vorgesehen sind, sind diese vom Hersteller von Recycling-Baustoffen einer visuellen Kontrolle zu unterziehen. Anhand dieser Prüfung hat der Hersteller die Eignung des Abfalls als Eingangsmaterial für die Herstellung von Recycling-Baustoffen zu beurteilen. Genaues Augenmerk ist dabei auf unzulässige Vermischungen sowie Schad- und Störstoffe zu legen. Die Dokumentation des Rückbaus ist dafür heranzuziehen.[43]

[41] Anhang 1 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[42] § 7 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[43] § 8 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

- Qualitätsanforderungen

Die umweltrelevanten Qualitätsanforderungen (Qualitätsklasse, Parameter und Grenzwerte) gemäß Anhang 2 RBV sind vom Hersteller von Recycling-Baustoffen einzuhalten. In Abhängigkeit von diesen Parametern und der Einhaltung festgeschriebener Grenzwerte erfolgt die Zuordnung von Recycling-Baustoffen in folgende Qualitätsklassen:

Qualitätsklasse	Beschreibung
U-A (ungebunden - **A**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz
U-B (ungebunden - **B**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz
U-E (ungebunden - **E**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz
H-B (für hydraulische Bindung - **B**)	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**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut
B-C (für bituminöse Bindung - **C**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut
B-D (für bituminöse Bindung - **D**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut
D (Stahlwerksschlacke **D**)	Gesteinskörnungen aus Stahlwerksschlacken direkt aus der Produktion ausschließlich zur Herstellung von Asphaltmischgut

Tab. 2: Qualitätsklassen und Beschreibung von Recycling-Baustoffen[44]

		Qualitätsklasse	
Parameter	Einheit	U-A	U-B
Eluat bei L/S 10			
pH-Wert		7,5 1) bis 12,5 2)	
el. Leitfähigkeit	mS/m	150 2) 3)	150 2) 3)
Chrom ges.	mg/kg TM	0,60	1,0 4)
Kupfer	mg/kg TM	1,0	2,0
Nickel	mg/kg TM	0,40	0,60
Ammonium-N	mg/kg TM	4,0	8,0
Chlorid	mg/kg TM	800	1 000
Nitrit-N	mg/kg TM	2,0	2,0
Sulfat	mg/kg TM	2 500	6 000 4) 5)
TOC	mg/kg TM	100	200
Gesamtgehalt			
Blei	mg/kg TM	150	150/500 6) 7)
Chrom ges.	mg/kg TM	90/300 7)	90/700 7)
Kupfer	mg/kg TM	90/300 7)	90/500 7)
Nickel	mg/kg TM	60/100 7)	60 8)
Quecksilber 9)	mg/kg TM	0,70	0,70
Zink	mg/kg TM	450	450
KW-Index 10)	mg/kg TM	150	200
∑16PAK (EPA)	mg/kg TM	12,0	20
Verunreinigung			
FL 11)	cm^3/kg	≤ 4	≤ 5
Rg+X 12)	M-%	≤ 1	≤ 1

Tab. 3: Beispielhaft die Parameter und Grenzwerte für Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz[45]

[44] Anhang 4 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[45] Anhang 2 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

Die bautechnischen Anforderungen hat ein Recycling-Baustoff gemäß dem Stand der Technik zu erfüllen. Dabei wird auf die „ÖNORM B 3140 - Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton“ verwiesen. Rückstände, die beim Herstellvorgang von Recycling-Baustoffen entstehen und nicht mehr verwertet werden können, sind ordnungsgemäß zu entsorgen.[46]

- Qualitätssicherung

Die Verantwortung für die Umweltverträglichkeit der Recycling-Baustoffe liegt beim Hersteller. Die Einhaltung der Qualitätsanforderungen, sprich der in Anhang 2 definierten Grenzwerte, hat mittels eines Untersuchungssystems gemäß Anhang 3 zu erfolgen. Für jede Charge eines Recycling-Baustoffes wird eine analytische Untersuchung gemäß den Vorgaben des Anhang 3 vorgeschrieben. Während der Untersuchung muss die beprobte Charge zwischengelagert werden. Das Standardverfahren setzt sich dabei aus einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer Deklarationsprüfung einer externen befugten Fachperson oder Fachanstalt zusammen. Die Dokumentation der Qualitätssicherung ist vom Hersteller von Recycling-Baustoffen für mindestens sieben Jahre aufzubewahren und der Behörde auf Verlangen vorzulegen.[47]

- Bautechnische Verwertung vor Ort

Für mineralische Abfälle aus einem Abbruchvorhaben mit weniger als 750t Abbruchabfällen ist keine analytische Untersuchung notwendig, sofern sie an dem Ort, an dem sie angefallen sind, bautechnisch verwertet werden. Voraussetzung ist ein alternatives Qualitätssicherungssystem, mit dem sichergestellt werden kann, dass keine unzulässigen Vermischungen sowie Schad- und Störstoffe im Abfall enthalten sind. Dies gilt nicht für Verkehrsflächen und Linienbauwerke.[48]

- Bezeichnung

Die Bezeichnung von Recycling-Baustoffen hat vom Hersteller eindeutig gemäß dem Stand der Technik zu erfolgen. Die Qualitätsklasse (z.B. U-A) muss dabei in der Bezeichnung enthalten sein. Bei der Übergabe des Recycling-Baustoffes an einen Dritten sind neben der Bezeichnung

[46] § 9 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[47] § 10 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[48] § 10a RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

auch die zulässigen Einsatzbereiche und Verwendungsverbote auf dem Lieferschein oder einem Beiblatt und, falls vorhanden, auf der Verpackung zu vermerken.[49]

- Aufzeichnungs- und Meldepflichten

Der Hersteller von Recycling-Baustoffen ist verpflichtet, Herkunft, Menge, Art und Verbleib von Abfällen zur Herstellung von Recycling-Baustoffen gemäß Anhang 5 elektronisch zu erfassen und zu melden.[50]

- Zulässige Einsatzbereiche und Verwendungsverbote

Qualitätsklasse	Beschreibung	Ungebundene Anwendung[1] ohne gering durchlässige, gebundene Deck- oder Tragschicht	Ungebundene Anwendung[1] unter gering durchlässiger, gebundener Deck- oder Tragschicht	Herstellung von Beton ab der Festigkeitsklasse C 12/15 oder der Festigkeitsklasse C 8/10 ab der Expositionsklasse XC1	Herstellung von Asphaltmischgut
U-A (ungebunden – **A**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz	Ja	Ja	Ja	Ja
U-B (ungebunden – **B**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz	Nein	Ja[2]	Ja	Ja
U-E (ungebunden – **E**)	Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz	Ja[2][3]	Ja[2]	Ja	Ja
H-B (für hydraulische Bindung – **B**)	Gesteinskörnungen ausschließlich zur Herstellung von Beton ab der Festigkeitsklasse C 12/15 oder der Festigkeitsklasse C 8/10 ab der Expositionsklasse XC1	Nein	Nein	Ja	Nein
B-B (für bituminöse Bindung – **B**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut	Nein	Nein[4]	Nein	Ja
B-C (für bituminöse Bindung – **C**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut	Nein	Nein	Nein	Ja[5]
B-D (für bituminöse Bindung – **D**)	Gesteinskörnungen (insbesondere Ausbauasphalt) zur Herstellung von Asphaltmischgut	Nein	Nein[4]	Nein	Ja[5][6]
D (Stahlwerksschlacke **D**)	Gesteinskörnungen aus Stahlwerksschlacken direkt aus der Produktion ausschließlich zur Herstellung von Asphaltmischgut	Nein	Nein	Nein	Ja[6]

[1] Einschließlich Herstellung von Beton unter der Festigkeitsklasse C 12/15 oder bis zur Festigkeitsklasse C 8/10 unter der Expositionsklasse XC1

[2] Verwendung gemäß § 13 Z 1 (sofern nicht eine wasserrechtliche Bewilligung für den Einsatz des Recycling-Baustoffes vorliegt nicht in Schutzgebieten, nicht in ausgewiesenen Kernzonen von Schongebieten, nicht in ausgewiesenen engeren Schongebieten, nicht im und unmittelbar über dem Grundwasser und nicht in Oberflächengewässern)

[3] Nur im Trapez des Gleiskörpers als Tragschicht (§ 13 Z 4)

[4] Ein Recycling-Baustoff der Qualitätsklasse B-B und B-D aus Asphalt, der durch Fräsen gewonnen wird, darf auch für die Herstellung von ungebundenen oberen Tragschichten gemäß § 13 Z 9 verwendet werden.

[5] Bei einem PAK-Gesamtgehalt (16 PAK nach EPA) zwischen 20 mg/kg TM und 300 mg/kg TM ist die Verwendung ausschließlich in eingehausten Heißmischanlagen mit Dämpfeerfassung und behandlung aus dem Mischprozess zulässig. Die Dämpfeerfassung und -behandlung muss die Freisetzung von Schadstoffen, insbesondere TOC, KW und PAK, nach dem Stand der Technik verhindern. Das Asphaltmischgut hat den Grenzwert von 20 mg/kg TM einzuhalten.

[6] Verwertung nur zulässig unter Einhaltung der Einsatzbereiche und Verwendungsverbote des § 17.

Tab. 4: Tabellarische Zuordnung der Qualitätsklassen zu den Einsatzbereichen und Verwendungsverboten[51]

[49] § 11 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[50] § 12 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[51] Anhang 4 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

2.2.4.4 Abfallende von Recycling-Baustoffen

- Abfallende

Ein Recycling-Baustoff der Qualitätsklasse U-A verliert bei der Übergabe durch den Hersteller an einen Dritten seine Abfalleigenschaft und wird zum Recycling-Baustoff-Produkt. Sämtliche Recycling-Baustoffe, die anderen Qualitätsklassen zugeordnet sind, obliegen den Abfallendebestimmungen des AWG 2002. Somit verlieren Recycling-Baustoffe der Qualitätsklassen U-B, U-E, H-B, etc. ihre Abfalleigenschaft bei gebundener Anwendung mit der Herstellung des Asphaltmischguts bzw. des Betons und bei ungebundener Anwendung mit der Fertigstellung des Bauwerks. Der Recycling-Baustoff-Hersteller ist verpflichtet, sich vor der erstmaligen Übergabe beim Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft als Hersteller von Recycling-Baustoff-Produkten zu melden. Ebenfalls notwendig ist eine verbindliche Erklärung des Herstellers über das Befolgen des Vermischungsverbotes gemäß AWG 2002. Die Übergabe wird gemäß den Vorgaben von Anhang 5 elektronisch erfasst und gemeldet.[52]

- Konformitätserklärung

Für jeden Recycling-Baustoff der Qualitätsklasse U-A ist vom Hersteller eine Konformitätserklärung über die Einhaltung der Grenzwerte der zugehörigen Qualitätsklasse und über die Qualitätssicherung auszustellen. Dies kann im Zuge der Leistungserklärung gemäß der europäischen Bauproduktenverordnung geschehen. Die Konformitätserklärung ist bei grenzüberschreitenden Verbringungen von Recycling-Baustoff-Produkten mitzuführen. Bei der Übergabe des Recycling-Baustoff-Produkts an einen Dritten hat die Erklärung als Kopie oder in elektronischer Form vom Hersteller beigelegt zu werden. Sowohl der Hersteller als auch der Übernehmer haben die Konformitätserklärung für sieben Jahre zu verwahren.[53]

2.2.4.5 Weiterverarbeitung von bestimmten Recycling-Baustoffen und deren Einsatz

Dieser Abschnitt befasst sich mit den besonderen Vorschriften über Asphaltmischgut aus Recycling-Baustoffen sowie mit deren zulässigen Einsatzbereichen und Verwertungsverboten.[54]

[52] § 14 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[53] § 15 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[54] § 16 und § 17 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

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

2.2.4.6 Schluss- und Übergangsbestimmungen

- Übergangsbestimmungen

Die Übergangsbestimmungen gelten für Recycling-Baustoffe, die vor dem Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Verordnung hergestellt wurden. Bis zum 31. Dezember 2017 können diese einer Verwertung gemäß Kapitel 7.4 des BAWP 2011 zugeführt werden. Ab diesem Zeitpunkt ist die Verwertung gemäß RBV mitsamt Qualitätssicherung gemäß Anhang 3 und Zuordnung zu Qualitätsklassen durchzuführen. Die Durchführung einer Schad- und Störstofferkundung sowie eines Rückbaus für vor Inkrafttreten der RBV bewilligte, angezeigte oder behördlich beauftragte Abbrüche ist nicht verpflichtend.[55]

- Inkrafttreten

Das Inkrafttreten der Baustoff-Recyclingverordnung erfolgte mit 1. Jänner 2016. Diese ersetzt die Verordnung über die Trennung von bei Baumaßnahmen anfallenden Materialien.[56]

2.2.5 Deponieverordnung

Die *„Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008)“*[57], trat bereits vor der europäischen Deponierichtlinie in Kraft. Österreich nimmt daher in Sachen Deponietechnik eine Vorreiterrolle in Europa ein und war wesentlich an der Entwicklung der europäischen Richtlinie beteiligt.

> *„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.“*[58]

Mit Hilfe dieser Verordnung wird der Stand der Technik für Deponien in Österreich festgelegt. Festgeschrieben sind Vorgaben hinsichtlich des Standortes der Deponie (Geologie, Abstand zu

[55] § 18 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[56] § 19 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.
[57] BGBl II 2008/39.
[58] § 1 DVO 2008, BGBl II 2008/39 idgF.

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

bebautem Gebiet, etc.), der technischen Ausrüstung (Dichtungen, etc.), Betrieb, Wartung, und Kontrolle von Emissionen und Immissionen, Nachsorge und der finanziellen Aspekte (Rückstellungen). Die Verordnung legt gemäß § 4 DVO 2008 idgF je nach Abfallart folgende unterschiedliche Deponieklassen und -unterklassen fest:[59]

„1. Bodenaushubdeponie

2. Inertabfalldeponie

3. Deponie für nicht gefährliche Abfälle

a) Baurestmassendeponie

b) Reststoffdeponie

c) Massenabfalldeponie

4. Deponie für gefährliche Abfälle (nur als Untertage)“[60]

Eine Deponie für gefährliche Abfälle sucht man in Österreich vergeblich. Die Zuordnung der Abfälle zu den Deponien erfolgt anhand dem Schadstoffgesamtgehalt und der Eluierbarkeit. Folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte für die Schadstoffgesamtgehalte für eine Baurestmassendeponie:

Parameter		Grenzwert (mg/kg TM)
	Anorganische Stoffe	
Arsen (als As)		200
Blei (als Pb)		500
Cadmium (als Cd)		10
Chrom gesamt (als Cr)		500
Cobalt (als Co)		100
Kupfer (als Cu)		500
Nickel (als Ni)		500
Quecksilber (als Hg)		3
Zink (als Zn)		1 500
	Organische Summenparameter	
TOC (als C)		30 000 [1]
Kohlenwasserstoff-Index		1 000
PAK (16 Verbindungen)		30
BTEX		6

Tab. 5: Grenzwerte für Gehalte im Feststoff (Gesamtgehalte) für die Annahme von Abfällen auf Baurestmassendeponien[61]

Baurestmassen sind gemäß dieser Verordnung Materialien, die im Zuge von Bau- und Abbruchtätigkeiten entstehen und somit auf Baurestmassendeponien abzulagern sind. Davon ausgenommen sind Baustellenabfälle. Diese sind den Siedlungsabfällen zuzuordnen. Weiters

[59] DVO 2008, BGBl II 2008/39 idgF.
[60] DVO 2008, BGBl II 2008/39 idgF.
[61] Anhang 1 DVO 2008, BGBl II 2008/39 idgF.

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

wurde in der Verordnung ein Ablagerungsverbot für Abfälle mit einem TOC-Gehalt von mehr als fünf Massenprozent definiert. Dies betrifft vor allem die Ablagerung von Siedlungsabfällen. Eine Vorbehandlung ist somit unbedingt erforderlich.[62]

2.2.6 Altlastensanierungsgesetz

Das *„Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung (Altlastensanierungsgesetz)“*[63], abgekürzt ALSAG, bildet die gesetzliche Grundlage zur Finanzierung von Altlastensanierungen und -erkundungen. Dieses Gesetz ist kein Verfahrensgesetz, wie z.B. das AWG 2002, sondern es stellt ein reines Finanzierungsgesetz dar. Die wichtigste Begriffsbestimmung ist gemäß § 1 Z 1 der Begriff *Altlast* selbst:[64]

> *„Altlasten sind Altablagerungen und Altstandorte sowie durch diese kontaminierte Böden und Grundwasserkörper, von denen - nach den Ergebnissen einer Gefährdungsabschätzung - erhebliche Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen.“*[65]

Unter Altablagerungen versteht man legale oder illegale Ablagerungen von Abfällen. Diese spielen mengenmäßig jedoch eine untergeordnete Rolle. Der Großteil der Verdachtsflächen sind Altstandorte, sprich industrielle oder gewerbliche Standorte, an denen mit umweltschädlichen Stoffen hantiert wurde.[66] Das Gesetz schreibt einen Altlastenbeitrag auf folgende für das Bauwesen relevanten Tätigkeiten vor:

1) Die Ablagerung von Abfällen auf Deponien.
2) Die Einbringung von Abfällen in den Deponiekörper, selbst wenn dadurch deponiebautechnische Tätigkeiten verbunden werden (z.B. Fahrstraßen, Oberflächenabdeckungen, etc.).
3) Das Auffüllen von Geländeunebenheiten (z.B. Verfüllen von Künetten) oder das Durchführen von Geländeanpassungen (z.B. Errichtung von Dämmen, Straßenunterbauten).
4) Die mehrjährige Lagerung von Abfällen (mehr als ein Jahr zur Beseitigung oder mehr als drei Jahre zur Verwertung).

[62] DVO 2008, BGBl II 2008/39 idgF.
[63] BGBl I 1989/299.
[64] Altlastensanierungsgesetz, BGBl I 1989/299 idgF.
[65] Altlastensanierungsgesetz, BGBl I 1989/299 idgF.
[66] Altlastensanierungsgesetz, BGBl I 1989/299 idgF.

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

5) Thermische Verwertung von (Baustellen-)Mischabfällen oder Bauholzabfällen.
6) Die Beförderung von Abfällen zu einer der in den Punkten 1) bis 5) beschriebenen Tätigkeiten über die Bundesgrenzen hinaus.[67]

Beitragsschuldner ist der Inhaber einer Anlage (z.B. der Deponiebetreiber), in der eine beitragsrelevante Tätigkeit stattfindet. In allen anderen Fällen von beitragspflichtigen Tätigkeiten ist der Veranlasser (z.B. Bauherr oder Bauunternehmer) einer beitragspflichtigen Tätigkeit heranzuziehen. Kann dieser nicht festgestellt werden, steht derjenige, der die Tätigkeit duldet (z.B. Grundbesitzer) in der Verantwortung. Die Beitragshöhe für Aushubmaterial, Baurestmassen und sonstige mineralische Abfälle, die die Grenzwerte für die Annahme von Abfällen auf einer Baurestmassendeponie gemäß DVO 2008 einhalten, beträgt seit 1.Jänner 2012 9,20€ je angefangener Tonne.[68]

2.3 Normenwesen auf nationaler Ebene

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Normen, die sowohl im Zusammenhang mit Abbrüchen als auch mit Recycling-Baustoffen stehen, beleuchtet. Per Definition ist eine Norm ein

> *„Dokument, das mit allgemeiner Zustimmung erstellt und von einer anerkannten Normungsinstitution angenommen wurde, und für die allgemeine und wiederkehrende Anwendung Regeln, Leitlinien oder Merkmale für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse festlegt.“*[69]

Eine Norm stellt also eine Empfehlung dar und ist freiwillig anzuwenden, es sei denn die Norm wird per Gesetz oder Verordnung als verbindlich erklärt. Normen werden benötigt, um den Stand der Technik auszulegen und erlangen im Streitfall einen hohen faktischen Stellenwert. Regelwerke dürfen in Österreich als ÖNORM bezeichnet werden, wenn sie vom Austrian Standard International - Standardisierung und Innovation (A.S.I.) herausgegeben werden. Des Weiteren gibt es noch Regelwerke anderer Vereine, wie z.B. des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV) oder des Baustoff-Recycling Verbandes (BRV), die den Stand der Technik festlegen.[70]

[67] § 3 Altlastensanierungsgesetz, BGBl I 1989/299 idgF.
[68] Altlastensanierungsgesetz, BGBl I 1989/299 idgF.
[69] ÖVE/ÖNORM EN 45020: 2007 02 01 (Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten - Allgemeine Begriffe).
[70] https://www.wko.at/service/innovation-technologie-digitalisierung/grundlagen-der-normung-in-oesterreich.html (letzter Zugriff 09.10.2020).

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

2.3.1 ÖNORM B 3151 - Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode

Der Anwendungsbereich der im Jahr 2019 ausgegebenen ÖNORM B 3151 umfasst neben der Planung für einen Rückbau von Bauwerken auch die erforderlichen Maßnahmen bei der Ausführung. Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus, inklusive Verkehrsflächen und Linienbauwerken, unterliegen der vorliegenden ÖNORM. Leitlinien für die Trennung der unterschiedlichen Materialien werden hinsichtlich Wiederverwendung, Verwertung und Beseitigung festgelegt. Ziel ist es, aus dem Rückbau von Bauwerken sortenreine, möglichst schad- und störstofffreie Abfallströme zu generieren. Deshalb wurde für den organisatorischen Ablauf des Rückbaus ein Regelablauf definiert:[71]

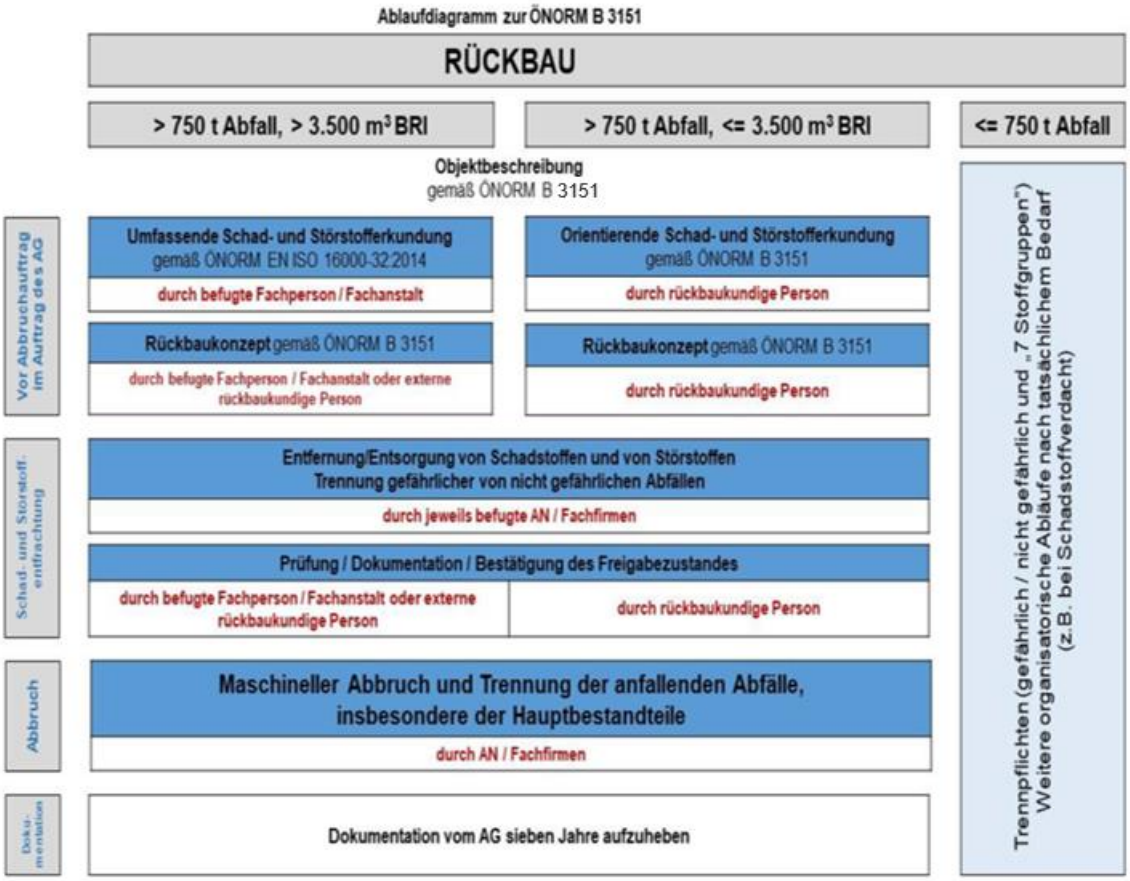


Abb. 6: Regelablauf eines Rückbaus[72]

Verpflichtend zur Anwendung kommt die vorliegende ÖNORM beim Rückbau von Bauwerken, bei denen über 750t Bau- und Abbruchabfälle, ausgenommen Bodenaushubmaterial, anfallen. Für Rückbauten, die höchstens 750t Bau- und Abbruchabfälle

[71] ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).
[72] Anhang D ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).

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

generieren, muss die Schad- und Störstofferkundung nicht verpflichtend durchgeführt werden, jedoch wird eine sinngemäße Anwendung der vorliegenden ÖNORM empfohlen. Am Beginn der Planungsphase ist eine Objektbeschreibung gemäß Anhang A vom Bauherrn bzw. Planer zu erstellen. Diese enthält Unterlagen und Informationen zum Bauwerk, dessen Nutzung und dessen Standort. Die Objektbeschreibung dient als Grundlage zur Erstellung des Rückbaukonzepts und ist Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen. In Abhängigkeit des Bruttorauminhalts des rückzubauenden Objektes ist in weiterer Folge eine Schad -und Störstofferkundung durchzuführen. Beträgt der umbaute Raum des Rückbaubauwerks mehr als 3500m³, ist eine umfassende Schad -und Störstofferkundung gemäß ÖNORM EN ISO 16000-32 durch eine befugte Fachperson/Fachanstalt vorzunehmen. Ist der umbaute Raum kleiner oder gleich 3500m³, ist eine orientierende Schad -und Störstofferkundung gemäß ÖNORM B 3151 im Auftrag des Bauherren durch eine rückbaukundige Person durchzuführen. Gemäß dem Formblatt im Anhang B sind die Ergebnisse zu dokumentieren. In den Begriffsbestimmungen sind Schadstoffe und Störstoffe folgendermaßen definiert: [73]

> Ein *Schadstoff* ist ein *„Stoff, der entweder selbst oder im Zusammenwirken mit anderen Stoffen oder durch seine Abbauprodukte oder Emissionen Mensch oder Umwelt schädigen oder beeinträchtigen oder zu einer Wertminderung bzw. Nutzungseinschränkung von Bauwerken führen kann.“* [74]

> Ein *Störstoff* ist ein *„Material, das die vorgesehene Behandlung, einen Behandlungsschritt, die Wiederverwendung oder Verwertung verhindert oder erschwert.“* [75]

[73] ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).
[74] ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).
[75] ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).

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

In folgender Tabelle sind die zu entfernenden Schad- uns Störstoffe zusammengefasst:

Schadstoffe	
2.1	Gefährliche künstliche Mineralfasern
2.2	Mineralölhaltige Bauteile
2.3	Radioaktive Rauchmelder
2.4	Kamine und Kaminschlote
2.5	(H)FCKW-haltige Dämmstoffe oder Bauteile
2.6	Schlacken oder Aschen
2.7	Ölverunreinigte oder sonstige verunreinigte Böden
2.8	Brandschutt oder Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen
2.9	PCB-haltige Kunststoffe
2.10	Schadstoffhaltige elektrische Bestandteile und Betriebsmittel
2.11	Kühlmittel und Isoliermaterialien in Kühl- und Klimageräten mit (H)FCKW
2.12	PAK-haltige Materialien
2.13	Salz-, öl-, teeröl-, oder phenolölimprägnierte oder -haltige Bauteile
2.14	Asbesthaltiges Material
2.15	Sonstige Stoffe, die eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen

Störstoffe	
3.1	Stationäre Maschinen
3.2	Fußbodenaufbauten und Doppelbodenkonstruktionen
3.3	Nichtmineralische Boden- oder Wandbeläge
3.4	Abgehängte Decken
3.5	Überputzinstallationen aus Kunststoff
3.6	Fassadenkonstruktionen und -systeme
3.7	Abdichtungen
3.8	Gipshaltige Baustoffe, ausgenommen gipshaltige Wand- und Deckenputze sowie gipshaltige Verbundestriche
3.9	Zwischenwände und Vorsatzschalen aus Kork, Porenbeton, zementgebundenen Holzwolleplatten, Holz, Kunststoff
3.10	Glas, Glaswände, Wände aus Glasbausteinen
3.11	Nicht gefährliche, künstliche Mineralfasern, und sonstige Dämmstoffe, die keine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen
3.12	Türen und Fenster
3.13	Pflanzen und Erden
3.14	Sonstige Störstoffe

Tab. 6: Auflistung der zu entfernenden Schad- und Störstoffe[76]

Im Anschluss an die Planungsphase beginnt die Ausführungsphase mit der Erstellung des Rückbaukonzepts gemäß dem Formblatt im Anhang C durch eine befugte Fachperson/ Fachanstalt oder eine externe rückbaukundige Person bzw. eine rückbaukundige Person. Als Grundlage dient die Objektbeschreibung. Im Rückbaukonzept wird auf die Art, die Organisation und den Umfang des Rückbaus eingegangen. Festgelegt werden darin die Aufgaben und Verantwortungsbereiche aller Beteiligten. Für die Hauptbestandteile ist eine Massenabschätzung vorzunehmen und Maßnahmen bezüglich der Trennung der abgeschätzten Hauptbestandteile sind im Rückbaukonzept zu dokumentieren. Die Wiederverwendung von Bauteilen des Bauwerks ist zu überprüfen. Ein Baustelleneinrichtungsplan, der die Sammel- und Behandlungsflächen für die anfallenden Abfallströme zeigt, ist dem Rückbaukonzept, falls vorhanden, beizulegen. Bevor mit dem maschinellen Rückbau begonnen werden kann ist eine Entrümpelung des Objekts vorzunehmen. Die in der Planungsphase erkundeten Schad- und Störstoffe sind zu entfernen. Anschließend ist das Bauwerk von einer befugten Fachperson/ Fachanstalt oder einer externen rückbaukundige Person bzw. einer rückbaukundigen Person zu

[76] Anhang B ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).

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

prüfen und der Freigabezustand zu bestätigen. Beim maschinellen Rückbau ist auf eine möglichst sortenreine Zerlegung des Bauwerks hinsichtlich der Hauptbestandteile zu achten.[77]

2.3.2 ÖNORM EN ISO 16000-32 – Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe

Die ÖNORM EN ISO 16000-32 wurde im Jahr 2014 veröffentlicht und basiert grundlegend auf der nationalen ÖNORM S 5730: 2009, die daraufhin zurückgezogen wurde. Sie ist unter Anleitung und Mitgestaltung österreichischer Fachexperten erarbeitet worden und dient heute als anerkanntes europäisches Regelwerk. Gemäß der Recycling-Baustoffverordnung in der geltenden Fassung ist die Schad- und Störstofferkundung für rückzubauende Bauwerke mit einem Abbruchvolumen von mehr als 750t und einem Bruttorauminhalt größer als 3500m³ nach der ÖNORM EN ISO 16000-32 von einer befugten Fachperson/Fachanstalt durchzuführen. Fachlicher Gegenstand dieses Teils der ISO 16000 ist die Schadstofferkundung des Bauwerks und der vorhandenen technischen Anlagen sowie eine Beurteilung der Innenraumluftqualität. Die Anforderungen an die Beprobung von Verdachtsflächen und die Abschätzung von Menge und Art der Schadstoffe werden festgelegt. Die verbundenen Zielsetzungen sind eine strukturierte Vorgehensweise sowie Dokumentation während der Erkundung, die als Basis für eine detaillierte Bewertung aus wirtschaftlicher und/oder fachtechnischer Sicht dient. Sie soll bei der Erstellung eines Schadstoffkatasters behilflich sein und dem Auftraggeber als auch dem Auftragnehmer Rechtssicherheit bieten. Im Anhang A (informativ) ist eine Auflistung von Bauteilen mit möglicherweise anzutreffenden Schadstoffen zu finden. Neben den primären Schadstoffquellen in den Bauprodukten selbst wird auch auf die sekundären Quellen für Schadstoffe, wie z.B. Übertritte von Schadstoffen in andere Bauwerksteile (Asbeststaub) begutachtet.[78]

2.3.3 ÖNORM B 2251 - Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm

Die ÖNORM B 2251, neu ausgegeben im Jahr 2020, beinhaltet Vertrags- und Verfahrensbestimmungen für die Durchführung von Abbruchtätigkeiten an Bauwerken bzw. Bauwerksteilen und ersetzt die Ausgabe von 2006. Inhaltlich wurde diese ÖNORM mit der 2019 ebenfalls neu ausgegebenen ÖNORM B 3151 in Einklang gebracht und die Anforderungen an den Abbruch resultierend aus der RBV integriert. Hinsichtlich der Schad-

[77] ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode).
[78] ÖNORM EN ISO 16000-32: 2014 10 01 (Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe).

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

und Störstofferkundung sind die ÖNORM B 3151 und die ÖNORM EN ISO 16000-32 heranzuziehen. Für Abbruchtätigkeiten von Bauwerken nach unkontrollierter Krafteinwirkung (z.B. Brand, Erdbeben, Explosion), den Abbruch von baufälligen Bauwerken, den Abbruch durch den Einsatz explosiver Sprengmittel sowie die Entrümpelung des Abbruchobjekts ist eine Verwendung dieser ÖNORM nicht zulässig. Das Kapitel über die Verfahrensbestimmungen gibt Hinweise zur Ausschreibung sowie zur Angebotserstellung. Neben dem standardisierten Leistungsumfang, festgelegt durch das Leistungsverzeichnis und die Ausführungspläne, sind folgende ergänzende Angaben zu machen:[79]

„a) Abbruchplan, Rückbau- oder Demontageplan;
b) das vorgesehene Abbruchniveau;
c) Bauweise, Konstruktion und Art der abzubrechenden Bauteil sowie Unterlagen des Bauwerkes, z.B. Pläne;
d) statisches Konzept für die Anforderungen an die verbleibenden Bauteile, z.B. Teilabbrüche, Entkernungen;
e) Ergebnis der Bauwerkserkundung (Objektbeschreibung);
f) Ergebnis der Schad- und Störstofferkundung gemäß ÖNORM B 3151 bzw. ÖNORM EN ISO 16000-32 unter Beachtung von zwischenzeitlich erfolgten Änderungen (z.B. bereits erfolgte Schadstoffsanierung);
g) Rückbaukonzept gemäß ÖNORM B 3151;
h) Art und Form der Kennzeichnung der zu demontierenden oder verbleibenden Teile;
i) Verfügung über das Eigentum von verwertbaren Abbruchmaterialien;
j) Ausschluss von Abbruchmethoden.“[80]

Das Leistungsverzeichnis ist erforderlichenfalls mit entsprechenden Zusatzpositionen zu ergänzen. Die Vorgehensweise bei der Mengenermittlung wird ebenfalls aufgezeigt. Im Kapitel Vertragsbestimmungen wird auf die allgemein gültigen Vertragsbestandteile hingewiesen und die Pflichten des Auftragnehmers gegenüber dem Auftraggeber festgehalten. Eine Prüf- und Warnpflicht, insbesondere für die Standsicherheit der Nachbarbebauung sowie die Einflüsse auf bestehenbleibende Bauwerksteile, ist in der vorliegenden ÖNORM verankert. Lediglich befugte Fachfirmen mit einschlägiger Kenntnis dürfen die Ausführung der Abbruchtätigkeit

[79] ÖNORM B 2251: 2020 09 01 (Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm).
[80] ÖNORM B 2251: 2020 09 01 (Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm).

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

durchführen und die Anwesenheit der rückbaukundigen Person muss während des gesamten Rückbaus gegeben sein.[81]

2.3.4 ÖNORM B 3140 - Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton

Die technisch überarbeitete und an die RBV angepasste ÖNORM B 3140 wurde am 01.11.2020 neu ausgegeben und ersetzt die Vorgängerversion vom 01.06.2016. Der Anwendungsbereich umfasst die bautechnischen Anforderungen an die rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 13242 für den Straßen- und Ingenieurbau und gemäß ÖNORM EN 12620 für die Gesteinskörnungen für Beton. Die rechtliche Grundlage hinsichtlich der Umweltverträglichkeit ist in der RBV zu finden. Weiters wird für die rezyklierten Gesteinskörnungen der Umfang der Prüfparameter, bedingt durch die klimatischen, geographischen und topografischen Gegebenheiten in Österreich, definiert. Nicht in dieser ÖNORM geregelt sind die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen, die zur Gänze aus natürlichem Gestein bestehen, wie z.B. rezyklierter Gleisschotter sowie die Herstellung von Asphaltmischgut durch den Einsatz von Ausbauasphalt. Bezüglich der Eingangsstoffe für rezyklierte Gesteinskörnungen wird auf die RBV Anhang 1, Tabelle 1 verwiesen.[82]

2.3.4.1 Rezyklierte Gesteinkörnungen aus mineralischen Baurestmassen

Für aus mineralischen Baurestmassen hergestellte rezyklierte Gesteinskörnungen gelten folgende Materialbezeichnungen:[83]

„RA *rezykliertes gebrochenes Asphaltgranulat mit einem Masseanteil von mindestens 80 % Asphalt,*

RAB *rezykliertes gebrochenes Asphalt-Beton-Mischgranulat,*

RB *rezykliertes gebrochenes Betongranulat,*

RG *rezykliertes Granulat mit einem Masseanteil von mindestens 50 % Gestein (natürliches und/oder rezykliertes) sowie allenfalls auch Beton und/oder Asphalt,*

[81] ÖNORM B 2251: 2020 09 01 (Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm).
[82] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[83] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

RM	*rezykliertes gebrochenes Mischgranulat mit einem Masseanteil von maximal 50 % Gestein (natürliches und/oder rezykliertes) sowie Beton und/oder Asphalt,*
RH	*rezyklierter Hochbausand, rezyklierter Hochbausplitt,*
RHZ	*rezyklierter Hochbau-Ziegelsand, rezyklierter Hochbau-Ziegelsplitt,*
RMH	*rezyklierte mineralische Hochbau-Restmassen,*
RS	*Recyclingsand,*
RZ	*rezyklierter Ziegelsand, rezyklierter Ziegelsplitt.“*[84]

Die Einteilung in die Qualitätsklassen der Umweltverträglichkeit der rezyklierten Gesteinskörnungen wird in der RBV Anhang 4, Tabelle 1 geregelt. Hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung erfolgt eine Klassifizierung der rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 13242 und ÖNORM EN 12620 in folgende Bestandteile:[85]

„Rc	*Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton,*
Ru	*ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulische gebundene Gesteinskörnung,*
Rb	*Mauerziegel (d.h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton,*
Ra	*bitumenhaltige Materialien,*
Rg	*Glas,*
FL	*schwimmendes Material, als Volumenanteil angegeben,*
X	*sonstige Materialien:* *- bindige Materialien (d.h. Ton und Böden);* *- verschiedene Materialien: (eisen- und nicht eisenhaltige) Metalle, Holz, Kunststoff und Gummi, nicht schwimmend, Gips.“*[86]

2.3.4.2 Rezyklierte Gesteinkörnungen nach ÖNORM EN 12620 und ÖNORM B 3131

Die Betonherstellung unter Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen ist in der ÖNORM B 4710-1 geregelt. Die ÖNORM EN 12620, die auf nationaler Ebene durch die ÖNORM B 3131 umgesetzt ist, definiert die Eigenschaften der rezyklierten Gesteinskörnungen, die als Zuschlag

[84] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[85] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[86] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

in der Betonherstellung Anwendung finden. Die bautechnischen Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen gemäß den Vorschriften der ÖNORM EN 12620 sind in der ÖNORM B 3140 festgehalten. In Tab. 7 sind für rezyklierte Gesteinskörnungen, die für die Betonherstellung angedacht sind, die Materialbezeichnungen und die zugehörigen stofflichen Zusammensetzungen aufgezeigt.[87]

Material-bezeichnung	Beispiel	Kategorien nach Bestandteilen					
		Rc	*Rc* +*Ru*	*Rb*[a]	*Ra*	*X* + Rg	*FL*
RB-A1	sortenreiner Beton-bruch, z. B. im Fertig-teilwerk, Beton-straßen	Rc_{90}	Rcu_{95}	Rb_{NR}	Ra_{1-}	XRg_{1-}	$FL_{0,2-}$
RB-A2	Betonbruch	Rc_{90}	Rcu_{NR}	Rb_{NR}	Ra_{10-}	XRg_{1-}	FL_{2-}
RG-A3[b]	wiederaufbereitete, natürliche Gesteins-körnungen, z. B. gebrochener Gleis-schotter	Rc_{NR}	Rcu_{95}	Rb_{NR}	Ra_{5-}	XRg_{1-}	$FL_{0,2-}$
RH-B	aufbereiteter Hoch-bausplitt (mindestens 50 % Betonanteile)	Rc_{50}	Rcu_{70}	Rb_{30-}	Ra_{5-}	XRg_{1-}	FL_{2-}
RMH-C	aufbereitete minera-lische Hochbaurest-masse	Rc_{NR}	Rcu_{NR}	Rb_{NR}	Ra_{10-}	XRg_{1-}	FL_{2-}

[a] Masseanteil von glasierter Keramik höchstens 5 %
[b] Masseanteil von *Ru* mindestens 50 %

Tab. 7: Kategorien für die Bestandteile von rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 12620[88]

2.3.4.3 Rezyklierte Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 13242 und ÖNORM B 3132

In Abhängigkeit vom bautechnischen Verwendungsbereich sind die rezyklierten Gesteinskörnungen in Güteklassen unterteilt. Der wesentliche Unterschied liegt in der stofflichen Zusammensetzung.[89]

„a) Güteklasse S

Dabei handelt es sich um frostsichere und frostbeständige, rezyklierte Gesteinskörnungen mit erhöhtem Widerstand gegen Zertrümmerung für den Ingenieur-, Eisenbahn- und Straßenbau, wie z. B. obere ungebundene Tragschichten im Straßenbau, oder zur Erzeugung von mit Bindemittel stabilisierten Tragschichten.

b) Güteklasse I

[87] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[88] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[89] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

3/4 Korngemische: Dabei handelt es sich um frostsichere und frostbeständige, rezyklierte Gesteinskörnungen für den Ingenieur-, Eisenbahn- und Straßenbau, wie z.B. obere ungebundene Tragschichten im Straßenbau, oder zur Erzeugung von mit Bindemittel stabilisierten Tragschichten.

3/4 Korngruppen: Dabei handelt es sich um Recyclingkörnungen mit einem geringen Über- und Unterkornanteil sowie einem geringen Anteil an artfremden Stoffen.

c) Güteklasse II

3/4 Korngemische: Dabei handelt es sich um frostsichere und frostbeständige, rezyklierte Gesteinskörnungen für den Ingenieur-, Eisenbahn- und Straßenbau mit einer höheren Bandbreite in der Zusammensetzung, wie z. B. für untere ungebundene Tragschichten im Straßenbau, ungebundene Tragschichten und mit Bindemittel stabilisierten Tragschichten.

3/4 Korngruppen: Dabei handelt es sich um Recyclingkörnungen mit einem geringen Über- und Unterkornanteil sowie einem etwas höheren Anteil an artfremden Stoffen.

d) Güteklasse III

3/4 Korngemische: Dabei handelt es sich um rezyklierte Gesteinskörnungen für den Ingenieur-, Eisenbahn- und Straßenbau, wie z.B. für mit Bindemittel stabilisierten Tragschichten sowie Schüttmaterialien für Straßenbau, Parkplätze, Lärmschutzwälle, Auffüllungen, Künettenverfüllungen und Untergrundverbesserungen.

3/4 Korngruppen: Dabei handelt es sich um Recyclingkörnungen mit einem höheren Über-und Unterkornanteil sowie einem etwas höheren Anteil an artfremden Stoffen.

e) Güteklasse IV

3/4 Korngemische: Dabei handelt es sich um rezyklierte Gesteinskörnungen für den Ingenieur-, Eisenbahn- und Straßenbau mit den geringsten bautechnischen Anforderungen, wie z.B. für mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten sowie Schüttmaterialien für Straßenbau, Parkplätze, Lärmschutzwälle, Auffüllungen, Künettenverfüllungen, Untergrundverbesserungen.

3/4 Korngruppen: Dabei handelt es sich um Recyclingkörnungen mit einem höheren Über- und Unterkornanteil sowie einem etwas höheren Anteil an artfremden Stoffen."[90]

Die ÖNORM EN 13242, die auf nationaler Ebene durch die ÖNORM B 3132 umgesetzt ist, definiert die Eigenschaften der rezyklierten Gesteinskörnungen, die im Straßen- und

[90] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

Ingenieurbau als ungebundene und hydraulisch gebundene Schicht Anwendung finden. Die bautechnischen Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen gemäß den Vorschriften der ÖNORM EN 13242 sind in der ÖNORM B 3140 festgehalten. In Tab. 8 sind die Recycling-Baustoffe und die zugehörigen stofflichen Zusammensetzungen aufgezeigt.[91]

Recyclingbaustoff[a]	U-Klasse	*Rc*	*Rc* + *Ru* + *Rg*	*Rb*[b]	*Ra*	*Rg*	*X*	*FL*
RA I	–	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{95}	Rg_{2-}	X_{1-}	FL_{5-}
RA II	–	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{80}[c]			
RA III	–	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{80}[c]			
RA IV	–	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{80}			
RB S, RB I	U1 bis U5	Rc_{90}[d]	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RB II	U6 bis U8	Rc_{90}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RB III	U9 und U10	Rc_{90}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RB IV	U11	Rc_{70}[e]	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RM S[f,g,h], RM I[f,g,h]	U1 bis U5	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RM II[f,g]	U6 bis U8	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{NR}			
RM III[f]	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{NR}			
RM IV[f]	U11	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{30-}	Ra_{NR}			
RG S[h,i], RG I[h,i]	U1 bis U5	Rc_{NR}	$Rcug_{50}$	Rb_{NR}	Ra_{NR}			
RG II[i]	U6 bis U8	Rc_{NR}	$Rcug_{50}$	Rb_{10-}	Ra_{NR}			
RG III[i]	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{50}$	Rb_{10-}	Ra_{NR}			
RG IV[i]	U11	Rc_{NR}	$Rcug_{50}$	Rb_{30-}	Ra_{NR}			
RAB I[j]	U3 bis U5	Rc_{50}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{40}			
RAB II[k]	U6 bis U8	Rc_{50}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{30}			
RAB III[k]	U9 und U10	Rc_{50}	$Rcug_{NR}$	Rb_{10-}	Ra_{30}			
RAB IV	U11	Rc_{50}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{30}			
RMH III	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{10-}			
RMH IV	U11	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}	Ra_{10-}			
RZ III	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	$Rb_{angegeben}$[l]	Ra_{5-}			
RHZ III	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{NR}[m]	Ra_{5-}			
RH III	U9 und U10	Rc_{NR}	$Rcug_{NR}$	Rb_{30-}	Ra_{5-}			
RS III	ist nicht zu deklarieren							

a *Rg* + *X*: maximal 1 % der Masse
b Masseanteil von höchstens 5 % glasierter Keramik
c Masseanteil von mindestens 90 %
d Masseanteil von mindestens 95 %
e Masseanteil von mindestens 80 %
f Masseanteil *Rc* + *Ra* von mindestens 50 %
g Masseanteil *Ra* höchstens 50 %
h Masseanteil *Rc* + *Ra* + *Ru* von mindestens 95 %
i Masseanteil *Ru* von mindestens 50 %
j Masseanteil *Rc* + *Ra* von mindestens 95 %
k Masseanteil *Rc* + *Ra* von mindestens 90 %
l Masseanteil von mindestens 85 %
m Masseanteil von mindestens 30 %

Tab. 8: Kategorien für die Bestandteile von rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 13242[92]

[91] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[92] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

2.3.4.4 Kennzeichnung von rezyklierten Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 12620

Für die gemäß ÖNORM EN 12620 hergestellten rezyklierten Gesteinskörnungen setzt sich die Kennzeichnung aus folgenden Bestandteilen zusammen:[93]

„– der Materialbezeichnung,

– der Korngröße d/D und

– der entsprechenden Qualitätsklasse.

BEISPIEL Eine rezyklierte Gesteinskörnung der Korngruppe 4/16 mit einem Masseanteil von 50 % Gestein und Beton und der Qualitätsklasse H-B wird wie folgend gekennzeichnet:

RG-A3, 4/16, H-B“[94]

2.3.4.5 Kennzeichnung von rezyklierten Gesteinskörnungen nach ÖNORM EN 13242

Für die gemäß ÖNORM EN 13242 hergestellten rezyklierten Gesteinskörnungen setzt sich die Kennzeichnung aus folgenden Bestandteilen zusammen:

„– der Materialbezeichnung,

– der Korngröße d/D und

– der anwendungsspezifischen Bezeichnung (Güteklasse bzw. U-Klasse) und

– der entsprechenden Qualitätsklasse.

BEISPIEL Eine rezyklierte Gesteinskörnung der Korngruppe 0/32, der Güteklasse II. der U-Klasse U6 und der Qualitätsklasse U-A wird wie folgend gekennzeichnet:

RB II 0/32, U6, U-A“[95]

[93] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[94] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).
[95] ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton).

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

3 Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Der Zweck dieses Kapitels ist es, einen Überblick über derzeit in Österreich eingesetzte Technologien und Verfahren, angefangen beim Rückbau von Bauwerken bis hin zur Aufbereitung der gewonnenen Baurestmassen sowie dem Einsatz der erzeugten Recycling-Baustoffe, zu geben. Dem Recycling von Baurestmassen kommt in unserer ständig wachsenden Gesellschaft eine immer wichtigere Bedeutung zu. Das größte Potential liegt in der Herstellung von Recycling-Baustoffen aus mineralischen Abfallströmen wie Betonabbruch, Bauschutt und Straßenaufbruch, da diese mengenmäßig mit Abstand die größte Fraktion bilden. Deshalb wird folgend auch nur auf die Fraktion der mineralischen Baurestmassen eingegangen.

3.1 Rückbau von Bauwerken

Mit dem Inkrafttreten der RBV im Jahr 2016 wurde der Rückbau für Bauwerke, bei denen über 750t Bau- und Abbruchabfälle anfallen, verpflichtend. Für Bauwerke, die höchstens 750t Bau- und Abbruchabfälle generieren, wird der Rückbau empfohlen.[96]

Die Vorteile gegenüber dem konventionellen Abbruch (Demolierung), sprich einem Abbruch mit der Abrisskugel ohne Trennung nach Abfallfraktionen, liegen auf der Hand. Aus ökologischer Sicht ist es das Primärziel, einen möglichst großen Anteil der Bausubstanz wiederzuverwenden oder stofflich zu verwerten. Dies wird hauptsächlich vom Absatzmarkt sowie von den anfallenden Rückbaukosten beeinflusst. Das Hauptmerkmal des Rückbaus ist eine Abtrennung von Schad- und Störstoffen sowie eine Entkernung des Bauwerks, d.h. das Entfernen der nicht tragenden Bauteile, vor dem maschinellen Rückbau. Dies garantiert eine hohe Sortenreinheit der anfallenden Baurestmassen und damit einhergehend eine hohe Wiederverwendungs- und Wiederverwertungsquote. Nachteilig zu erwähnen ist der deutlich höhere Platzbedarf für die getrennte Abfallsammlung. Der Bauherr hat entsprechende Flächen für die Manipulation zur Verfügung zu stellen. Gerade im städtischen Bereich ist dies oft nur mit einem erheblich höheren logistischen Aufwand zu bewerkstelligen.[97]

[96] § 5 RBV, BGBl II 2015/181 idgF.

[97] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 32f.

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

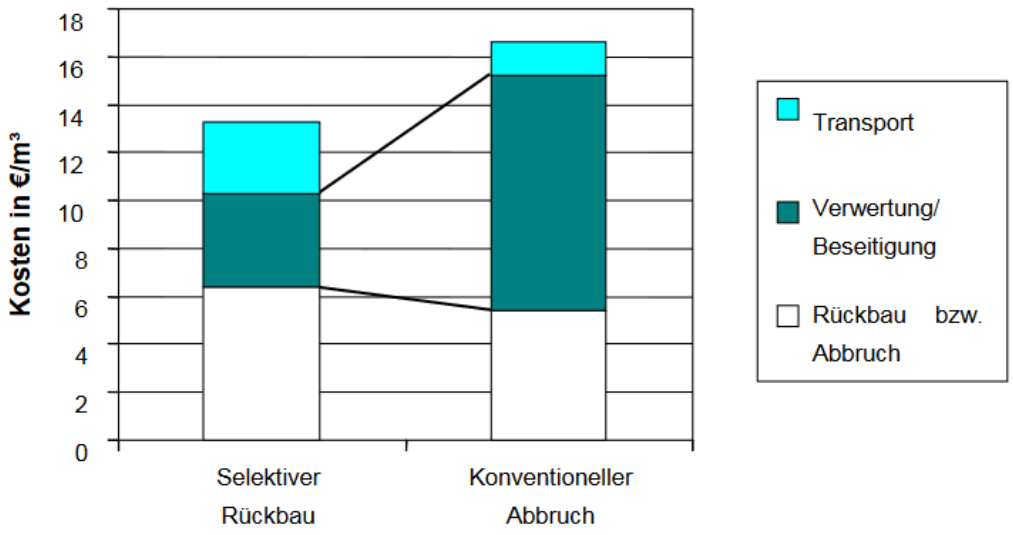


Abb. 7: Gegenüberstellung der spezifischen Kosten zwischen Abbruch und Rückbau[98]

Aus wirtschaftlicher Perspektive bringt der Rückbau bei entsprechend hohen Verwertungs- und Entsorgungskosten für Baurestmassen für den Bauherren gegenüber dem konventionellen Abbruch ebenfalls Vorteile mit sich (siehe Abb. 7). Der Rückbau an sich ist aufgrund des erhöhten Planungsaufwandes und des intensiveren Personal- und Geräteeinsatzes sowie der längeren Demontagedauer kostenintensiver als der konventionelle Abbruch. Jedoch darf dieser Schritt nicht separat betrachtet werden, sondern muss als Teil des kompletten Abbruch-, Sortierungs-, Aufbereitungs- und Entsorgungsprozesses angesehen werden. Aufgrund der hohen Sortenreinheit der Baurestmassen können gewisse Arbeitsschritte bei der Sortierung und Aufbereitung eingespart werden und qualitativ hochwertigere Recycling-Baustoffe hergestellt werden. Somit ist die entscheidende Frage nach der Wirtschaftlichkeit des Rückbaus einfach zu beantworten. Die anfallenden Mehrkosten beim Rückbau sowie beim Transport müssen von den Einsparungen bei Entsorgungs- und Verwertungskosten kompensiert bzw. überkompensiert werden können.[99]

3.2 Baurestmassenaufbereitung - Herstellung von Recycling-Baustoffen

Die aus dem Rückbau anfallenden mineralischen Bau- und Abbruchabfälle werden im nächsten Schritt in Aufbereitungsanlagen behandelt. Prinzipiell findet die Ausschleusung von Schad- und Störstoffen, um Recycling-Baustoffe hoher Qualität herzustellen, bereits während des

[98] Schuhmann F.: Recyclinggerechte Gewinnung von Baurestmassen durch selektiven Gebäuderückbau in Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe - 4. Weimarer Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft (1996), 16.
[99] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 32f.

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

Bauwerksrückbaus statt. Daher besteht die Aufbereitung eigentlich nur mehr aus einer technischen Konditionierung. Darunter versteht man etwa das Einstellen der Sieblinie oder das Abtrennen der Feinanteile. Praktisch verhält sich die Sachlage etwas anders. Oft passiert die Entfernung der Schad- und Störstoffe erst direkt in der Behandlungsanlage.[100]

3.2.1 Behandlungsanlagen

In Österreich lassen sich die Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen in verschiedene Kategorien einteilen. Kriterien dafür sind unter anderem die regionalen und bundesländerspezifischen Vorgaben. Bezüglich der Örtlichkeit unterscheidet man stationäre und mobile (semimobile) Behandlungsanlagen. Hinsichtlich der Spezialisierung auf gezielte Input-Materialien gibt es eine Unmenge an Anlagenformen, die hier aber nicht explizit unterschieden werden. Beispiele für Anlagen, in welchen Baurestmassen direkt, oder Recycling-Baustoffe teilweise verwertet werden können, sind Mischanlagen für Asphalt, Anlagen für die Klinkerherstellung in der Zementindustrie oder Beton- und Substratmischanlagen.[101]

3.2.1.1 Stationäre Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen

In Österreich gibt es 154 stationäre Aufbereitungsanlagen (Stand 2018). Unter dem Terminus *stationär* verstehen sich gänzlich ortsfeste Anlagen, die an ein und demselben Standort über einen längeren Zeitraum betrieben werden. In Wien sind sieben Anlagen angesiedelt, was auf die geringen Platzkapazitäten zurückzuführen ist. Die Dichte an Behandlungsanlagen im Großraum um Wien ist dafür dementsprechend hoch.[102]

[100] Bernhardt A. et al: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich (2019), 42.
[101] Bernhardt A. et al: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich (2019), 43.
[102] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 119f.

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

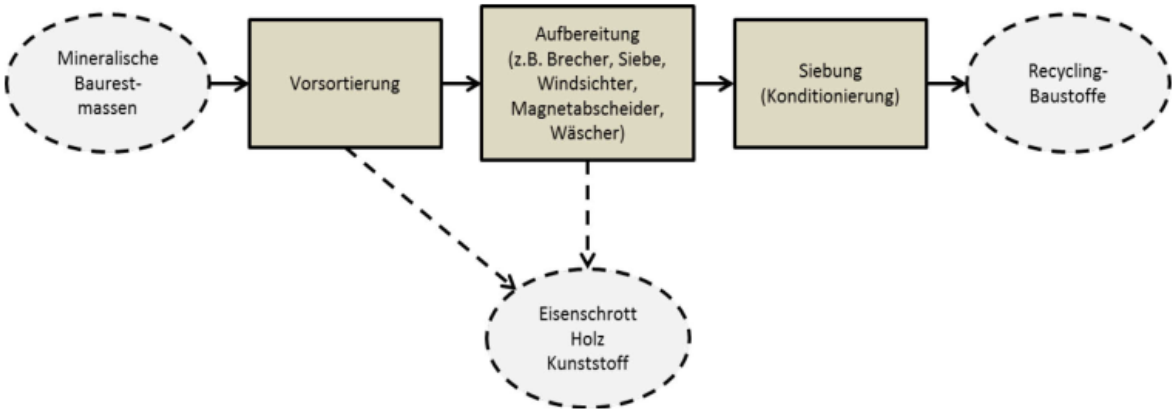


Abb. 8: Aufbau von stationären Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen[103]

Wie in Abb. 8 ersichtlich, verfügen die stationären Behandlungsanlagen zumeist über mehrere Module, die in beliebiger Reihenfolge hintereinander geschaltet werden können. Die Aufbereitung in mehreren Verfahrensschritten garantiert eine entsprechend qualitativ hochwertige technische Konditionierung der Recycling-Baustoffe.[104]

3.2.1.2 Mobile Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen

Des Weiteren waren im Jahr 2018 neben den stationären Anlagen 773 mobile Anlagen für die Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen im Einsatz. Unter dem Terminus *mobil* verstehen sich Anlagen, die an diversen Standorten jeweils für maximal sechs Monate in Betrieb sind. Der Einsatz über Bundeslandgrenzen hinaus ist teilweise möglich. Die Anzahl der Module ist bei den mobilen Behandlungsanlagen verglichen mit den stationären Anlagen geringer. Sie bestehen zumeist aus einem mobilen Brecher oder aus mobilen Sieben. Die Anlagen kommen entweder direkt auf der Baustelle oder auf entsprechenden Aufbereitungsflächen zum Einsatz. Es gibt eine Vielzahl von Betreibern mobiler Anlagen, die mehrere Aufbereitungsflächen an teilweise verschiedenen Örtlichkeiten besitzen.[105]

[103] Bernhardt A. et al: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich (2019), 43.
[104] Bernhardt A. et al: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich (2019), 43.
[105] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020, 119f.

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

3.2.2 Aufbereitungsverfahren

In diesem Unterkapitel werden die einzelnen Schritte, die beim Aufbereitungsprozess von mineralischen Baurestmassen erforderlich sind, erläutert und die dafür eingesetzten Maschinen und Komponenten vorgestellt. In Abhängigkeit von der gewünschten Qualität des Recycling-Baustoffs kann der Aufbereitungsprozess in seiner Komplexität stark variieren und sich die Behandlungsanlagen hinsichtlich ihrer Module deutlich unterscheiden. Grundsätzlich hat die Aufbereitungsanlage aber drei Funktionen zu erfüllen. Dazu zählen die Zerkleinerung der mineralischen Baurestmassen, die Abscheidung von Fremdstoffen und die Klassierung mittels Siebung in die gewünschten Kornklassen.[106]

3.2.2.1 Zerkleinerung

Bei der Produktion von Recycling-Baustoffen stellt der Schritt der Zerkleinerung des Inputmaterials einen Schlüsselprozess dar. Die Zerkleinerung ist vor allem für die technischen Materialeigenschaften der Recycling-Baustoffe entscheidend. Weitere Anforderungen bestehen hinsichtlich Materialdurchsatz und Verschleiß. Je nach Komplexität der Anlage kann der Zerkleinerungsprozess ein- oder mehrstufig sein. Kommen bei mobilen Anlagen zumeist einstufige Verfahren zum Einsatz, werden stationäre Anlagen in der Regel mit zweistufigen Zerkleinerungsmodulen ausgestattet, um ein exakteres Kornspektrum zu erreichen. Bei der Zerkleinerung kommen Brecher zur Anwendung, deren Technik bereits seit Jahrzehnten im Bergbau eingesetzt wird. Die Zerkleinerungsaggregate lassen sich je nach Art der Zerkleinerung in Backen-, Schlagwalzen- und Prallbrecher unterscheiden.[107]

- Backenbrecher

Der Backenbrecher wird vorwiegend als Primärbrechstufe in der Zerkleinerung von mineralischen Baurestmassen eingesetzt. Die Arbeitsweise des Backenbrechers beansprucht das Inputmaterial vor allem auf Druck. Die Vorteile liegen in der hohen Robustheit und dem einfachen Austausch der Verschleißteile. Weiters liefert der Backenbrecher ein sehr gleichmäßiges Korn mit geringen Feinanteilen bei geringen Betriebskosten.[108]

[106] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 53.
[107] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 58.
[108] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 73.

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

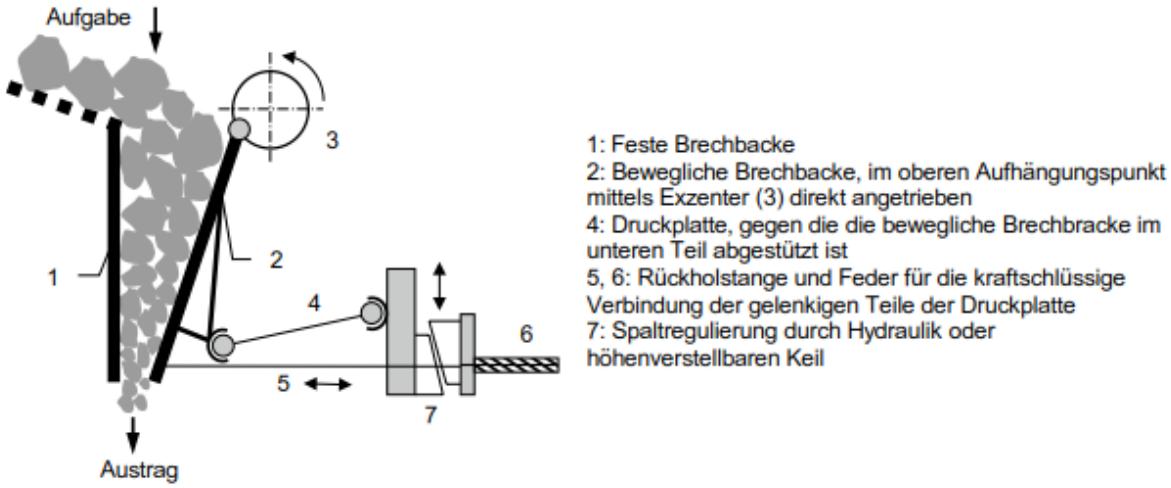


Abb. 9: Prinzipskizze eines Backenbrechers[109]

- Schlagwalzenbrecher

Der Schlagwalzenbrecher besteht grundsätzlich aus einer Schlagwalze und einem Kettenförderer und wird meist alternativ zum Backenbrecher als Primärbrechstufe in der Zerkleinerung vor allem von großen Stahlbetonteilen verwendet. Bei diesem Verfahren wird das Material mit einem ebenerdigen Kettenförderer, welcher als Wiederlager beim Brechvorgang dient, einer rotierenden Schlagwalze zugeführt. Der größte Vorteil dieses Brechers ist die zweifache Verwendung des horizontalen, umlenkungsfreien Kettenförderers, der sowohl als Aufgabe- als auch Austragsförderer genutzt wird. Das Resultat ist ein Brecher in einer äußerst kompakten Bauweise und mit sehr großen Durchsatzleistungen.[110]

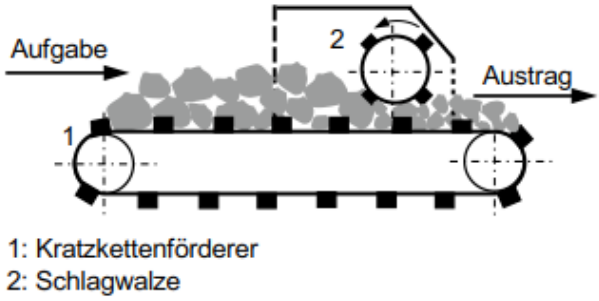


Abb. 10: Prinzipskizze eines Schlagwalzenbrechers[111]

[109] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 74.
[110] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 77-79.
[111] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 79.

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

- Prallbrecher

Der Prallbrecher stellt im Baurestmassenrecycling den am häufigsten eingesetzten Brechertyp dar. Da der Verschleiß und folglich die Betriebskosten deutlich höher als z.B. beim Backenbrecher sind, findet der Prallbrecher Anwendung als Sekundärbrechstufe in stationären Behandlungsanlagen sowie bei einstufigen Anlagen. Die Arbeitsweise des Prallbrechers basiert, wie der Name schon verrät, auf dem Prinzip der Zerkleinerung durch Prall. Das Material wird durch einen schnelllaufenden Rotor beschleunigt und prallt auf die Prallplatten. Dabei entstehen Spannungsspitzen im Material und es kommt an den Schwachstellen zum Bruch. Die Vorteile sind ein hoher Zerkleinerungsgrad und ein qualitativ hochwertiges kubisch rissfreies Endprodukt. Bei Stahlbeton-Baurestmassen wird die Bewehrung komplett vom Beton freigeschlagen. Weiters kann die Kornlinie bei diesem Brechertyp sehr gut reguliert werden.[112]

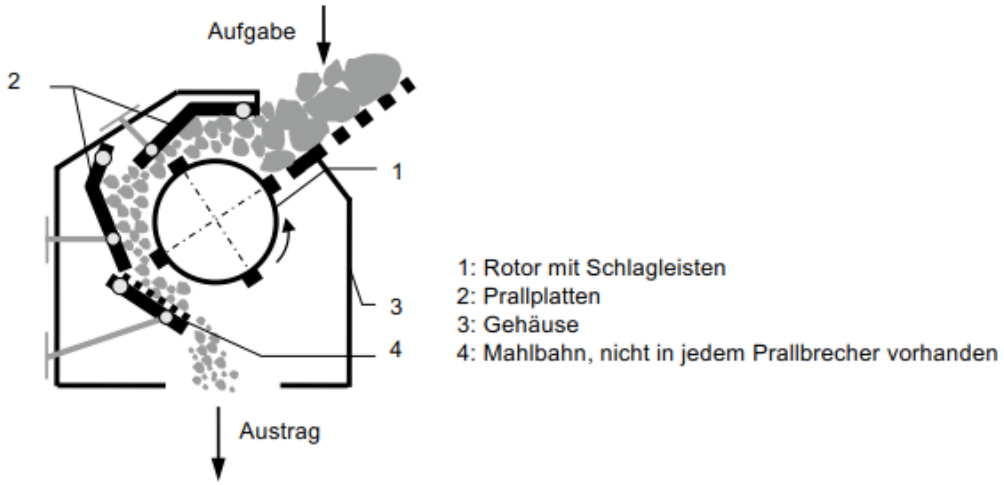


Abb. 11: Prinzipskizze eines Prallbrechers[113]

3.2.2.2 Abtrennen von Fremdstoffen

Um Recycling-Baustoffe entsprechend hoher Qualität herzustellen, ist es unerlässlich, Fremd-, Stör- und Wertstoffe während der Aufbereitung vom mineralischen Materialstrom zu trennen. Dies garantiert die Sortenreinheit des Endprodukts und daraus resultierend eine entsprechend hohe Einstufung bzgl. der Umweltqualitätsklasse der Recycling-Baustoffe. Der Rückbau alleine ist für eine einwandfreie Recycling-Baustoff-Qualität meist nicht ausreichend. Neben der Sortierung, die nach wie vor großteils per Hand erfolgt, kommen Magnetabscheider, Windsichter oder die Nassaufbereitung zum Einsatz. Die unterschiedlichen Verfahren machen

[112] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 73f.
[113] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 74.

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

sich für die Abtrennung die physikalischen Eigenschaften der diversen Fremdstoffe zunutze. Es folgt eine genaue Beschreibung der unterschiedlichen Verfahren zur Abtrennung von Fremdstoffen:[114]

- Magnetscheider

Der Magnetscheider dient dazu die während des Brechvorgangs gelösten Metalle (Bewehrungsstahl, Kleineisenteile, etc.) aus dem aufgebrochenen Material zu entfernen. Dabei bedient er sich der ferromagnetischen Eigenschaft der Metalle. Elektro- oder Permanentmagneten sorgen für das erforderliche magnetische Feld. Diese Technologie ist österreichweit sowohl in mobilen als auch in stationären Anlagen Stand der Technik. Grund dafür sind nicht nur die höhere Qualität der Recycling-Baustoffe und die zusätzlichen Erlöse aus dem Wertstoffverkauf des abgetrennten Eisens, sondern auch der Schutz der nachgeschalteten Anlagenmodule, was wiederum zu geringeren Verschleißkosten führt. Das Bruchgut wird mit einem Förderband bewegt. Im Baurestmassenrecycling werden zumeist mit einem Überbandmagneten die magnetisierbaren Stoffe aus dem Materialstrom herausgehoben und abgeschieden. Für die Auslegung des Magnetscheiders ist die Anbringungshöhe über dem Förderband sowie die Stärke des Magnetfeldes ausschlaggebend. Eine weitere aber untergeordnete Bauart stellt der Trommelmagnetscheider dar.[115]

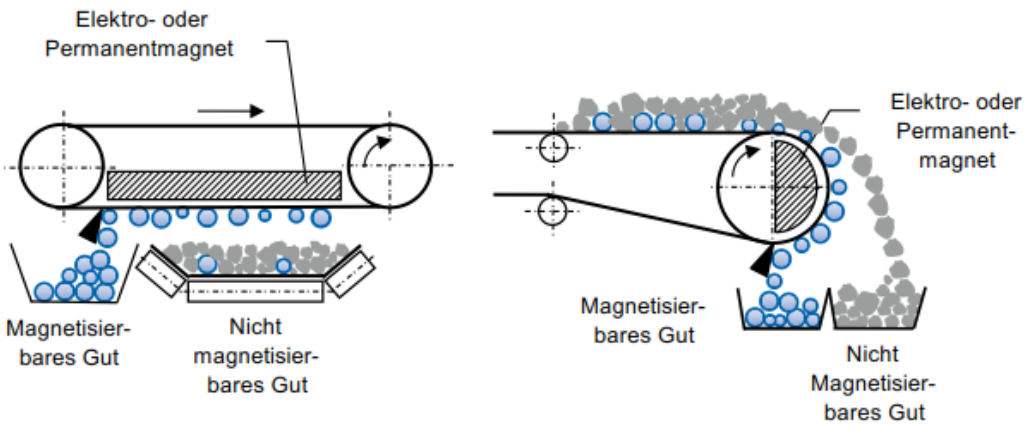


Abb. 12: Prinzipskizze eines Überbandmagnetscheiders (links) und eines Trommelmagnetscheiders (rechts)[116]

[114] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 64.
[115] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 64; Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 122.
[116] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 122.

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

- Trockenaufbereitung - Windsichter

Als Trockenverfahren im Recycling von mineralischen Baurestmassen hat sich in Österreich die Windsichtung durchgesetzt. Jedoch ist sie bei weitem noch nicht flächendeckend verbreitet. Der Windsichter kommt für die Abtrennung der Leichtfraktion von der mineralischen Fraktion sowohl in stationären als auch in mobilen Behandlungsanlagen zum Einsatz. Dabei wird der Dichteunterschied zwischen den unterschiedlichen Materialien ausgenutzt, um diese voneinander zu trennen. Für die Abtrennung wird Luft als Trennmedium eingesetzt. Die geometrische Form hat neben dem spezifischen Gewicht erheblichen Einfluss auf die Windsichtung. Ebenfalls von Bedeutung ist der Feuchtigkeitsgehalt im Materialstrom. Eine gute Abtrennung kann nur bei entsprechend trockenem Material garantiert werden. Weiters ist die Feinfraktion 0/4-8 mm vorab abzutrennen, um eine Überfrachtung der Filteranlage zu verhindern. Bei günstiger Beschaffenheit des Materials kann eine Trennschärfe von 95% erreicht werden. Zur Leichtfraktion zählen Materialien wie Dämmstoffe, Holz, Papier, Kunststoffe oder Porenbeton. Besonders bei ungünstig geformten Störstoffen wie z.B. spanförmige Holzteile stößt das Verfahren an seine Grenzen. Die Windsichter können in verschiedene Bauweisen unterteilt werden. Die wichtigsten sind die Gegenstrom- und die Querstromwindsichtung, wie in Abb. 13 dargestellt.[117]

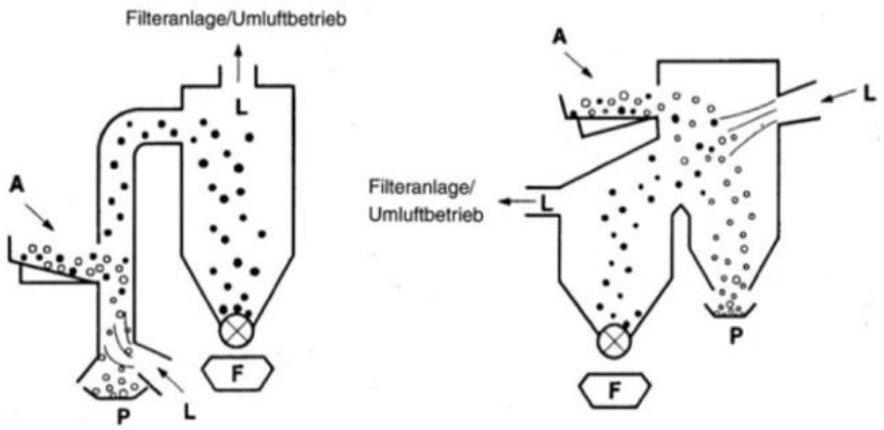


Abb. 13: Prinzipskizze der Gegenstromwindsichtung (links) und der Querstromwindsichtung (rechts)[118]

[117] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 64f.
[118] Bilitewski B.: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft: Recyclinggerechter Baustellenbetrieb - kontrollierter Rückbau - Aufbereitung, Einsatz und Vermarktung von Recyclingbaustoffen (1995), 48.

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

- Nassaufbereitung

Bei der Nassaufbereitung wird das aufzubereitende Material mit einer Flüssigkeit in Verbindung gebracht, um Fraktionen voneinander zu trennen. Im Baustoffrecycling handelt es sich bei der verwendeten Flüssigkeit um Wasser. Dieses Medium eignet sich neben der Abtrennung der Leichtfraktion optimal für die Abscheidung organischer Anteile. Die Nassaufbereitung arbeitet mit dem Dichteunterschied der Fraktionen und mit der daraus resultierenden Sedimentationsgeschwindigkeit. Diese ist abhängig vom Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Folgend werden die möglichen Verfahren in der Nassaufbereitung von Baurestmassen ausführlich erläutert.[119]

Schwimm-Sink-Sortierung

Bei diesem Verfahren wird das aufzubereitende Material in ein Gemisch aus Wasser und Feinanteilen, die sogenannte Trübe, aufgegeben. Die spezifisch schwereren Bestandteile setzen sich am Beckenboden ab, die leichteren schwimmen auf. Kornform und -größe spielen dabei keine Rolle. Technische Realisierung findet die Schwimm-Sink-Sortierung durch Schrägabscheider oder Leichtstoffabscheider verschiedener Bauart (siehe Abb. 14). Bei allen Bauarten ist der Schwergutaustrag über der Trübe angeordnet. Da so der Wasseraustrag mit dem Material gering gehalten wird, ist die Notwendigkeit für einen Wasserkreislauf nicht gegeben. Die Zufuhr von Frischwasser dosiert sich nach der ausgetragenen Wassermenge.[120]

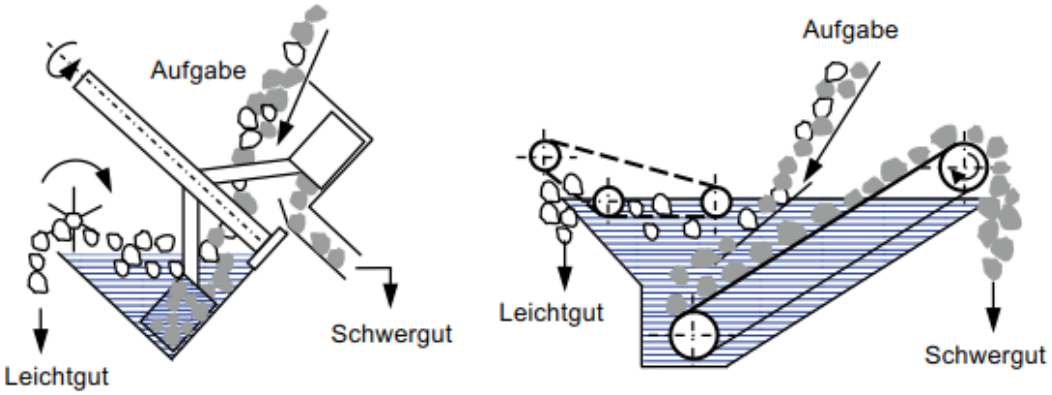


Abb. 14: Prinzipskizze eines Schrägabscheiders (links) und eines Leichtstoffabscheiders mit Schwergutförderband (rechts)[121]

[119] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 68f.
[120] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 111-113.
[121] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 112.

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

Aufstromsortierung

Dieses Verfahren ähnelt der Schwimm-Sink-Sortierung. Der Unterschied liegt darin, dass eine durch einen Aufstrom erzeugte Widerstandskraft das Aufschwimmen und den Austrag der leichten Bestandteile zusätzlich unterstützt. Der Aufstrom wird durch die Zugabe von Prozesswasser erzeugt. Ein Teil davon wird gemeinsam mit den Leichtstoffen ausgetragen. Diese Variante erfordert eine Aufbereitung des Prozesswassers. Nach der Aufbereitung kann dieses wieder verwendet werden. Technische Realisierung findet die Aufstromsortierung durch den Schnecken-Aufstromsortierer oder die Hydrotrommel (siehe Abb. 15).[122]

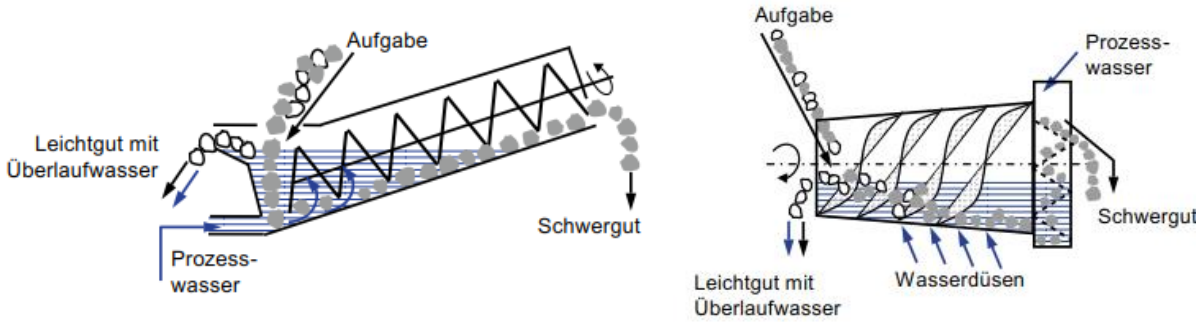


Abb. 15: Prinzipskizze eines Schnecken-Aufstromsortierers (links) und einer Hydrotrommel (rechts)[123]

Filmschichtsortierung

Dieses Sortierverfahren wird unter der Verwendung eines Hydrobandscheiders, auch als „Aquamotor“ bekannt, durchgeführt (siehe Abb. 16). Hauptbestandteil ist ein gemuldetes Förderband. Das aufzubereitende Material wird mit Wasser auf dieses aufgegeben und ein Trennwaschbett bildet sich aus. Die leichten Bestandteile bewegen sich mit dem Prozesswasser gemeinsam in Strömungsrichtung fort, wohingegen die schweren Bestandteile vom Transportband in die entgegengesetzte Richtung ausgetragen werden. Unterschieden wird zwischen Sortieranlagen für feine und grobe Gesteinskörnungen. „Sandaquamotoren“ stehen „Kies/Splittaquamotoren“ gegenüber. Das aufzubereitende Material hat lediglich eine Verweilzeit im Hydrobandscheider von ein paar Sekunden. Neben der Abtrennung der Leichtfraktion ist dieses Verfahren besonders für das Abscheiden der organischen Anteile gut geeignet.[124]

[122] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 113f.
[123] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 113.
[124] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 115f.

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

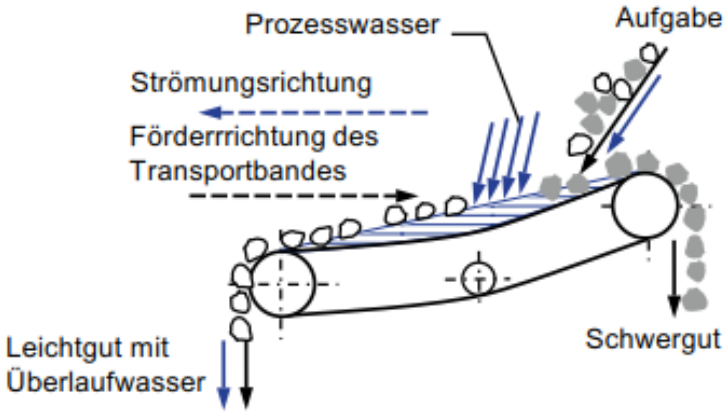


Abb. 16: Prinzipskizze eines Hydrobandscheiders[125]

Setzsortierung

Das aufzubereitende Material wird in ein Setzbett aufgegeben. Ein pulsierender Aufstrom sorgt bei der Setzsortierung für eine Beschleunigung der leichten Bestandteile in Flussrichtung und zeitgleich für ein Absinken der schwereren Bestandteile entgegen der Flussrichtung. Resultat ist eine dichteabhängige Schichtung des Materials. Der Austrag des Leichtgutes erfolgt oberflächlich über einen Wehr. Im unteren Teil des Setzbettes wird das Schwergut abgezogen. Entscheidenden Einfluss auf den Setzvorgang haben neben den Materialeigenschaften Dichte, Kornform und -größe auch die Prozessparameter wie Höhe des Setzbettes, Fluidviskosität, Hubhöhe, Hubfrequenz etc. Über die Prozessparameter wird der Setzvorgang gesteuert.[126]

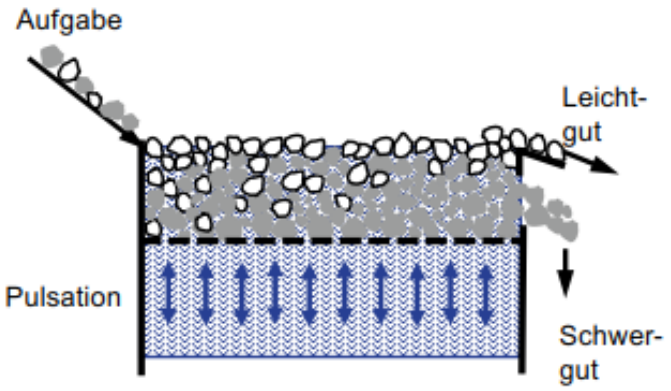


Abb. 17: Prinzipskizze des Setzvorganges[127]

[125] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 115.
[126] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 116f.
[127] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 116.

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

In der Praxis hat sich die Trockenaufbereitung durchgesetzt. Hauptverantwortlich dafür sind die höheren Kosten, die aufgrund der Wiederaufbereitung des Prozesswassers bzw. für die Abwasserreinigung anfallen. Dennoch liegt sehr großes Potential in der Nassaufbereitung. Generell hat sich herausgestellt, dass die Trockenaufbereitung von Baurestmassen hinsichtlich der Produktqualität mit der Nassaufbereitung nicht mithalten kann. Vor allem die steigenden Anforderungen an die hergestellten Recycling-Baustoffe und der höherwertige Einsatz, z.B. als rezyklierter Zuschlagsstoff in der Betonherstellung, stimmen positiv, dass bereits in naher Zukunft vermehrt auf diese Technologie zurückgegriffen wird.[128]

- Sortierung

Die Sortierung in der Baurestmassenaufbereitung wird nach wie vor überwiegend per Hand durchgeführt. Zumeist werden größere Störstoffe in Handlesestationen abgetrennt und in die dafür aufgestellten Behälter abgeworfen. Diese Stationen sind vor oder nach der Brechstufe situiert. Voraussetzung ist die Absiebung der feinen Körnungen. Auf einem Sortierband mit ausreichender Breite wird das Grobgut vereinzelt, damit die Störstoffe entnommen werden können.[129]

Alternativ zur Handauslese können Sortierroboter die manuelle Arbeit am Sortierband übernehmen. Der Roboter wird über einen Touchscreen gesteuert. Dabei wird das Bildmaterial von einer Kamera auf den Bildschirm übertragen und der Bediener markiert nur noch die zu entfernenden Stoffe. Diese Technologie findet aktuell in der Aufbereitung von Baurestmassen aus Kostengründen keine Anwendung.[130]

3.2.2.3 Klassierung/ Siebung

Die Klassierung ist die Einteilung des Eingangsmaterials oder der Produkte mittels Siebe in Kornklassen.[131]

[128] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 71.
[129] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 63; Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 107.
[130] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 71f; Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 107.
[131] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 61.

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

- Vorabsiebung

Eine Vorabsiebung der Feinanteile hat den Vorteil, dass auf der einen Seite die Zerkleinerungsaggregate deutlich entlastet werden und auf der anderen Seite der Durchsatz erhöht wird, da dieser Materialanteil nicht durch den Brecher geführt wird. Roste, Vibrations- oder Schwingsiebe kommen zum Einsatz. Eine hohe Widerstandsfähigkeit der Siebe muss gegeben sein, da diese häufig mit großen Materialteilen vom Radlader beschickt werden. Beim Vorabsieben kommt es zumeist zur Abtrennung der Fraktion 0/32 mm. Die Vorabsiebung ist zum heutigen Zeitpunkt Stand der Technik und wird bei sämtlichen stationären sowie größeren mobilen Behandlungsanlagen eingesetzt. Bei Kompaktanlagen wird aus Platzgründen darauf verzichtet.[132]

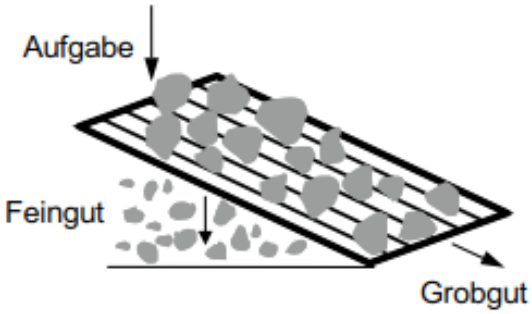


Abb. 18: Prinzipskizze eines festen Rostes[133]

- Nach- oder Produktsiebung

Nach dem Durchlaufen der Brech- und Abtrennmodule wird das Fördergut in die angestrebten Kornklassen aufgeteilt. Das Überkorn wird entweder zurück zum Zerkleinerungsaggregat geführt oder in Abhängigkeit vom Störstoffanteil deponiert. Da die Belastung der Siebe bei der Produktsiebung verglichen mit jener bei der Vorabsiebung deutlich geringer ist, kommen hauptsächlich leistungsstarke Schwingsiebe zur Anwendung. Die bei der Nach- oder Produktsiebung abgetrennten marktüblichen Kornklassen sind die Fraktionen 0/32 mm, 0/63 mm und 32/63 mm.[134]

[132] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 61f.
[133] Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018), 92.
[134] Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010), 61f.

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

3.3 Anwendungsmöglichkeiten für Recycling-Baustoffe

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die möglichen Einsatzgebiete von mineralischen Recycling-Baustoffen geben. Der BRV gibt einen übersichtlichen Zusammenhang zwischen den 10 Recycling-Baustoffen nach der Materialbezeichnung gemäß ÖNORM B 3140 und den zugehörigen Anwendungsmöglichkeiten[135].

Ziegelbruch Herkunft: Ziegelproduktion, Abbruch 	**RZ** Recyclierter Ziegelsand, Recyclierter Ziegelsplitt (vorwiegend Ziegel) 	**Qualitätsbaustoff für** Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton u. Leichtbeton; Stabilisierungen, Drainageschichten, Füllungen, Schüttungen weiters für: – Dachbegrünungen – Landschaftsbau
Hochbau/Ziegelbruch Herkunft: Wohnbau- und Hochbauabbruch 	**RHZ** Recyclierter Hochbauziegelsand Recyclierter Hochbauziegelsplitt (Ziegel [über 30 %] mit z.B. Betonanteil) 	**Qualitätsbaustoff für** Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton u. Leichtbeton; Stabilisierungen, Füllungen, Schüttungen, Estriche
Hochbauabbruch Herkunft: Industriebau- und Allgemeiner Hochbauabbruch 	**RH** Recyclierter Hochbausand Recyclierter Hochbausplitt (Ziegel [unter 30 %] mit z.B. Betonanteil) 	**Qualitätsbaustoff für** stabilisierte Schüttungen, stabilisierte Künettenverfüllungen, Bauwerkshinterfüllungen, Sportplatzbau weiters für: – Sportplätzebau – Landschaftsbau – Land- und forstwirtschaftlichen – Wegebau

[135] https://brv.at/recycling-baustoffe/ (letzter Zugriff 10.01.2021).

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

Mineralische Hochbau-Restmassen

Herkunft: Industriebau- und Allgemeiner Hochbauabbruch

RMH

Recyclierte mineralische Hochbau-Restmassen (Beton, Ziegel, natürliches Gestein)

Qualitätsbaustoff für

Künettenverfüllungen, Hinterfüllungen, Schüttungen, Sportplatzbau-Drainage

Recycling-Sand

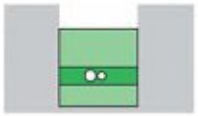
Herkunft: Industriebau- und Allgemeiner Hochbauabbruch

RS

Recycling-Sand

Qualitätsbaustoff für

die Bettung von Energie- und Fernmeldekabeln (Kabelsand), von Leitungsrohren, z.B. von Kanal-, Gas- und Wasserleitungsrohren; sowie für weitere Infrastruktureinrichtungen



Asphaltaufbruch

Herkunft: Straßenbau

RA

Recycliertes gebrochenes Asphaltgranulat (vorwiegend Asphalt)

Qualitätsbaustoff für

ungebundene obere Tragschichten, ungebundene untere Tragschichten, gebundene Tragschichten, landwirtschaftlichen Wegebau, Zuschlagstoff für Asphaltproduktion

Betonabbruch

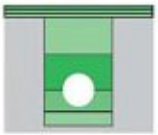
Herkunft: Straßenbau, Brückenbau, Industriebau

RB

Recycliertes gebrochenes Betongranulat (vorwiegend Beton)

Qualitätsbaustoff für

ungebundene obere und untere Tragschichten, zementgebundene Tragschichten, landwirtschaftlichen Wegebau, Zuschlagstoff für Betonproduktion, hochwertiges Künettenfüllmaterial, Drainageschichten



Asphalt/Betonabbruch

Herkunft: Straßenbau, Parkplätze, Brückenbau

RAB

Recycliertes gebrochenes Asphalt/Beton-Mischgranulat (Asphalt und Beton)

Qualitätsbaustoff für

ungebundene obere Tragschichten, ungebundene untere Tragschichten, gebundene Tragschichten, landwirtschaftlichen Wegebau

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

Mineralische Restmassen Herkunft: Straßenbau 	**RM** Recycliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein 	**Qualitätsbaustoff für** ungebundene obere Tragschichten, ungebundene untere Tragschichten, gebundene Tragschichten
Recycliertes Gestein Herkunft: Eisenbahnbau, Straßenbau 	**RG** Recycliertes Granulat aus Gestein, Beton und/oder Asphalt 	**Qualitätsbaustoff für** ungebundene obere Tragschichten, ungebundene untere Tragschichten, gebundene Tragschichten

Tab. 9: Typische Anwendungsmöglichkeiten für Recycling-Baustoffe[136]

Wie aus Tab. 9 hervorgeht, sind die Bereiche für die Anwendung von Recycling-Baustoffen sehr vielfältig. Generell müssen die rezyklierten Gesteinskörnungen zwei KO-Kriterien erfüllen. Auf der einen Seite müssen die technischen Eigenschaften (siehe Kapitel 2.3.4) für die jeweilige Verwertung gegeben sein, sprich die Sekundärprodukte müssen dieselben technischen Voraussetzungen bieten wie die Primärresourcen. Auf der anderen Seite müssen aber auch die umweltrelevanten Qualitätsanforderungen (siehe Kapitel 2.2.4) erfüllt sein, also eine ausreichend hohe Sortenreinheit vorhanden sein.

[136] https://brv.at/recycling-baustoffe/ (letzter Zugriff 10.01.2021).

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

4 Methodik

In diesem Kapitel wird auf die Vorgehensweise beim Erstellen der gegenständlichen Arbeit eingegangen. In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Arbeitsschritte bei der Beantwortung der Forschungsfragen genau beschrieben.

4.1 Abfallwirtschaftliche Analyse an konkreten Abbruchobjekten

Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit dem Abbruch von konkreten Bauwerken aus dem Hochbausektor im Großraum Wien. Aufbauend auf der Datenbasis dieser Abbruchobjekte werden Materialflussanalysen durchgeführt, um der Frage nachzugehen, wie groß der Anteil an Materialien ist, die vor Ort wiedereingesetzt werden und somit nicht in den Entsorgungsnachweisen und der Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfälle aufscheinen. Um eine aussagekräftige Datengrundlage zu erhalten, wurden einige Steakholder kontaktiert und aktuelle Abbruchobjekte ausfindig gemacht. Anhand der Bestandspläne, die nach Antragstellung bei der Servicestelle der Baupolizei der Stadt Wien (MA37) zur Verfügung gestellt wurden, konnten die tatsächlich anfallenden Massen errechnet werden. Deutlich schwieriger gestaltete es sich jedoch, an Entsorgungsnachweise von aktuellen Abbruchobjekten zu gelangen. Weder die Bauherrenseite noch die Seite der ausführenden und prüfenden Unternehmen erklärte sich dazu bereit, entsprechende Entsorgungsnachweise offenzulegen.
Aus diesem Grund wurde auf einen bestehenden Datensatz aus dem Jahr 2013/14 zurückgegriffen, welcher bereits im Zuge der Dissertation von *Kleemann*[137] herangezogen wurde. Als Ausgangspunkt für die gegenständliche Arbeit wurden die von *Kleemann* erstellten Massenermittlungen, welche die Grundlage seiner Dissertation bildeten, verwendet. Diese gliedern sich nach Bauteilen in beispielsweise tragende Wände, Decken oder Dächer und erfolgten geschoßweise. Die tatsächlich anfallenden Massen wurden anhand vorhandener Bestandspläne ermittelt. Außerdem flossen die Erkenntnisse aus den Bestandsbegehungen dieser konkreten Abbruchobjekte mit ein. Für die Berechnung der unterschiedlichen Baustoffmassen wurden die Baustoffdichten gemäß ÖNORM EN 1991-1-1 herangezogen. Bei Bedarf wurden entsprechende Annahmen bei den Begehungen vor Ort getroffen. Bauteile, die aus mehreren Komponenten bestehen, wie z.B. Stahlbetonwände, wurden über einen prozentuellen Anteil in die unterschiedlichen Baustofffraktionen geteilt. [138]

[137] Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016).
[138] Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016).

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

In der gegenständlichen Arbeit sind die Ergebnisse dieser Massenermittlungen in tabellarischer und grafischer Form dargestellt. In einem nächsten Schritt erfolgt die Gegenüberstellung der Massenermittlungen mit den von den Abbruchunternehmen an die Bauherren übermittelten Entsorgungsnachweisen. Dabei werden die jeweiligen Unterschiede zwischen den ermittelten und nachweislich entsorgten Mengen diskutiert. Mit Hilfe von Materialflussanalysen (MFA) werden die Verwertungswege im Anschluss analysiert und fehlende Flüsse bilanziert. Für die Durchführung der Materialflussanalysen kam die Software *STAN* zur Anwendung. Diese ermöglicht es, ein graphisches Modell des betrachteten Systems zu erstellen und die Bilanzierung des Systems anschaulich auszugeben. Was der Begriff *Materialflussanalyse* bedeutet und wie bei der Erstellung einer solchen vorgegangen wird, ist dem Unterkapitel 4.1.1 zu entnehmen.

Abschließend erfolgt ein Vergleich der Entsorgungs- und Verwertungsanteile aller Abbruchobjekte, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Abbruchobjekten herauszuarbeiten. Die Verwendung des arithmetischen Mittels ermöglicht es, Kennzahlen, die die Stichprobe und als solche auch die gesamten Flüsse von Baurestmassen aus dem Hochbau im Großraum Wien widerspiegeln, zu generieren. Die Ergebnisse der ersten Forschungsfrage werden im Kapitel 5.1 ausführlich erläutert.

4.1.1 Was versteht man unter einer Materialflussanalyse?

Die Materialflussanalyse ist eine systematische Bewertung der Flüsse und Lagerbestände von Materialien innerhalb eines beliebig komplexen, räumlich und zeitlich definierten Systems. Bei dem zu bewertenden System kann es sich z.B. um einen Motor eines Autos oder aber auch um eine ganze Stadt handeln. Die MFA verbindet die In- und Outputs über Flüsse mit den Prozessen und Lagerbeständen. Da die MFA dem Gesetz der Massenerhaltung unterliegt, können die Ergebnisse der MFA anhand einer einfachen Bilanzierung des Systems kontrolliert werden und somit fehlende Flüsse ermittelt werden. Aufgrund dieses besonderen Merkmals der MFA wird die Methode als Entscheidungshilfe im Bereich des Ressourcen- und Abfallmanagements häufig angewendet. [139]

Die wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit der MFA werden folgend beschrieben:

[139] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 3.

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

- Material – Substanzen oder Güter

Eine Substanz besteht aus identischen Teilen und ist folglich ein chemisches Element (Atom z.B. P, Fe oder Cu) oder eine chemische Verbindung im reinen Zustand (Moleküle z.B. PO_4, H_2O oder CO_2). Ein Gut besteht aus einer oder mehreren Substanzen und ist handelbar. Güter können sowohl einen positiven (z.B. Holz, Banane, etc.) als auch einen negativen Wert (z.B. Restmüll, Abfall, etc.) aufweisen. Der Begriff Material dient als Sammelbegriff für Substanzen und Güter. Die MFA kann sowohl auf dem Niveau von Substanzen als auch von Gütern durchgeführt werden.[140]

- Prozess und Lager

$$\text{Eingang} = \text{Ausgang} + \text{Änderung des Lagers}$$ [141]

Ein Prozess beschreibt den Transport, die Änderung oder die Lagerung von Gütern oder Substanzen. Prozesse obliegen dem Gesetz der Massenerhaltung. Prozesse sind als Blackbox definiert. Somit werden die Vorgänge innerhalb des Prozesses nicht berücksichtigt und nur die Inputs und Outputs sind von Belang. Sollten diese Prozesse von Interesse sein, kann der Prozess in mehrere Subprozesse aufgeteilt werden.[142]

- Fluss und Flux

Ein Fluss ist das Verhältnis aus Masse pro Zeit und hat die physikalische Einheit kg/s oder t/a. Im Unterschied dazu ist ein Flux ein Fluss pro Querschnitt und besitzt somit die physikalische Einheit $kg/(s \cdot m^2)$ oder $t/(a \cdot m^2)$. Üblicherweise verwendete Querschnitte sind eine Person oder eine Einheit wie z.B. ein privater Haushalt.[143]

[140] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 51-53.
[141] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 53-56.
[142] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 53-56.
[143] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 56-57.

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

- System und Systemgrenzen

Als System versteht sich eine Ansammlung aus MFA Elementen und deren Interaktion untereinander. Die Systemgrenzen werden in räumliche (z.B. Abwasserbehandlungsanlage, Auto, etc.) und zeitliche Systemgrenzen (z.B. Tag, Jahr, etc.) unterschieden. Alle Elemente innerhalb des Systems müssen bilanziert werden.[144]

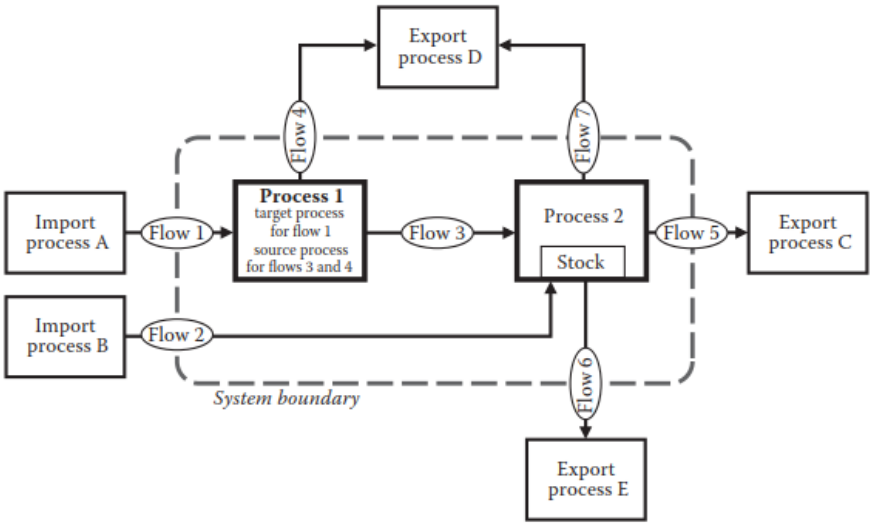


Abb. 19: Beispielhaftes MFA System[145]

In Abb. 19 ist ein Beispiel für ein MFA-System zur Veranschaulichung der wichtigsten Begriffe zu sehen. Die räumliche Systemgrenze inkludiert die Prozesse 1 & 2. Prozesse außerhalb der Systemgrenze müssen nicht bilanziert werden.[146]

[144] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 60-61.
[145] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 62.
[146] Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016), 62.

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

4.2 Ökobilanzvergleich für konkrete Abbruchobjekte

Der zweite Teil der gegenständlichen Arbeit geht der Frage nach, ob ein positiver Umweltnutzen durch das Recycling von Baurestmassen generiert werden kann und welche Bauweise sich aus ökologischer Sicht am besten für das Baurestmassenrecycling eignet.

Ausgangspunkt der Ökobilanzierung ist derselbe Datensatz für konkrete Abbruchobjekte im Großraum Wien, welcher bereits für die erste Forschungsfrage sowie im Zuge der Dissertation von *Kleemann*[147] herangezogen wurde. Aus den sechs im Rahmen der Forschungsfrage I analysierten Abbruchobjekten werden drei (Abbruchobjekt I, III und IV) zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage ausgewählt. Die drei Abbruchobjekte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften bezüglich Bauzeit, Objektgröße und verwendeter Baustoffe.

Um den Rahmen der gegenständlichen Arbeit nicht zu sprengen, finden lediglich die Fraktionen der mineralischen- sowie der Eisen und Stahlabfälle in der zweiten Forschungsfrage Berücksichtigung. Diese vereinfachte Systembildung hat keine relevanten Auswirkungen auf die Ergebnisse der Ökobilanzierung. Mit den mineralischen Abfällen wird die mengenmäßig mit Abstand größte Fraktion inkludiert und mit den Eisen- und Stahlabfällen wird jene Fraktion mit dem größten Treibhauspotential miteinbezogen. Für die mineralischen Abfälle werden die tatsächlich entsorgten Mengen aus den Entsorgungsnachweisen herangezogen. Damit wird sichergestellt, dass der Anteil an mineralischen Baurestmassen, welcher vor Ort als Verfüllmaterial verbleibt, nicht in die Ökobilanzierung miteinfließt. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnis aus der ersten Forschungsfrage, dass die Entsorgungsnachweise für die Eisen- und Stahlfraktion die Werte aus der Massenermittlung deutlich unterschätzen bzw. erst gar keine Entsorgungsnachweise für diese Fraktion vorliegen, wird auf die errechneten Mengen zurückgegriffen.

Um möglichst realitätsnahe Kennwerte zu den Recyclingquoten in den lokalen Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen in die gegenständliche Arbeit einfließen lassen zu können, wurden im Rahmen einer Datenerhebung des Instituts für Wassergüte und Ressourcenmanagement die im Großraum Wien ansässigen Betreiber von Recyclinganlagen kontaktiert. Die Recyclingquote für die Fraktion der Eisen- und Stahlabfälle liegt tatsächlich knapp unter 100%. In der gegenständlichen Arbeit wird daher eine Recyclingquote von 100% angenommen.

[147] Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016).

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

Für die Durchführung der Ökobilanzierung wird als Wirkungskategorie das Treibhauspotential (engl. Global Warming Potential [GWP]) herangezogen. Aufgrund der Tatsache, dass die Auswahl an Ökobilanzdaten für Österreich stark limitiert ist, wurde kurzerhand auf Bilanzdaten aus Deutschland zurückgegriffen. Herausgeber der öffentlich zugänglichen Datenbanken für Ökobilanzdaten sind das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)[148] und das Umweltbundesamt[149]. Die Datensätze repräsentieren Cradle-to-Gate Inventare. Da sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Deutschland und Österreich durchaus ähneln, kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung der Ökobilanzdaten aus dem Nachbarland zu keiner massiven Verfälschung der Ergebnisse führt.

Für den Ökobilanzvergleich werden zwei unterschiedliche Szenarien hinsichtlich ihres Treibhauspotentials bilanziert. Dabei handelt es sich einerseits um ein praxisnahes Recyclingszenario, welches den aktuellen Stand der Technik in Sachen Baurestmassenrecycling im Großraum Wien abbildet, andererseits um ein fiktives Deponierungsszenario, welches benötigt wird, um den Ökobilanzvergleich durchzuführen und eine Aussage darüber treffen zu können, ob aus dem Baurestmassenrecycling ein positiver Umweltnutzen generiert werden kann. Für den Erhalt spezifischer Treibhauspotentiale je Abbruchobjekt und deren Vergleich untereinander, dient die Verwendung der funktionellen Einheit CO_2-Äquivalent/m^3 Brutto-Rauminhalt.

Was genau unter dem Begriff *Ökobilanzierung* verstanden wird, wie bei der Erstellung einer solchen vorgegangen wird und wie der Begriff *Treibhauspotential* definiert ist, ist dem Unterkapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage werden im Kapitel 5.2 ausführlich erläutert.

4.2.1 Was versteht man unter einer Ökobilanz?

Eine Ökobilanz, auch Lebenszyklusanalyse (engl. Life Cycle Analysis [LCA]), ist ein Instrument des Präventivumweltschutzes. Das Ziel dieser Methode ist die quantitative Erfassung und Bewertung der Auswirkungen eines Produktes, einer Dienstleistung oder eines Unternehmens auf die Umwelt. Mit der Herstellung von Produkten einher gehen unerwünschte Umweltauswirkungen, wie der Ressourcenverbrauch oder der Emissionsausstoß. Der Produktpreis spiegelt in keiner Weise diese Umweltbelastungen wider. Mit Hilfe der Ökobilanz können verschiedene Kenngrößen mit den Umweltauswirkungen in Verbindung gesetzt

[148] https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat/daten/db1.html#bereich1 (letzter Zugriff 02.04.2021).
[149] https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

werden. Für eine umfangreiche Analyse müssen, wie in Abb. 20 ersichtlich, die Dimensionen Wirtschaft, Natur und Gesellschaft berücksichtigt werden. Ökobilanzen können als Erweiterung des traditionellen Rechnungswesens betrachtet werden. Sie liefern Argumente und Informationen für nachhaltiges Handeln.[150]

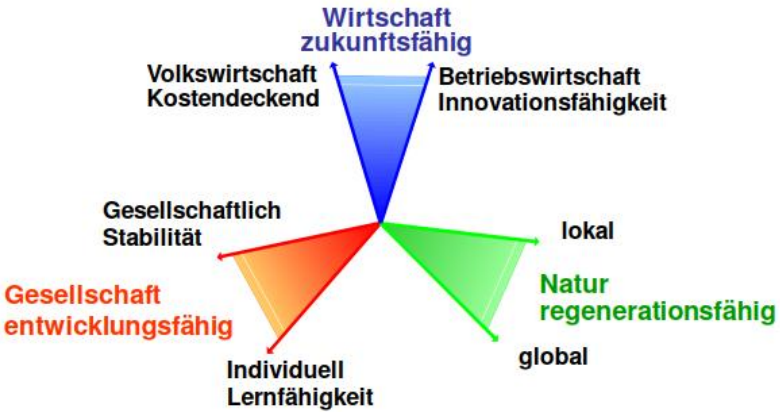


Abb. 20: Dreieck der ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Verantwortung[151]

Die Ökobilanz beruht auf dem Globalansatz. Lokale Einflüsse und Gegebenheiten werden nicht berücksichtigt. Dies führt dazu, dass die Ökobilanzierung Auswirkungen nur generell, sprich für eine ganze Region oder die Welt, berücksichtigen kann. Häufig beschränken sich Ökobilanzen daher auf die Ermittlung von Wirkungspotentialen. Soll der Frage nachgegangen werden, ob oder wie sich die betrachtete Wirkungsweise auf die direkte Umwelt auswirkt, ist eine Expositionsanalyse, welche die lokalen Gegebenheiten berücksichtigt, durchzuführen.[152] Weiters stellt die Ökobilanz ein Instrument dar, das zur Optimierung anregt und zu neuen Denkweisen führen kann. Wie in Abb. 21 ersichtlich, sollen die wenig effizienten End-of-Pipe-Lösungen durch Cleaner Technology ersetzt werden. Darunter versteht man eine Minimierung des Rohstoff- und Energiebedarfs sowie der anfallenden Abfälle bei gleichbleibendem Produktionsoutput. Die kritische Betrachtung kann sogar dazu führen, dass neue Möglichkeiten zur Erfüllung der Bedürfnisse (Re-Design) gefunden werden. Für das Überdenken der Bedürfnisse an sich (Re-Think) bedarf es natürlich mehr als einer Ökobilanz. Diese kann jedoch für die Bewusstseinsschaffung und die Sensibilisierung bzgl. Umweltauswirkungen genutzt werden.[153]

[150] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 12f.
[151] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 13.
[152] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 15.
[153] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 16f.

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

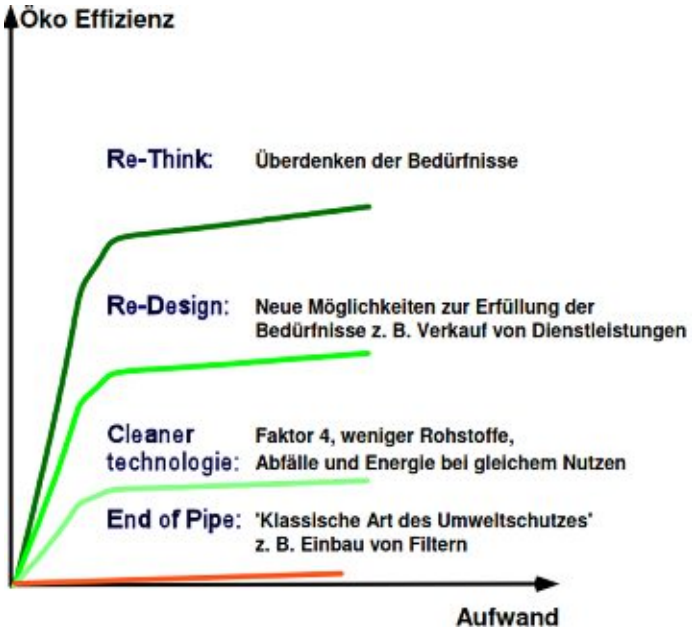


Abb. 21: Unterschiedliche Ansätze zur Reduktion der Umweltbelastung[154]

Je nach inhaltlichem und zeitlichem Untersuchungsrahmen können Ökobilanzen unterteilt werden. Inhaltlich wird zwischen Produkt-, Betriebs- und Prozessbilanzen unterschieden. Beim zeitlichen Rahmen unterteilen sich Bilanzen, die einen bestehenden Zustand beschreiben, von jenen, die mögliche Konsequenzen modellieren. Da für die gegenständliche Arbeit nur die Produktbilanz von Bedeutung ist, wird folgend nur auf diese Art eingegangen. In dieser finden die benötigten Rohstoffe, die erforderliche Energie, die verwendeten Hilfsmittel, die notwendigen und resultierenden Zwischenprodukte, die anfallenden Abfälle, die Infrastruktur sowie die entstehenden Emissionen Berücksichtigung. In der Regel beschreibt eine Produktbilanz den kompletten Lebenszyklus (cradle to grave). Als Spezialfall gilt die Betrachtung rein von der Herstellung des Produktes (cradle to gate). Die Produktbilanz findet Anwendung für

- das Aufdecken der ökologischen Schwachpunkte im Lebenszyklus und daraus das Ableiten von Optimierungsmöglichkeiten,
- sowie den Vergleich von verschiedenen Produkten, die dieselben spezifischen Eigenschaften aufweisen.[155]

[154] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 17.
[155] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 18.

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

Grundsätze zur Erstellung einer Ökobilanz sind in internationalen ISO-Standards festgelegt. In Österreich sind diese in der ÖNORM EN ISO 14040:2009 und der ÖNORM EN ISO 14044:2018 umgesetzt. Darin festgelegt umfasst die Vorgehensweise die vier Schritte

- Zielfestlegung und Definition der Rahmenbedingungen,
- Sachbilanz,
- Wirkbilanz,
- und Auswertung

zur Erstellung einer normgerechten Ökobilanzierung. [156]

Genauere Informationen dazu können der ÖNORM EN ISO 14040:2009 und der ÖNORM EN ISO 14044:2018 entnommen werden.

Abschließend wird hier noch die Definition der in der gegenständlichen Arbeit verwendeten Wirkungskategorie, dem *Treibhauspotential*, festgehalten:

Das Treibhauspotential (engl. Global Warming Potential [GWP]) wurde geschaffen, um die Auswirkungen unterschiedlicher Gase auf die globale Erwärmung vergleichen zu können. Je größer das Treibhauspotential, desto mehr erwärmt ein gewisses Gas die Erde, immer verglichen mit CO_2 über den selben Zeitraum. Die Zeitspanne für Treibhauspotentiale ist zumeist 100 Jahre. Die Einheit der Treibhauspotentiale ist mit CO_2-Äquivalent/t definiert.[157]

[156] Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013), 23.
[157] https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

5 Resultate

Die Resultate bilden das Kernstück dieser Arbeit. Folgend werden die Ergebnisse der ersten Forschungsfrage - Abfallwirtschaftliche Analyse an konkreten Abbruchobjekten und der zweiten Forschungsfrage - Ökobilanzvergleich für konkrete Abbruchobjekte dargelegt.

5.1 Abfallwirtschaftliche Analyse an konkreten Abbruchobjekten

Dieser Abschnitt behandelt die Ergebnisse der ersten Forschungsfrage. Die Unterkapitel 5.1.1 bis 5.1.6 beinhalten die detailliert aufbereiteten Informationen zu den konkreten Abbruchobjekten. Diese Objekte wurden bereits in der Dissertation von *Kleemann*[158] zu Forschungszwecken herangezogen. Abschließend werden im Unterkapitel 5.1.7 die Erkenntnisse der abfallwirtschaftlichen Analyse zusammengefasst. Die genaue Vorgehensweise bei der Beantwortung der ersten Forschungsfrage ist der Methodik unter 4.1 zu entnehmen.

5.1.1 Abbruchobjekt I - Pensionistenheim Haus Döbling

Bei diesem Abbruchobjekt in der Pfarrwiesengasse 23 im 19. Wiener Gemeindebezirk handelt es sich um einen großen Komplex aus mehrerer Gebäuden. Errichtet wurde die Anlage im Jahr 1970 mit der Intention, sie als Wohnanlage für Pensionisten zu nutzen. Die gesamte Brutto-Geschoßfläche liegt bei ca. 20.000m^2, der Brutto-Rauminhalt beträgt ca. 60.000m^3.

Kategorie	Wohnen
Baujahr	1970
Adresse	Pfarrwiesengasse 23
Bezirk	1190 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 20.000 m²
Brutto-Rauminhalt	ca. 60.000 m³

Tab. 10: Key Facts zum Abbruchobjekt I

5.1.1.1 Massenermittlung

Die Tragstruktur der Gebäude ist in Stahlbetonbauweise konzipiert. Die nicht tragenden Wände für den Innenausbau bestehen aus Blähtonziegeln. Für den Fußbodenaufbau kommt ein schwimmender Estrich auf einer Sandbettung zum Einsatz. Die Fassade besteht aus teilweise asbesthaltigen Eternitplatten. Die Dächer der unterschiedlichen Gebäude unterscheiden sich in

[158] Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016).

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

Dachstühle aus Holz mit asbesthaltiger Eterniteindeckung und Stahlbetonflachdächer mit Kiesschüttung bzw. Substrat. Folgend werden die ermittelten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt I präsentiert.

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	21.291	81
	Ziegel	209	0,79
	Schüttmaterial	979	3,7
	Estrich	2.490	9,5
	Putz	497	1,9
	Keramik	114	0,43
	Stahl	454	1,7
	Holz	136	0,52
	Bitumen	62	0,24
	Eternit	75	0,29
		26.307	100

Tab. 11: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt I

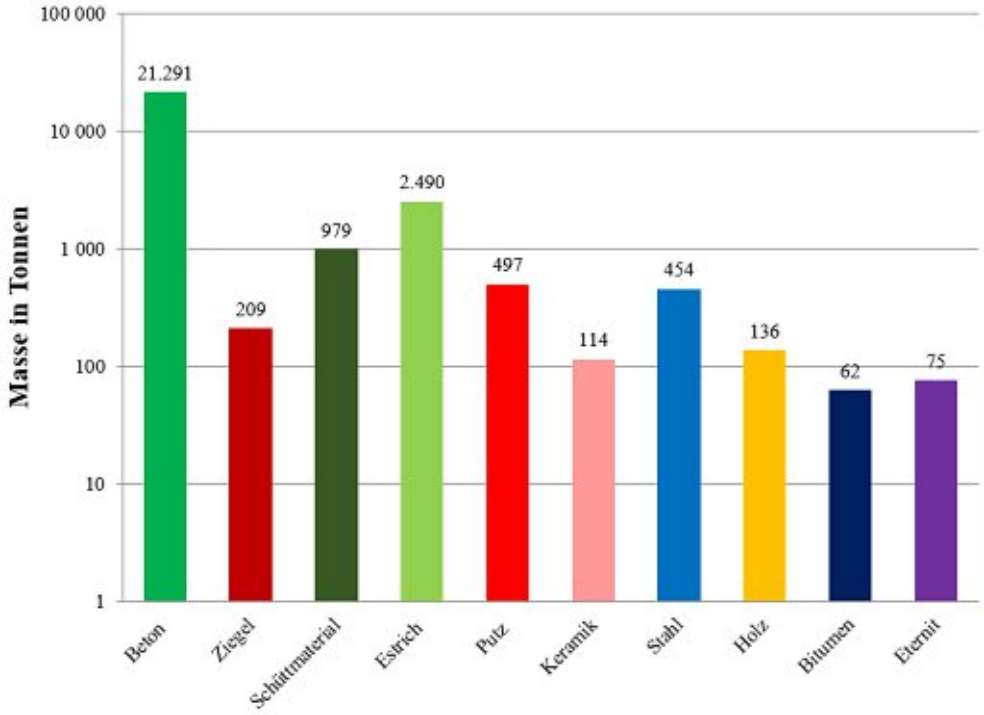


Abb. 22: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt I

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

5.1.1.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt I zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	170	0,80
31409	Bauschutt	6.215	29
31412	Asbestzement	43	0,20
31427	Betonabbruch	14.615	69
35103	Eisen und Stahlabfälle, verunreinigt	193	0,90
54912	Bitumen, Asphalt	57	0,27
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	16	0,073
91401	Sperrmüll	19	0,089
		21.328	100

Tab. 12: Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt I

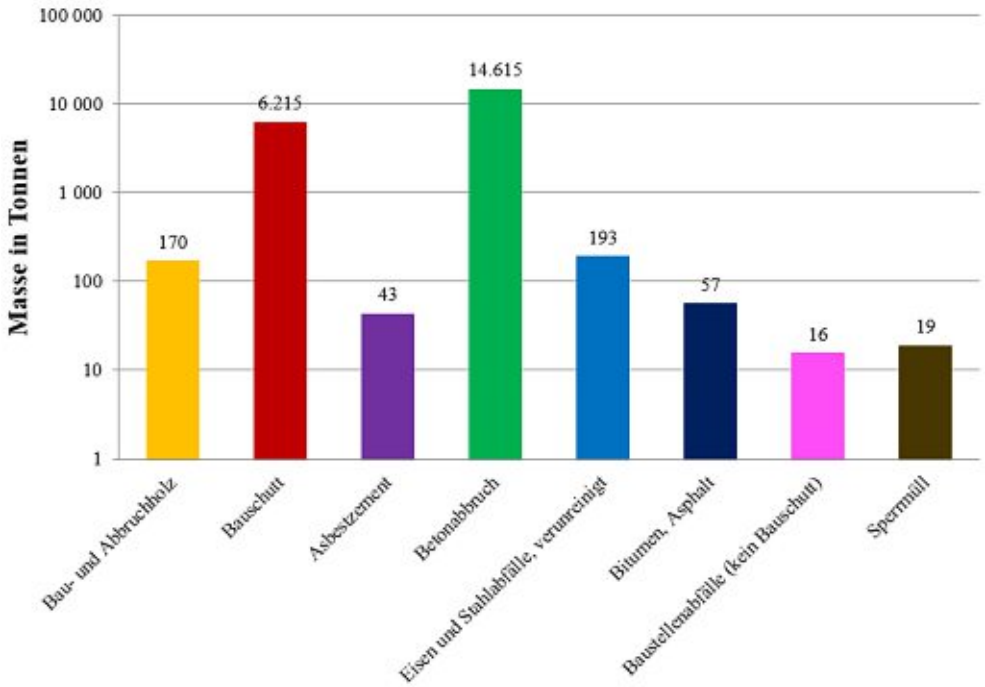


Abb. 23: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt I

5.1.1.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Nach genauer Betrachtung der ermittelten Massen und der Entsorgungsnachweise vom Abbruchobjekt I können folgende Schlüsse gezogen werden: Etwa 70% des vorhandenen Betons wurden als sortenreiner Betonabbruch verwertet. 6.215t Bauschutt wurden dem Recycling zugeführt. Dieser setzt sich aus den Materialien Beton, Ziegel, mineralisches

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

Schüttmaterial, Putz, Estrich und Keramik zusammen. Damit finden rund 81% der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen Berücksichtigung. In etwa 19% werden als Verfüllmaterial vor Ort wiederverwendet. Beim Stahl überschreiten die berechneten Mengen jene in den Entsorgungsnachweisen deutlich, und zwar um das 2,5-fache. Als Wertstoff besitzen die Eisen- und Stahlabfälle einen positiven monetären Wert. Aus diesem Grund werden Teile dieser Fraktion häufig anderweitig gehandelt und scheinen daher in den Entsorgungsnachweisen nicht vollständig auf. Die belegten Mengen für Bau- und Abbruchholz divergieren von den berechneten Mengen um rund 25%, jene für Bitumen stimmen auf 91% genau überein. Die entsorgten 43t Asbestzement stehen berechneten 75t asbesthaltigem Eternit gegenüber. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass die berechnete Menge an asbesthaltigen Baurestmassen möglicherweise überschätzt wurde. Dies kann aus einer zu hohen Annahme für das spezifische Gewicht der Eternitplatten für Fassade und Dacheindeckung (10,4kg/m^2) resultieren.

5.1.1.4 Materialflussanalyse

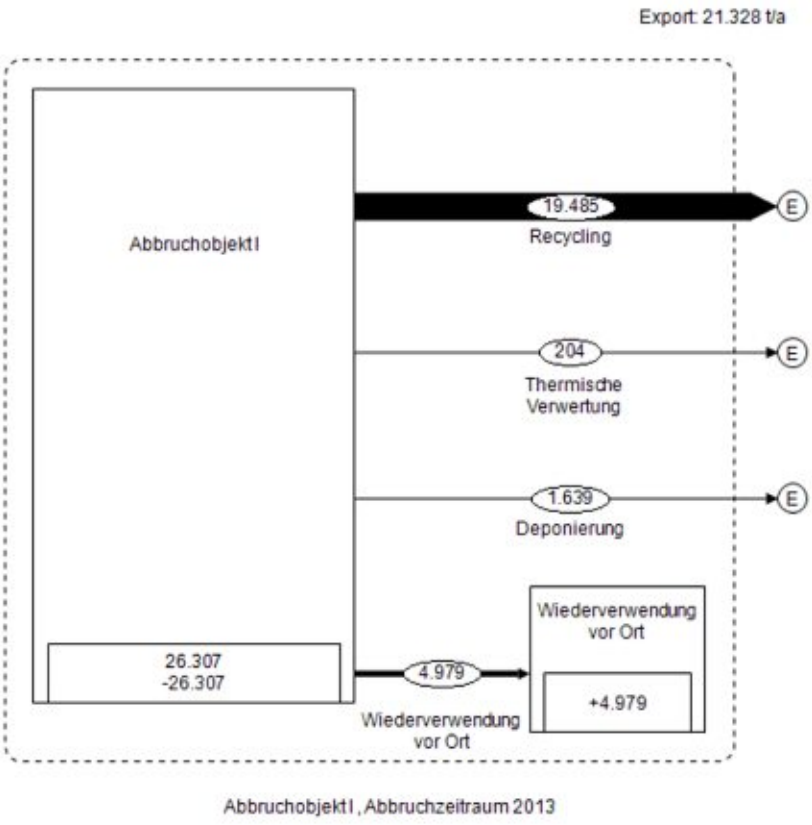


Abb. 24: MFA - Abbruchobjekt I

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

Die Abb. 24 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts I über den Abbruchzeitraum im Jahr 2013. Daraus wird ersichtlich, dass 19.485t Baurestmassen, das entspricht 74% der Gesamtabfallmenge, dem Recycling zugeführt werden. Dieser Fluss setzt sich aus 98,7% mineralischer Fraktion, 1% Stahl und 0,3% Bitumen zusammen. Des weiteren werden 204t Bau- und Abbruchholz sowie Baustellenabfälle einer thermischen Verwertung zugeführt. Der Anteil an direkt deponierten Abfällen beträgt bei diesem Abbruchobjekt 6,2% und umfasst Asbestzement sowie einen Teil der mineralischen Fraktion. Vor Ort als Verfüllmaterial wiederverwendet werden mit 4.979t rd. 19% des gesamten Abfallaufkommens. Da diese Menge direkt am Grundstück wiedereingesetzt wird, scheint sie in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf.

5.1.2 Abbruchobjekt II - Kaiserin Elisabeth Spital

Dieses Abbruchobjekt ist eines der ältesten Wiener Krankenhäuser – das Kaiserin Elisabeth Spital - in der Huglgasse 1-3 in 1150 Wien. Die Anlage besteht aus sieben eigenständigen Gebäuden. Darunter befinden sich drei Pavillons (BJ 1870), die zur Pflege von Patienten genutzt werden, ein Verwaltungsgebäude (BJ 1870), eine Pathologie (BJ 1960) und ein OP-Trakt (BJ 2003) sowie ein Gebäude für die Energieverteilung. Im Zuge der Spitalsreform vom Wiener Krankenanstaltsverbund wurde die Schließung des Spitals beschlossen. Der Abbruch der Anlage erfolgte 2014. Die gesamte Brutto-Geschoßfläche des Abbruchobjektes beträgt ca. 20.000m^2, der zugehörige Brutto-Rauminhalt beträgt ca. 80.000m^3.

Kategorie	Gesundheit & Pflege
Baujahr	1870 - 2003
Adresse	Huglgasse 1-3
Bezirk	1150 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 20.000 m^2
Brutto-Rauminhalt	ca. 80.000 m^3

Tab. 13: Key Facts zum Abbruchobjekt II

5.1.2.1 Massenermittlung

Bei der Bausubstanz unterscheiden sich die Gebäude je nach Baujahr. So besteht die Tragstruktur der drei Pavillons, des Verwaltungsgebäudes und der Pathologie aus Vollziegel, wohingegen der OP-Trakt und der Energieverteilungsgebäude in Stahlbetonbauweise errichtet wurden. Der Innenausbau ist in Trockenbauweise mit Rigipsplatten realisiert. Für den Fußbodenaufbau kommt ein schwimmender Estrich auf einer Sandbettung zum Einsatz. Die Dachkonstruktionen der vor 1960 errichteten Gebäude sind Holzdachstühle mit einer

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

Holzeindeckung. Der OP-Trakt und das Energieverteilungsgebäude ist als Flachdach aus Stahlbeton mit Ziegelsplittschüttung errichtet. Folgend werden die berechneten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt II präsentiert.

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	5.781	16
	Ziegel	18.956	54
	Mörtel	4.495	13
	Putz	909	2,6
	Schüttmaterial	2.013	5,7
	Estrich	2.004	5,7
	Keramik	68	0,19
	Stahl	495	1,4
	Holz	288	0,82
	Bitumen	51	0,15
	Eternit	4	0,013
		35.064	100

Tab. 14: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt II

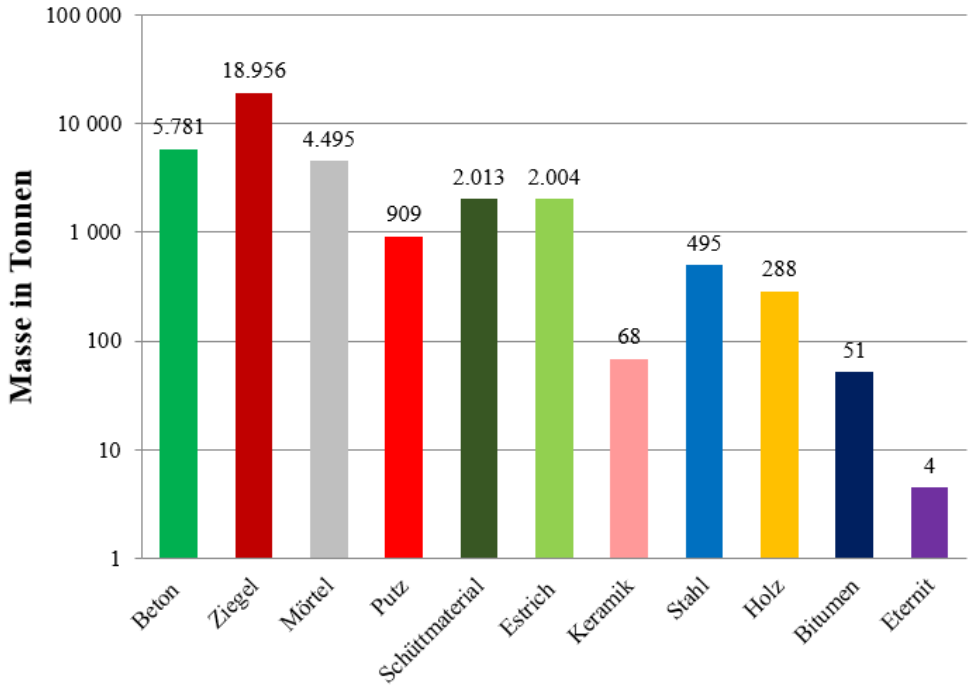


Abb. 25: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt II

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

5.1.2.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt II zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	285	0,83
31409	Bauschutt	25.775	75
31412	Asbestzement	26	0,076
31427	Betonabbruch	7.573	22
35103	Eisen und Stahlabfälle, verunreinigt	674	2,0
54912	Bitumen, Asphalt	35	0,10
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	85	0,25
91401	Sperrmüll	4	0,011
		34.458	100

Tab. 15: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt II

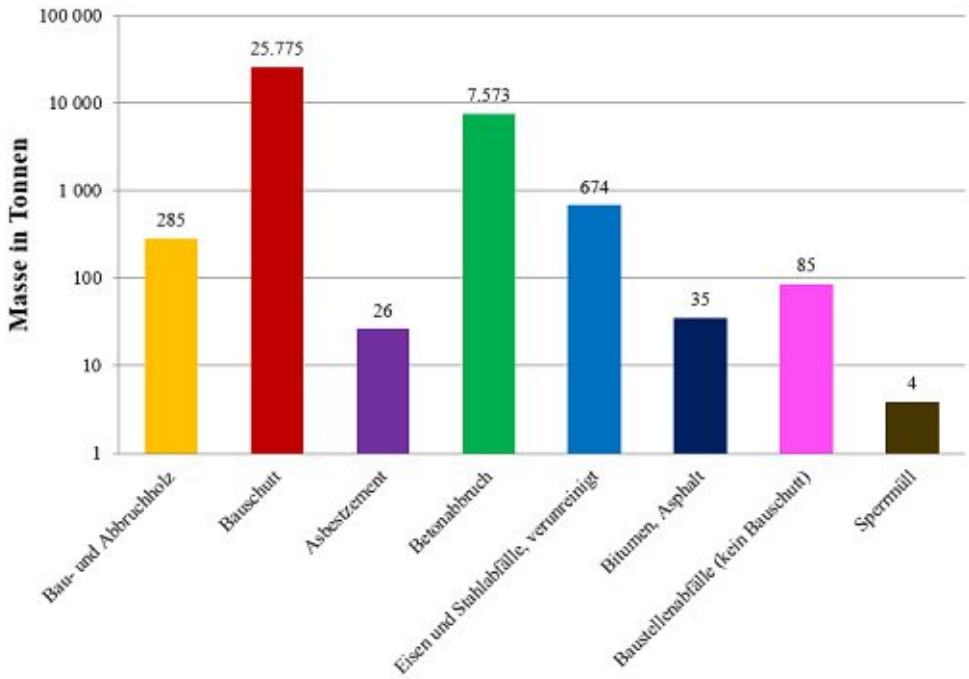


Abb. 26: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt II

5.1.2.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Die Gegenüberstellung der ermittelten und nachweislich entsorgten Massen vom Abbruchobjekt II führt zu folgenden Erkenntnissen: Die berechnete Menge des sortenreinen Betonabbruchs unterschreitet die nachgewiesene Entsorgungsmenge um 25%. Die

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

Bauschuttfraktion, die dem Recycling zugeführt wird, umfasst 25.775t. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Beton, Ziegeln, Mörtel, Putz, Schüttmaterial, Estrich und Keramik. Dies ergibt eine Nachweisquote von ca. 97% bzgl. der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen. Es verbleibt kein Material zur Verwertung vor Ort. Die Abweichung von rd. 3% kann aufgrund der nicht signifikanten Größe auf die Unsicherheiten bei der Massenermittlung zurückgeführt werden. Die Fraktion Eisen- und Stahlabfälle weist eine Abweichung von rd. 30% auf. Eine ermittelte Stahlmenge von 495t steht 674t nachweislich entsorgtem Eisen- und Stahlabfällen gegenüber. Diese Mindermenge bei der Massenermittlung ist eventuell darauf zurückzuführen, dass die Abschätzung der Betonstahlmengen mit einem prozentuellen Ansatz erfolgt. Möglicherweise ist der Bewehrungsgrad mit 0,5% Betonstahl zu niedrig angesetzt. Grobe Verunreinigungen der Stahlabfälle könnten ein weiterer Aspekt für die Abweichung sein. Die belegten Mengen für Bau- und Abbruchholz stimmen beinahe gänzlich überein. Die entsorgten 26t Asbestzement stehen berechneten 4t asbesthaltigem Eternit gegenüber. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Zuge des Abbruchs weitere asbesthaltige Bestandteile zum Vorschein gekommen sein könnten.

5.1.2.4 Materialflussanalyse

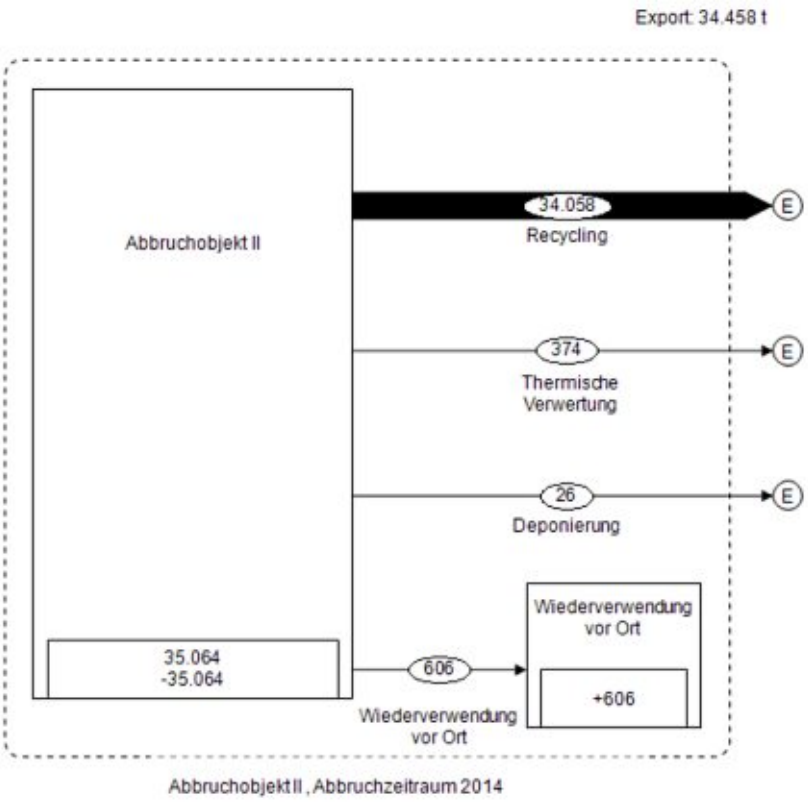


Abb. 27: MFA - Abbruchobjekt II

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

Die Abb. 27 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts II über den Abbruchzeitraum im Jahr 2014. Der Recyclinganteil beläuft sich auf 34.058t Baurestmassen, das entspricht 97,1% der Gesamtabfallmenge. Dieser Fluss setzt sich aus 97,8% mineralischer Fraktion, 2% Stahl und 0,1% Bitumen zusammen. Weiters werden 374t Bau- und Abbruchholz sowie Baustellenabfälle thermisch verwertet. Der Anteil an direkt deponierten Abfällen beträgt bei diesem Abbruchobjekt mit 26t lediglich 0,1% und umfasst Asbestzement. Damit verbleiben mit 606t nur rd. 2% des gesamten Abfallaufkommens vor Ort. Eine Entsorgung gemeinsam mit dem Bodenaushubmaterial liegt nahe. Die verbleibenden 2% sind auch mit den Unsicherheiten bei der Massenermittlung zu erklären.

5.1.3 Abbruchobjekt III - Wohnpark Ottakring

Bei diesem Abbruchobjekt in der Huttergasse 57 - 65 im 16. Wiener Gemeindebezirk handelt es sich um einen ehemaligen Industriestandort, der sich über mehrere Grundstücke hinweg erstreckt und sowohl aus Produktionshallen als auch aus Büroräumlichkeiten besteht. Errichtet wurde die Anlage 1930. Die gesamte Brutto-Geschoßfläche liegt bei etwa 3.500m^2, der Brutto-Rauminhalt des Abbruchobjekts beträgt in etwa 23.500m^3.

Kategorie	Industrie & Produktion
Baujahr	1930
Adresse	Huttergasse 57-65
Bezirk	1160 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 3.500 m^2
Brutto-Rauminhalt	ca. 23.500 m^3

Tab. 16: Key Facts zum Abbruchobjekt III

5.1.3.1 Massenermittlung

Die Bürogebäude am Produktionsstandort sind aus Vollziegelmauerwerk (Wände und Decken) konzipiert. Die Dachkonstruktion besteht aus einem Holzdachstuhl mit Blecheindeckung. Die unterschiedlichen Werkshallen sind mit Stahl(Fachwerk)- oder Holzträgern überspannt. Für den Gebäudeabschluss kommt ein Blechdach auf Holzschalung oder Welleternit zum Einsatz. Der Fußboden in den Hallen besteht großteils aus unbewehrtem Beton. Folgend werden die berechneten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt III präsentiert.

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

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	935	17
	Ziegel	3.535	64
	Mörtel	822	15
	Putz	13	0,24
	Stahl	121	2,2
	Holz	75	1,4
	Eternit	3	0,055
		5.504	100

Tab. 17: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt III

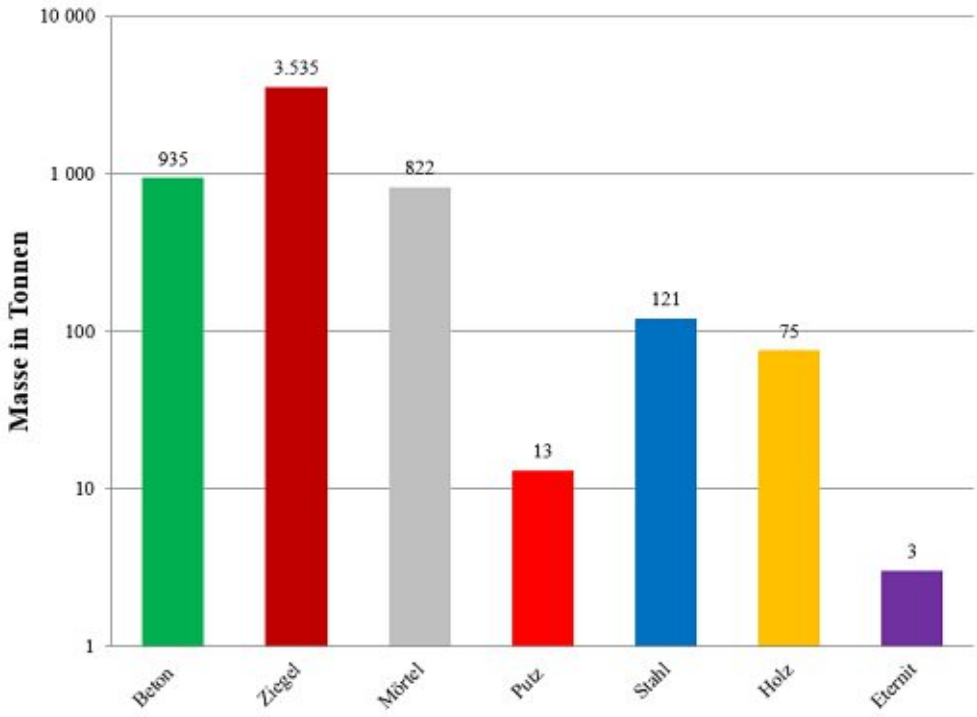


Abb. 28: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt III

5.1.3.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt III zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

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

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	204	5,2
31409	Bauschutt	2.014	52
31412	Asbestzement	1	0,031
31427	Betonabbruch	1.511	39
35103	Eisen und Stahlabfälle, verunreinigt	112	2,9
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	48	1,2
		3.890	100

Tab. 18: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt III

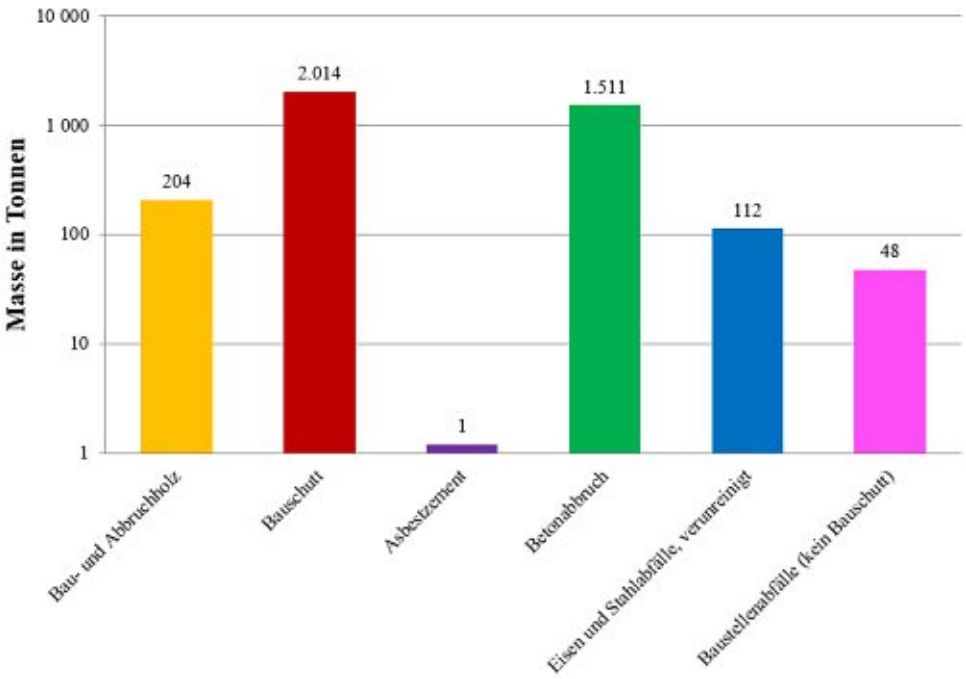


Abb. 29: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt III

5.1.3.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Nach genauer Betrachtung der ermittelten Massen und der Entsorgungsnachweise vom Abbruchobjekt III können folgende Schlüsse gezogen werden: Der sortenreine Betonabbruch liegt mit 1.511t deutlich über der berechneten Betonmenge von 935t. Dies ist auf die mäßige Qualität der Bestandspläne zurückzuführen. Die Bauschuttfraktion, die dem Recycling zugeführt wird, umfasst 2.014t. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Beton, Ziegeln, Mörtel und Putz. Damit finden rd. zwei Drittel der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen Berücksichtigung. Im Umkehrschluss verbleibt ein Drittel der mineralischen Baurestmassen zur Wiederverwendung vor Ort. Bei der Fraktion Eisen- und Stahlabfälle zeigt sich eine geringe Differenz von ca. 8%. Beim Bau- und Abbruchholz liegen

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

die ermittelte Menge mit 75t und die nachweislich entsorgte Menge mit 204t deutlich auseinander. Dies ist auf die komplexe Massenermittlung der Holzkonstruktionen bei diesem Objekt zurückzuführen. Die Abfallfraktion für Asbestzement spielt mit 1t eine untergeordnete Rolle und liegt mengenmäßig in derselben Größenordnung wie bei der Massenermittlung.

5.1.3.4 Materialflussanalyse

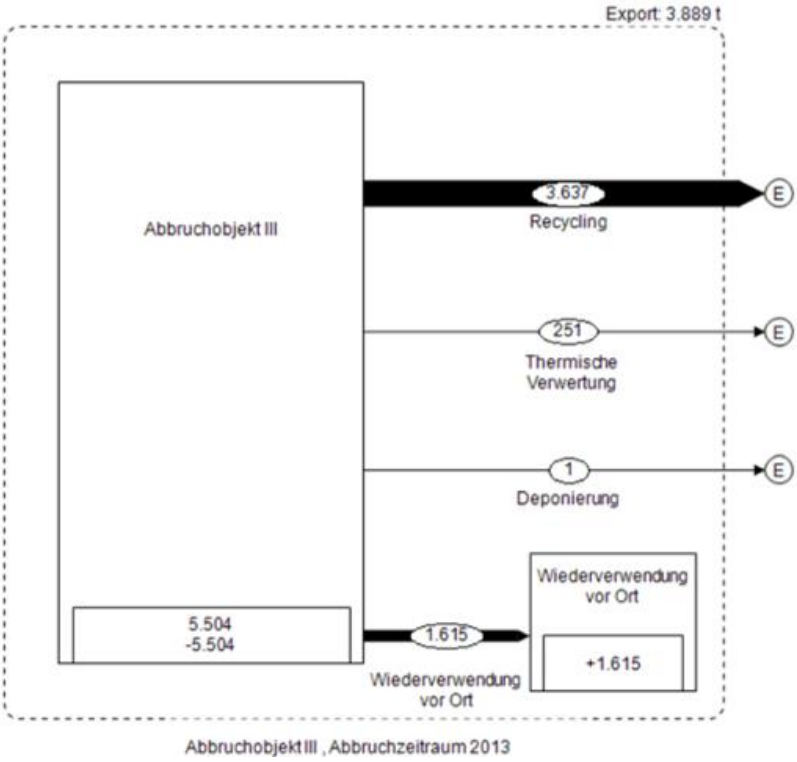


Abb. 30: MFA - Abbruchobjekt III

Die Abb. 30 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts III über den Abbruchzeitraum im Jahr 2013. Es zeigt sich, dass 3.637t Baurestmassen, das entspricht 66,1% der Gesamtabfallmenge, dem Recycling zugeführt werden. Dieser Fluss setzt sich aus 96,9% mineralischer Fraktion und 3,1% Stahl zusammen. Außerdem werden 251t Bau- und Abbruchholz sowie Baustellenabfälle thermisch verwertet. Der Anteil an direkt deponierten Abfällen beträgt bei diesem Abbruchobjekt gerade mal 0,02% und umfasst Asbestzement. Vor Ort für die Verfüllung der Baugruben wiederverwendet werden mit 1.615t rd. 29% des gesamten Abfallaufkommens. Da diese Menge direkt am Grundstück wiedereingesetzt wird, scheint sie in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf.

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

5.1.4 Abbruchobjekt IV - Geriatriezentrum Liesing

Beim Abbruchobjekt IV, das sich in Liesing in der Perchtoldsdorferstraße 6 befindet, handelt es sich um ein fünfgeschoßiges Bauwerk, welches als Geriatriezentrum dient und somit der Kategorie Gesundheit und Pflege zugeordnet wird. Errichtet wurde das Objekt im Jahr 1878. Die Brutto-Geschoßfläche des Bauwerks beträgt ca. 10.000m^2, der zugehörige Brutto-Rauminhalt des Abbruchobjekts umfasst ca. 40.000m^3. Ebenfalls auf dem Grundstück befinden sich Stallungen und ein Car Port.

Kategorie	Gesundheit & Pflege
Baujahr	1878
Adresse	Perchtoldsdorferstraße 6
Bezirk	1230 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 10.000 m²
Brutto-Rauminhalt	ca. 40.000 m³

Tab. 19: Key Facts zum Abbruchobjekt IV

5.1.4.1 Massenermittlung

Bei Abbruchobjekt IV handelt es sich um einen Ziegelbau. Die tragenden Wände sind aus Vollziegeln hergestellt, die Geschoßdecken Großteils als Ziegelgewölbe ausgeführt. Lediglich die oberste Geschoßdecke des Dachgeschoßes ist in Stahlbetonbauweise hergestellt. Die Dachkonstruktion besteht aus einem Holzdachstuhl mit Ziegeleindeckung. Für den Fußbodenaufbau kommt ein schwimmender Estrich auf einer Sandbettung zum Einsatz. Folgend werden die berechneten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt IV präsentiert.

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	798	5,0
	Ziegel	9.970	62
	Mörtel	2.285	14
	Putz	458	2,9
	Schüttmaterial	1.405	8,7
	Estrich	948	5,9
	Keramik	29	0,18
	Stahl	118	0,73
	Holz	58	0,36
		16.069	100

Tab. 20: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt IV

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

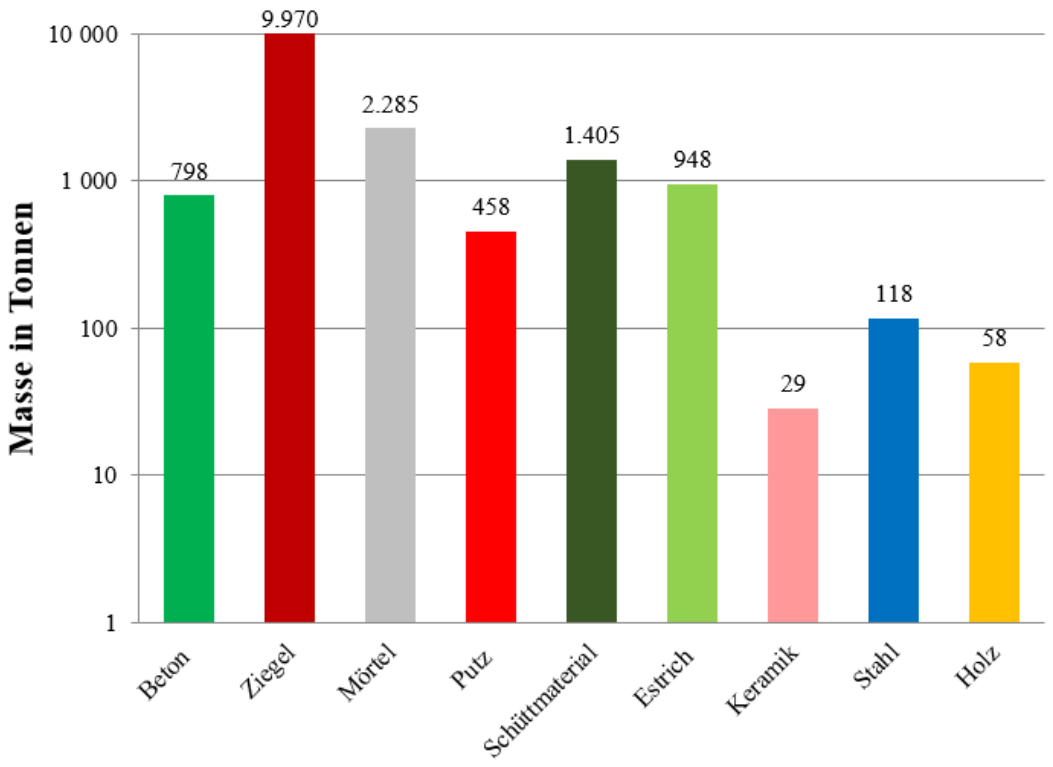


Abb. 31: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt IV

5.1.4.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt IV zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	213	2,3
31409	Bauschutt	8.035	86
31427	Betonabbruch	981	11
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	104	1,1
		9.333	100

Tab. 21: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt IV

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

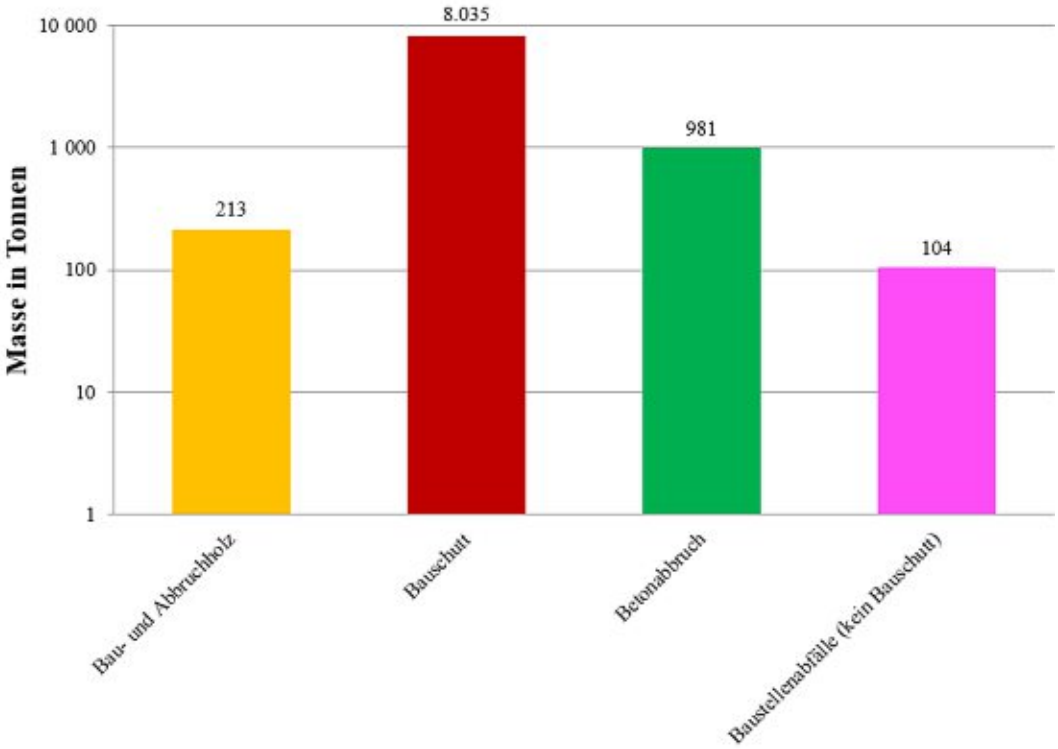


Abb. 32: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt IV

5.1.4.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Die Gegenüberstellung der ermittelten und nachweislich entsorgten Massen vom Abbruchobjekt IV führt zu folgenden Erkenntnissen: Die berechnete Menge des sortenreinen Betonabbruchs von 798t unterschreitet die nachgewiesene Entsorgungsmenge von 981t um ca. 18%. Der Bauschuttfraktion, die verwertet wird, können 8.035t zugeordnet werden. Diese beinhaltet die Materialien Beton, Ziegel, Mörtel, Putz, Schüttmaterial, Estrich und Keramik. Damit finden nur 56% der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen Berücksichtigung und 44% verbleiben zur Wiederverwertung vor Ort. Einen Nachweis über die Verwertung der Fraktion Eisen- und Stahlabfälle liegt bei diesem Abbruchobjekt nicht vor. Als Wertstoff besitzen die Eisen- und Stahlabfälle einen positiven monetären Wert. Aus diesem Grund wird diese Fraktion häufig anderweitig gehandelt und scheint daher nicht in den Entsorgungsnachweisen auf. Die Mengen für Bau- und Abbruchholz liegen mit 58t berechneten und 213t tatsächlich entsorgten deutlich auseinander. Dies ist auf die komplexe Massenermittlung der Holzkonstruktionen bei diesem Objekt zurückzuführen.

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

5.1.4.4 Materialflussanalyse

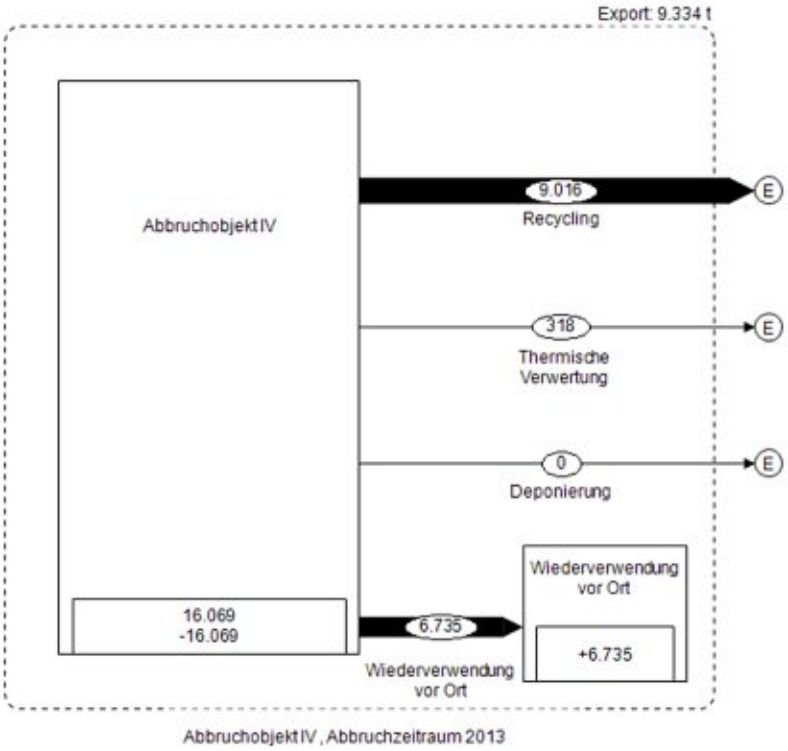


Abb. 33: MFA - Abbruchobjekt IV

Die Abb. 33 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts IV über den Abbruchzeitraum im Jahr 2013. Es wird ersichtlich, dass 9.016t mineralische Baurestmassen, das entspricht 56,1% der Gesamtabfallmenge, dem Recycling zugeführt werden. Mit 318t werden rd. 2,0% der anfallenden Baurestmassen einer thermischen Verwertung zugeführt. Der Anteil, der direkt deponiert wird, ist gleich null. Vor Ort als Verfüllmaterial wiederverwendet werden mit 6.735t rd. 42% des gesamten Abfallaufkommens. Da diese Menge direkt am Grundstück wiederverwertet wird, scheint sie in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf.

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

5.1.5 Abbruchobjekt V - Wohngebäude Darnautgasse 10

Abbruchobjekt V befindet sich im 12. Bezirk in der Darnautgasse 10. Es handelt sich um eine Wohnhausanlage, welche aus drei separaten Wohnblocks besteht. Errichtet wurde die Anlage in den Jahren 1952-1953 von der Gemeinde Wien, um sie als sozialen Wohnbau zu nutzen. Während die Brutto-Geschoßfläche gesamt bei ca. 7.000m^2 liegt, beträgt der Brutto-Rauminhalt des Abbruchobjekts ca. 20.000m^3.

Kategorie	Wohnen
Baujahr	1952-1953
Adresse	Darnautgasse 10
Bezirk	1120 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 7.000 m^2
Brutto-Rauminhalt	ca. 20.000 m^3

Tab. 22: Key Facts zum Abbruchobjekt V

5.1.5.1 Massenermittlung

Sowohl die tragenden Wände als auch die Zwischenwände sämtlicher Wohnblöcke sind in Massivbauweise aus Vollziegeln errichtet, wohingegen die Decken aus Stahlbeton bestehen. Der nachträglich ergänzte Liftschacht ist ebenfalls in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Die Dachkonstruktion aller Wohnblöcke besteht aus einem Holzdachstuhl mit Ziegeleindeckung. Für den Fußbodenaufbau kommen unterschiedliche Aufbauten zum Einsatz. Es kommen diversen Beläge auf einer Holzlattung in Schlackenbettung zum Einsatz. Folgend werden die berechneten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt V präsentiert.

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	1.175	15
	Ziegel	4.826	61
	Mörtel	1.159	15
	Putz	323	4,1
	Schüttmaterial Schlacke	222	2,8
	Estrich	50	0,63
	Keramik	68	0,85
	Stahl	76	0,95
	Holz	71	0,90
		7.971	100

Tab. 23: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt V

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

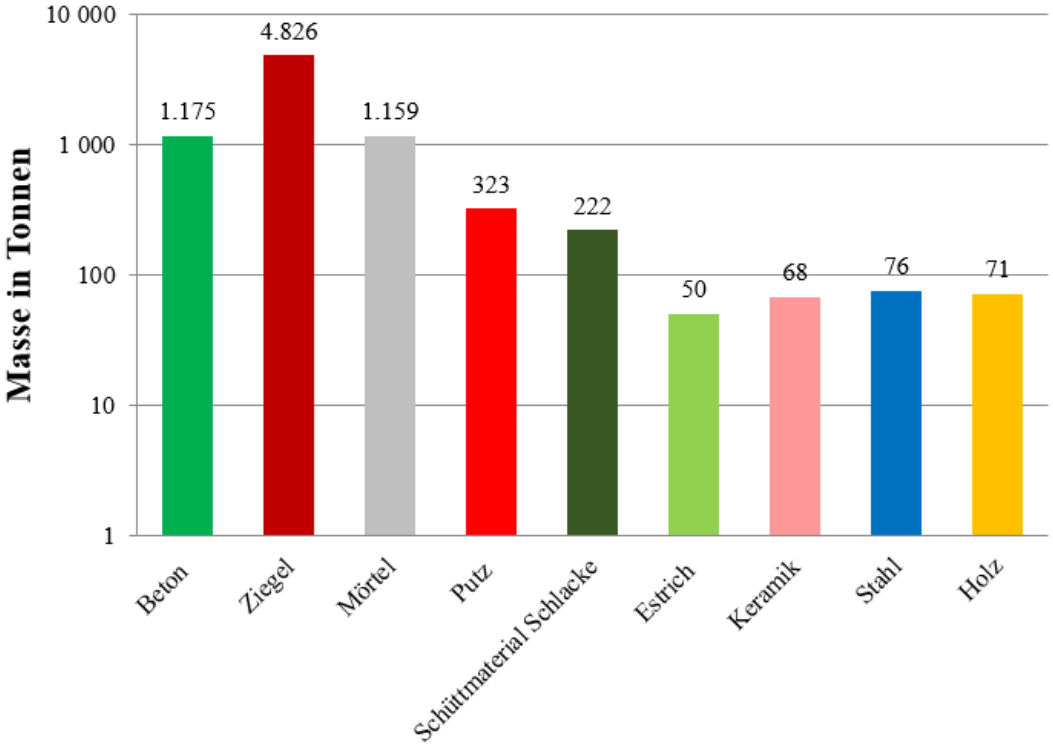


Abb. 34: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt V

5.1.5.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt V zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	132	1,9
31409	Bauschutt	5.620	80
31427	Betonabbruch	1.229	18
35103	Eisen und Stahlabfälle, verunreinigt	18	0,26
		6.999	100

Tab. 24: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt V

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

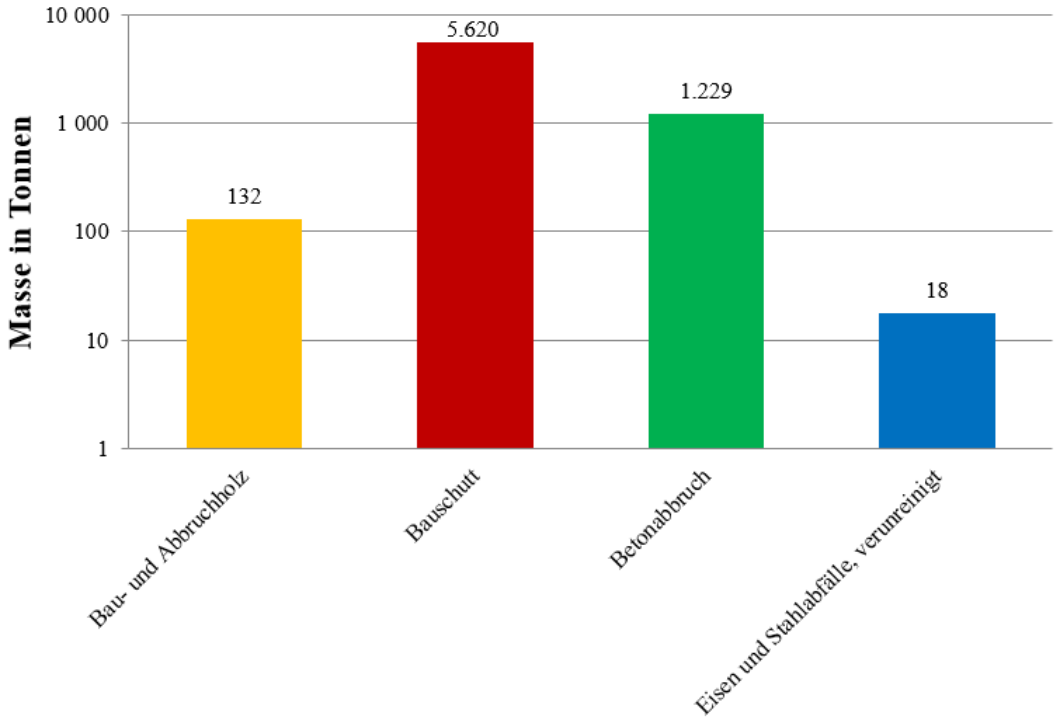


Abb. 35: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt V

5.1.5.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Nach genauer Betrachtung der ermittelten Massen und der Entsorgungsnachweise vom Abbruchobjekt V können folgende Schlüsse gezogen werden: Der Betonabbruch stimmt mit der ermittelten Betonmenge auf 5% genau überein. 5.620t Bauschutt wurden dem Recycling zugeführt. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Beton, Ziegeln, Mörtel, Putz, Schüttmaterial, Estrich und Keramik. Damit finden rd. 88% der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen Berücksichtigung. Im Umkehrschluss verbleiben in etwa 12% der mineralischen Fraktion als Verfüllmaterial vor Ort. Beim Stahl sind die berechneten Mengen deutlich, und zwar um das 4-fache höher als jene in den Entsorgungsnachweisen. Als Wertstoff besitzen die Eisen- und Stahlabfälle einen positiven monetären Wert. Aus diesem Grund werden Teile dieser Fraktion häufig anderweitig gehandelt und scheinen daher nicht in den Entsorgungsnachweisen vollständig auf. Die ermittelte Menge an Bau- und Abbruchholz ist nur halb so groß wie die nachweislich entsorgte Menge. Dies ist auf die komplexe Massenermittlung der Holzkonstruktionen bei diesem Objekt zurückzuführen.

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

5.1.5.4 Materialflussanalyse

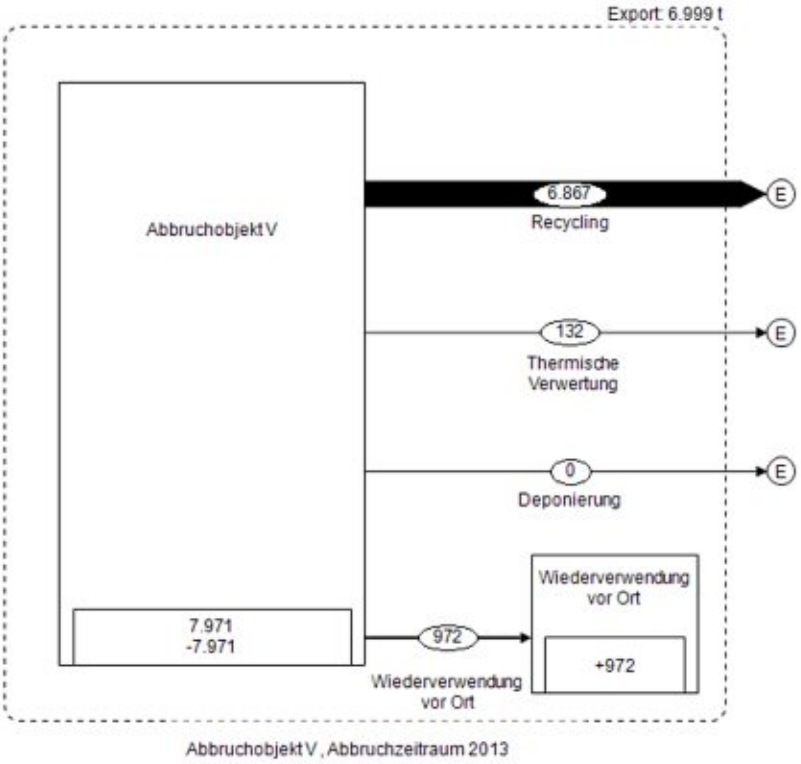


Abb. 36: MFA-Abbruchobjekt V

Die Abb. 36 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts V über den Abbruchzeitraum im Jahr 2013. Daraus wird ersichtlich, dass 6.867t Baurestmassen, das entspricht 86,2% der Gesamtabfallmenge, dem Recycling zugeführt werden. Dieser Fluss setzt sich aus 99,7% mineralischer Fraktion und 0,3% Stahl zusammen. Mit 132t werden rd. 1,6% der anfallenden Baurestmassen einer thermischen Verwertung zugeführt. Der Anteil, der direkt deponiert wird, ist gleich null. Vor Ort als Verfüllmaterial wiederverwendet werden mit 972t rd. 12% des gesamten Abfallaufkommens. Da diese Menge direkt am Grundstück wiederverwertet wird, scheint sie in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf.

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

5.1.6 Abbruchobjekt VI - Wohngebäude Breitenfurterstraße 173

Bei diesem Abbruchobjekt in der Breitenfurterstraße 173 im 12. Wiener Gemeindebezirk handelt es sich um ein 1925 errichtetes Wohnhaus mit Nebengebäude, Garage und Schuppen. Die gesamte Brutto-Geschoßfläche liegt bei ca. 450m^2, der zugehörige Brutto-Rauminhalt des Abbruchobjekts beträgt ca. 1.500m^3.

Kategorie	Wohnen
Baujahr	1925
Adresse	Breitenfurterstraße 173
Bezirk	1120 Wien
Brutto-Geschoßfläche	ca. 450 m²
Brutto-Rauminhalt	ca. 1.5000 m³

Tab. 25: Key Facts zum Abbruchobjekt VI

5.1.6.1 Massenermittlung

Die tragenden Wände des Wohn- und Nebengebäudes sind in Massivbauweise aus Vollziegeln errichtet. Die Kellerdecke ist als Ziegelgewölbe gestaltet. Die Decke über dem Erdgeschoß ist als Dippelbaumdecke in Holzbauweise ausgeführt. Die Dachkonstruktion des Hauptgebäudes besteht aus einem Holzdachstuhl mit Ziegeleindeckung, die Eindeckung des Nebengebäudes aus Eternitplatten. Die nachträglich im Jahr 2007 errichtete Garage wurde mit Stahlbeton hergestellt und ist mit Welleternit eingedeckt. Der im selben Jahr errichtete Schuppen besteht aus Blähtonziegeln und Holz und ist ebenfalls mit Welleternit eingedeckt. Für den Fußbodenaufbau kommt eine Kombination aus Holzbelag und Lattung in Sandbettung zum Einsatz. Folgend werden die berechneten Baustoffmassen für das Abbruchobjekt VI präsentiert.

	Material	Massen [t]	Anteil [M-%]
Mineralische Baustoffe	Beton	17	3,2
	Ziegel	384	72
	Mörtel	87	16
	Putz	11	2,1
	Schüttmaterial	4	0,66
	Stahl	1	0,22
	Holz	23	4,4
	Eternit	5	0,92
		532	100

Tab. 26: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt VI

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

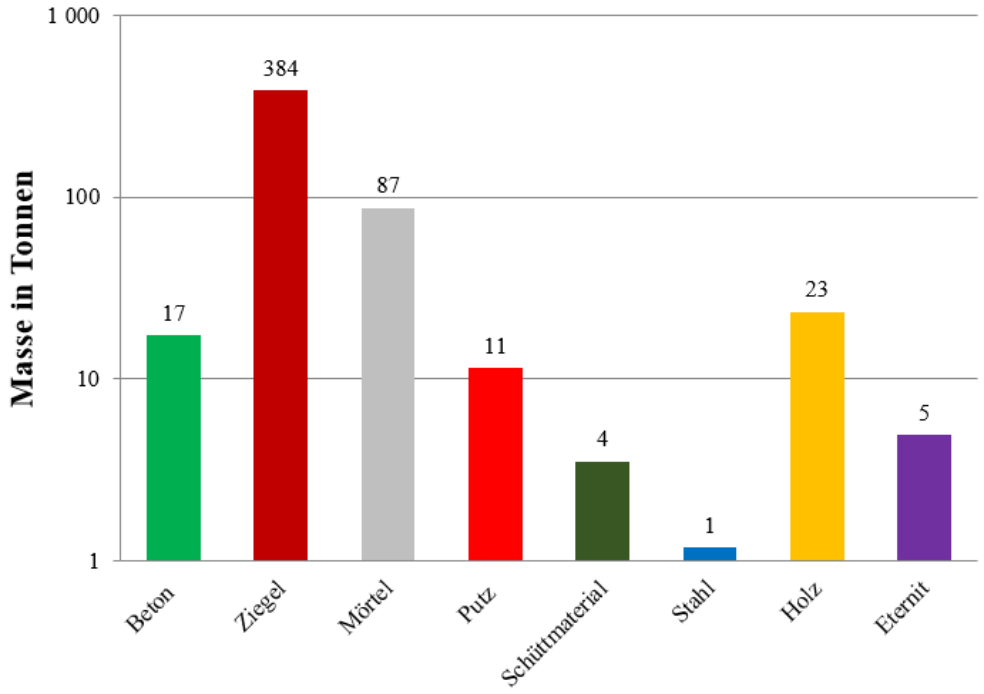


Abb. 37: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt VI

5.1.6.2 Entsorgungsnachweise für Baurestmassen

Folgend werden die dem Abbruchobjekt VI zugeordneten Entsorgungsnachweise für Baurestmassen, welche dem Bauherren vom Abbruchunternehmen übermittelt wurden, präsentiert.

Schlüsselnummer	Bezeichnung	Massen [t]	Anteil [M-%]
17202	Bau- und Abbruchholz	25	10
31409	Bauschutt	153	60
31412	Asbestzement	8	3,0
31427	Betonabbruch	44	17
35103	Eisen und Stahlabfälle, verunreinigt	4	1,6
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	19	7,5
		252	100

Tab. 27: Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt VI

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

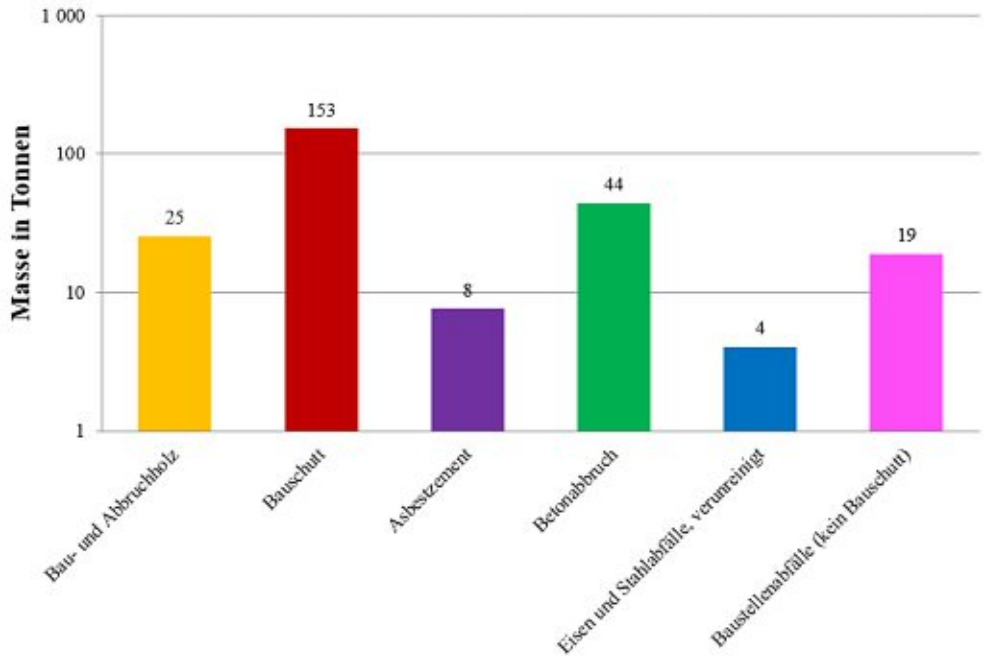


Abb. 38: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt VI

5.1.6.3 Gegenüberstellung der Massenermittlung und der Entsorgungsnachweise

Die Gegenüberstellung der ermittelten und nachweislich entsorgten Massen vom Abbruchobjekt VI führt zu folgenden Erkenntnissen: Der entsorgte Betonabbruch überschreitet mit 44t die berechnete Menge des vorhandenen Betons mit 17t deutlich. Weiters wurden 153t Bauschutt dem Recycling zugeführt. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus Beton, Ziegeln, Mörtel, Putz und Schüttmaterial. Dies bedeutet, dass nur rd. 39% der mineralischen Baurestmassen in den Entsorgungsnachweisen aufscheinen. Im Umkehrschluss bleiben 61% der mineralischen Fraktion als Verfüllmaterial vor Ort. Die Eisen und Stahlabfälle stellen bei diesem Abbruchobjekt eine untergeordnete Fraktion dar. Die ermittelten und nachweislich entsorgten Mengen stimmen größenordnungsmäßig überein. Bei den Fraktionen Bau- und Abbruchholzes sowie Asbestzement sind die ermittelten und nachweislich entsorgten Mengen beinahe ident.

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

5.1.6.4 Materialflussanalyse

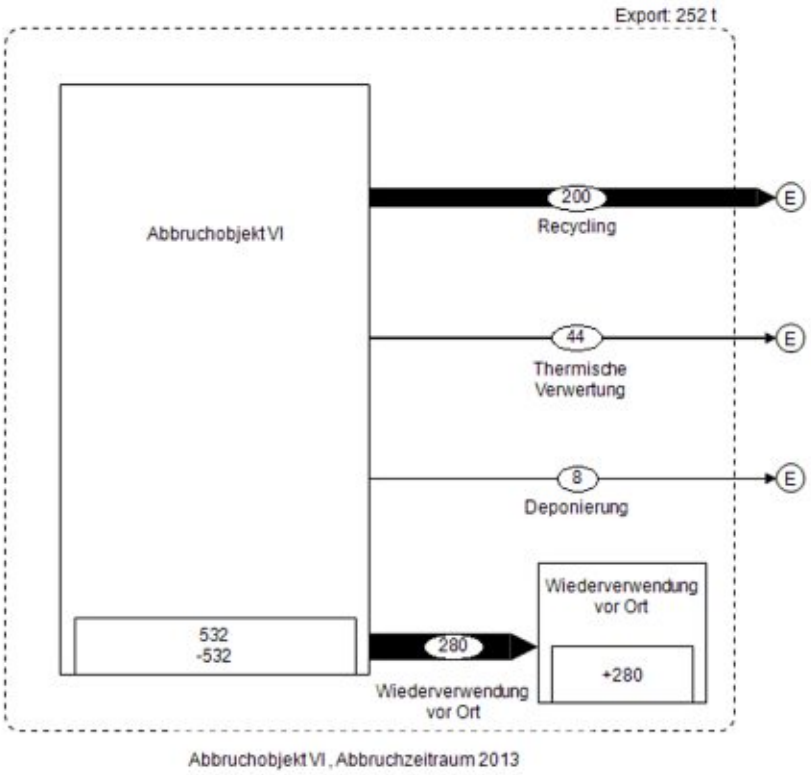


Abb. 39: MFA - Abbruchobjekt VI

Die Abb. 39 zeigt die Materialflussanalyse des Abbruchobjekts VI über den Abbruchzeitraum im Jahr 2013. Der Recyclinganteil beläuft sich auf 200t Baurestmassen, das entspricht 37,6% der Gesamtabfallmenge. Dieser Fluss setzt sich aus 98% mineralischer Fraktion und 2% Stahl zusammen. Der Anteil, welcher der thermischen Verwertung zugeführt wird, beläuft sich auf 44t. Der Anteil, der direkt deponiert wird, beträgt bei diesem Abbruchobjekt 1,4% des Gesamtabfallaufkommens und umfasst die Fraktion Asbestzement. Als Verfüllmaterial für die Geländeanpassung eingesetzt wurden mit 280t rd. 52% des gesamten Abfallaufkommens. Da diese Menge direkt vor Ort am Grundstück wiederverwertet wird, scheint sie in keiner Abfallstatistik als Bau- und Abbruchabfall auf.

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

5.1.7 Zusammenfassung der abfallwirtschaftlichen Analyse

Abschließend werden die wichtigsten Aspekte der abfallwirtschaftlichen Analyse zusammengefasst und die entscheidenden Resultate der ersten Forschungsfrage herausgehoben. Die für die erste Forschungsfrage herangezogenen konkreten Abbruchobjekte gliedern sich in die Kategorien Wohnen, Gesundheit & Pflege sowie Industrie & Produktion. Außerdem unterscheiden sich die Bauwerke in ihren Eigenschaften bezüglich Bauzeit, Objektgröße und verwendeter Baustoffe. Damit wird sichergestellt, dass die getroffene Auswahl an konkreten Abbruchobjekten eine repräsentative Stichprobe für den Großraum Wien darstellt und die Artenvielfalt der Gebäude berücksichtigt wird.

In Tab. 28 sind für eine bessere Übersicht die jeweiligen Materialflüsse, welche den einzelnen Abbruchobjekten zugeordnet sind, aufgeschlüsselt. Bemerkenswert sind dabei die großen Unterschiede unter den einzelnen Abbruchobjekten. Vergleicht man die Recyclingquoten für die mineralische Fraktion, die bei fast allen Objekten dominant ist, zeigen sich Abweichungen von bis zu 58%. Die Kennzahl des Recyclings für die mineralische Fraktion ist indirekt proportional mit der Wiederverwendungsquote vor Ort verknüpft. Somit kann darauf geschlossen werden, dass hohe Recyclingquoten bei der mineralischen Fraktion geringe Wiederverwendungsquoten vor Ort bedingen. Zurückzuführen ist dies auf die Bauablaufplanung. Startet im Anschluss an den Abbruch ein neues Bauprojekt, wird direkt mit dem Ausbau der Baugrube begonnen und diese natürlich nicht mehr verfüllt. Ist jedoch unmittelbar kein nachfolgendes Bauprojekt geplant, liegt das betreffende Grundstück brach und wird deshalb auf ein entsprechendes Niveau gebracht. Die Menge des dafür benötigten Verfüllmaterial hängt im Wesentlichen von der Anzahl der Untergeschoße des Abbruchobjekts ab. Für das Material, welches vor Ort als Verfüllmaterial der Baugrube eingesetzt wird, ist davon auszugehen, dass es im Zuge nachfolgender Bauprojekte als Bodenaushubmaterial deponiert wird und das Potential zur Herstellung eines Recycling-Baustoffs verloren geht.

Der Anteil der Eisen und Stahlabfälle und dessen Recycling an den gesamten Materialflüssen spielt im Bauwesen mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. Dieser variiert zwischen 0 und 2%. Erwähnenswert ist die Tatsache, dass ein Teil der Eisen und Stahlabfälle erst in den Aufbereitungsanlagen vom mineralischen Material getrennt wird. Somit wird sich der Anteil von Eisen und Stahlabfällen nachträglich noch geringfügig erhöhen.

Die Unterschiede bei der Quote für die thermische Verwertung hängen grundsätzlich von der Bauweise der Abbruchobjekte ab. Thermisch verwertet werden Bauholz und Baustellenabfälle.

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

Logischerweise fallen bei großen Ziegel- und Betonbauwerken verglichen mit Bauwerken in Holzbauweise weniger Abfälle an, die dieser Fraktion zugeordnet werden können.
Die Quoten für Materialien die direkt, sprich ohne Durchlaufen einer Aufbereitungsanlage, auf einer Deponie abgelagert werden, schwanken je nach Abbruchobjekt zwischen 0 und 6,2%.

	Konkrete Abbruchobjekte					
Materialflüsse [M-%]	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
Recycling	74,1	97,1	66,1	56,1	86,2	37,6
- mineralische Fraktion	73,1	95,1	64,0	56,1	85,9	36,9
- Stahl	0,73	1,9	2,0	-	0,23	0,76
- Bitumen	0,22	0,10	-	-	-	-
Thermische Verwertung	0,78	1,1	4,6	2,0	1,7	8,3
Deponie	6,2	0,077	0,022	-	-	1,4
Wiederverwendung vor Ort	18,9	1,8	29,3	41,9	12,2	52,6

Tab. 28: Verwertungs- und Entsorgungsanteile nach Abbruchobjekten

Die Verwendung des arithmetischen Mittels ermöglicht es, Kennzahlen, die die Stichprobe und als solche auch die gesamten Flüsse von Baurestmassen aus dem Hochbau im Großraum Wien widerspiegeln, zu generieren. Die Tab. 29 zeigt die ermittelten Kennzahlen für die unterschiedlichen Materialflüsse.

Materialflüsse [M-%]	**Kennzahlen**
Recycling	69,5
- mineralische Fraktion	68,5
- Stahl	1,1
- Bitumen	0,16
Thermische Verwertung	3,1
Deponie	1,9
Wiederverwendung vor Ort	26,1

Tab. 29: Arithmetisches Mittel der Materialflüsse von Baurestmassen im Großraum Wien

Aus den gemittelten Ergebnissen geht hervor, dass der größte Materialfluss mit rd. 70% dem Recycling der mineralischen Fraktion zugeordnet werden kann. Der Anteil des Stahl-Recyclings am Gesamtabfallaufkommen macht mengenmäßig lediglich ca. 1% aus, der des Bitumen-Recycling gar nur 0,16%. Ein weiterer interessanter Aspekt zur Metallfraktion ist, dass die ermittelten Massen zumeist deutlich über jenen in den Entsorgungsnachweisen liegen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Eisen- und Stahlabfälle einen positiven monetären Wert aufweisen. Aus diesem Grund werden Teile dieser Fraktion häufig anderweitig gehandelt und

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

scheinen daher nicht in den Entsorgungsnachweisen vollständig auf. Bau- und Abbruchholz ist in den meisten Fällen stark chemiekalisch behandelt und somit nur mehr für die thermische Verwertung zu gebrauchen. Ebenso thermisch verwertet werden die Baustellenabfälle, die nicht den Baurestmassen zugeordnet werden können und wohl eher der Restmüll-Fraktion ähneln. Der Anteil am Gesamtabfallaufkommen beläuft sich auf 3,1%. Unter die Fraktion Deponie fallen direkt deponierte Baurestmassen. Dies sind vor allem Asbestzement, zumeist in Form von asbesthaltigen Eternitplatten, aber teilweise auch nicht gefährliche mineralische Baurestmassen. Materialien, die deponiert werden, aber erst im Zuge des Recyclings anfallen, finden in dieser Analyse keine Berücksichtigung. Die interessanteste Kennzahl und gleichzeitig das Hauptaugenmerk dieser Forschungsfrage stellt der Anteil an Baurestmassen dar, der einer Wiederverwendung vor Ort zugerechnet werden kann. Mit 26,2% macht dieser Materialfluss einen erheblichen Prozentsatz aus. Umgelegt auf die Abfallstatistiken, wie z.B. auf den Bundesabfallwirtschaftsplan, bedeutet dieses Ergebnis, dass sämtliche publizierten Statistiken zu Bau- und Abbruchabfällen das tatsächliche Ausmaß um rd. ein Viertel unterschätzen. Dieses vor Ort zur Auffüllung der Baugrube eingesetzte Material fällt zwar im Zuge nachfolgender Bauprojekte als Abfall an. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es als Bodenaushubmaterial auf einer Deponie entsorgt wird und nicht den Weg in eine Behandlungsanlage für Baurestmassen findet. Daher geht für diesen Materialfluss das Potential als Inputmaterial zur Herstellung von Recycling-Baustoffen verloren.

Da sich diese Forschungsfrage mit der Analyse von Baurestmassen aus dem Hochbau im Großraum Wien beschäftigt, finden die Abfallfraktionen Bodenaushub und Straßenaufbruch hier keine Berücksichtigung.

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

5.2 Ökobilanzvergleich für konkrete Abbruchobjekte

Dieser Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse der zweiten Forschungsfrage. Auf die festgelegten Rahmenbedingungen für den Ökobilanzvergleich unter 5.2.1 folgen in den Unterkapiteln 5.2.2 5.1.1bis 5.2.4 die detailliert aufbereiteten Ökobilanzdaten zu den konkreten Abbruchobjekten. Diese Objekte wurden bereits in der Dissertation von *Kleemann*[159] zu Forschungszwecken herangezogen. Abschließend werden im Unterkapitel 5.2.5 die Erkenntnisse des Ökobilanzvergleichs zusammengefasst. Die genaue Vorgehensweise bei der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage ist der Methodik unter 4.2 zu entnehmen.

5.2.1 Rahmenbedingungen

Dieses Unterkapitel dient dazu, die Rahmenbedingungen für die Durchführung des Ökobilanzvergleichs festzulegen. Es soll einen Überblick über die zu vergleichenden Szenarien und deren Systemgrenzen geben sowie Information zur Wahl der Faktoren für die Bewertung der Treibhausgasemissionen und zu den getroffenen Annahmen liefern.

5.2.1.1 Szenarien und Systemgrenzen

Der Prozess des Gebäuderückbaus liegt außerhalb der gewählten Systemgrenze und fließt somit in die gegenständliche Ökobilanzierung nicht mit ein. Im Zuge des maschinellen Abbruchs sind die Hauptbestandteile gemäß RBV voneinander zu trennen. Um den Rahmen der gegenständlichen Arbeit nicht zu sprengen, finden lediglich die Fraktionen der mineralischen- sowie der Eisen- und Stahlabfälle in der zweiten Forschungsfrage Berücksichtigung. Diese vereinfachte Systembildung hat keine relevanten Auswirkungen auf die Ergebnisse der Ökobilanzierung. Mit den mineralischen Abfällen wird die mengenmäßig mit Abstand größte Fraktion inkludiert und mit den Eisen- und Stahlabfällen wird jene Fraktion mit dem größten Treibhauspotential miteinbezogen.

Für den Ökobilanzvergleich werden zwei unterschiedliche Szenarien hinsichtlich ihres Treibhauspotentials bilanziert. Die Abb. 40 und 41 stellen die zu vergleichenden Szenarien grafisch gegenüber.

[159] Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016).

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

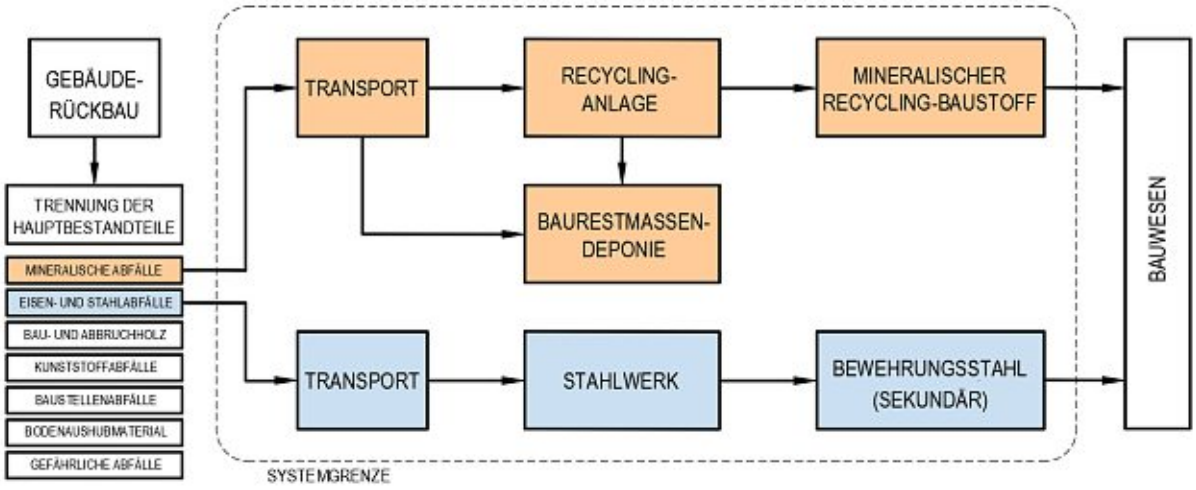


Abb. 40: Praxisnahes Recyclingszenario für Baurestmassen im Großraum Wien

Wie in Abb. 40 ersichtlich, stellt Szenario 1 ein im Großraum Wien der Praxis entsprechendes Recyclingszenario dar. Im System werden die Fraktionen der mineralischen- sowie Eisen- und Stahlabfälle getrennt behandelt. Bei den mineralischen Abfällen wird Bauschutt und Betonabbruch differenziert betrachtet. Beim mineralischen Systemstrang werden die Prozesse Transport, Aufbereitung sowie Deponierung mineralischer Abfällen sowie der hergestellte mineralische Recycling-Baustoff als Substitutionsgut für Kies als Primärressource miteinbezogen. Der Systemstrang für Eisen- und Stahlabfälle berücksichtigt neben dem Transport auch die Verwertung der Eisen- und Stahlabfälle im Zuge der neuerlichen Stahlerzeugung. Die Verwendung der Eisen- und Stahlabfälle als End-of-Life Produkt substituiert Eisenerz als Primärressource in der Stahlherstellung.

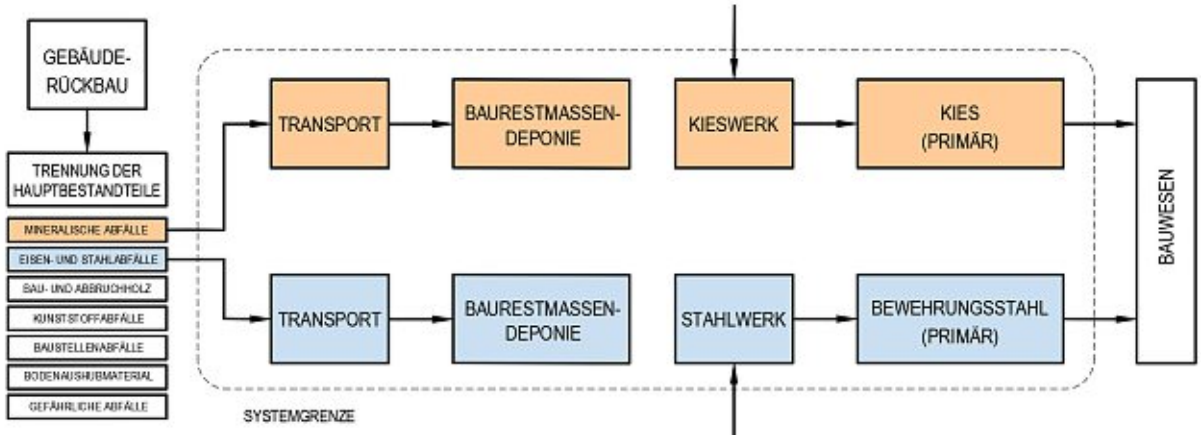


Abb. 41: Fiktives Deponierungsszenario für Baurestmassen im Großraum Wien

Während Szenario 1 den praxisnahen Recyclingvorgang für mineralische- sowie Eisen- und Stahlabfälle abbildet, stellt Szenario 2, wie in Abb. 41 ersichtlich, ein fiktives

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

Deponierungsszenario dar, welches benötigt wird, um den Ökobilanzvergleich durchzuführen und eine Aussage darüber treffen zu können, ob aus dem Baurestmassenrecycling ein positiver Umweltnutzen generiert werden kann. Das Szenario sieht vor, dass sowohl die mineralischen- als auch die Eisen- und Stahlabfälle zur Gänze deponiert werden und keinem Recycling zugeführt werden. Somit werden Primärressourcen nicht geschont. Um vergleichbare Ökobilanzen zu erhalten, müssen beim Deponierungsszenario dieselben Mengen an Primärressourcen ins System eingespeist werden, wie beim Recyclingszenario als Sekundärressourcen hergestellt werden.

5.2.1.2 Treibhauspotential (GWP)

Als Wirkungskategorie für den Ökobilanzvergleich wird das Treibhauspotential herangezogen. Im Zuge der Recherche konnten die für die Ökobilanzierung der beiden Szenarien erforderlichen Treibhauspotentiale in Datenbanken ausfindig gemacht werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Auswahl an Ökobilanzdaten für Österreich stark limitiert ist, wurde kurzerhand auf Bilanzdaten aus Deutschland zurückgegriffen. Herausgeber der öffentlich zugänglichen Datenbanken für Ökobilanzdaten sind das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)[160] und das Umweltbundesamt[161]. Die Datensätze repräsentieren Cradle-to-Gate Inventare. Folgend werden die für die Ökobilanzierung verwendeten Treibhauspotentiale und die dazugehörigen technischen Beschreibungen präsentiert:

- Transport

$$\mathrm{GWP}_{LKW} = 0{,}08969 \ \frac{kg\ CO_2\ \text{Äquiv.}}{t \cdot km}$$

Das GWP bezieht sich auf den LKW-Transport (EURO 5) von 1t Transportgut über eine Strecke von 1km. Es handelt sich um einen LKW mit 17,3t Nutzlast und 85% Auslastung.[162]
Die durchschnittliche Transportstrecke für das Recycling sowie die Deponierung von mineralischen Baurestmassen resultierend aus Abbrüchen im Großraum Wien wird mit einer Distanz von 30km abgeschätzt. Der Transport von Stahl- und Eisenabfälle zum Stahlwerk ist im GWP für die Herstellung von Bewehrungsstahl inkludiert. Die Deponierung der Eisen- und Stahlabfälle erfolgt unter der Annahme einer Transportstrecke von 30km.

[160] https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat/daten/db1.html#bereich1 (letzter Zugriff 02.04.2021).
[161] https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php (letzter Zugriff 02.04.2021).
[162] https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f54f1e4c-07e2-4045-9f1b-fb28ef8adf13&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

- Recycling

$$\mathrm{GWP}_{Bauschuttrecycling\ (trocken)} = 2{,}663\ \frac{kg\ CO_2\ \text{Äquiv.}}{t}$$

Das GWP beschreibt die Trockenaufbereitung von 1t Bauschutt zur Herstellung von mineralischen Recycling-Baustoffen in mobilen und stationären Anlagen. Aufgrund der thermischen Verwertung der abgetrennten Leichtfraktion (z.B. Kunststoffe) wird eine Energiegutschrift berücksichtigt. Die Systemgrenze bildet der fertige Recycling-Baustoff am Werkstor. [163]

Die Trockenaufbereitung stellt beim Bauschuttrecycling aktuell den Stand der Technik dar. Die Nassaufbereitung ist technisch möglich, in der Praxis im Großraum Wien aber nicht von Relevanz. Die hergestellten Recycling-Baustoffe werden im Tiefbau/Straßenbau als Künettenverfüllmaterial, Schüttungen und Bauwerkshinterfüllungen verwendet und ersetzen hier den primären Kieseinsatz.

$$\mathrm{GWP}_{Betonrecycling\ (trocken)} = 2{,}663\ \frac{kg\ CO_2\ \text{Äquiv.}}{t}$$

Das GWP für das Betonrecycling von 1t Betonabbruch mit dem Verfahren der Trockenaufbereitung wird aufgrund fehlender Ökobilanzdaten jenem des Bauschuttrecyclings gleichgesetzt. Dies ist möglich, da der Aufbereitungsprozess beim Trockenverfahren von der Wahl des Inputmaterials weitestgehend unabhängig ist. Die Systemgrenze bildet der fertige Recycling-Baustoff am Werkstor.

Die Trockenaufbereitung stellt auch beim Betonrecycling aktuell den Stand der Technik dar. Die hergestellten Recycling-Baustoffe werden im Tiefbau/Straßenbau für die Herstellung ungebundener und gebundener Tragschichten, als hochwertiges Künettenverfüllmaterial und als Drainageschichten verwendet und ersetzen hier den primären Kieseinsatz.

Die benötigte Energie je Tonne Anlagendurchsatz lässt sich anhand von Literaturdaten auf 19,5 MJ/t beziffern. Dieser Energieverbrauch spiegelt den Prozessablauf einer Referenzanlage in Deutschland wider.[164]

[163] https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4a937f66-c9c2-402b-9a00-83767031bfa7&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021).

[164] Heyn S. und Mettke A.: Ökologische Prozessbetrachtung - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen) (2010), 37.

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

$$\mathrm{GWP}_{Betonrecycling\ (nass)} = 5{,}545\ \frac{kg\ CO_2\ \text{Äquiv.}}{t}$$

Das GWP für das qualitativ hochwertigere Betonrecycling von 1t Betonabbruch mit dem Verfahren der Nassaufbereitung wurde aufgrund fehlender Ökobilanzdaten über den deutlich höheren Energieverbrauch der Aufbereitungsanlage aliquot zur Trockenaufbereitung hochgerechnet. Die Systemgrenze bildet der fertige Recycling-Baustoff am Werkstor.

Einzelne Anlagenbetreiber im Großraum Wien führen die Nassaufbereitung für Betonabbruch durch. Mit diesem Verfahren kann die für die Betonproduktion störende Feinfraktion abgetrennt werden. Daher werden diese Recycling-Baustoffe als Substitutionsgut für primären Kies bei der Betonherstellung verwendet.

Die benötigte Energie je Tonne Anlagendurchsatz lässt sich anhand von Literaturdaten auf 40,6 MJ/t beziffern. Dieser Energieverbrauch spiegelt den Prozessablauf einer Referenzanlage in Deutschland wider.[165]

$$\mathrm{GWP}_{Bewehrungsstahl(sekundär)} = 683{,}4\ \frac{kg\ CO_2\ \text{Äquiv.}}{t}$$

Das GWP für sekundären Bewehrungsstahl beinhaltet die wesentlichen Herstellungsprozesse in einem Elektrostahlwerk. Als Hauptprozess ist das Schmelzen in einem Lichtbogenofen (engl. Electric Arc Furnace [EAF]) unter immensem Energieverbrauch zu berücksichtigen. Beim Rohmaterial des EAF handelt es sich um Eisenschrott, welcher als Verschnitt innerhalb des Herstellungsprozesses und im Zuge der nachgelagerten Produktion (z.B. im Fahrzeugbau) sowie als End-of-Life Produkt (z.B. als Eisen- und Stahlabfälle aus dem Bauwesen) anfällt. Sämtliche Transporte aller zur Herstellung benötigten Materialfraktionen sind im Datensatz inkludiert. Die an den Stahlabstich anschließenden Prozessschritte des Stranggießens sowie der Ziehvorgang zu Stabstahl finden im Datensatz Berücksichtigung. Die Systemgrenze bildet das fertige Produkt Bewehrungsstahl am Werkstor.[166]

[165] Heyn S. und Mettke A.: Ökologische Prozessbetrachtung - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen) (2010), 38.
[166] https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e9ae96ee-ba8d-420d-9725-7c8abd06e082&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

- Deponierung

$$\mathrm{GWP}_{Deponierung\ (mineralische\ Abfälle)} = 13{,}64\ \frac{kg\ CO_2\ Äquiv.}{t}$$

Das GWP beschreibt die Entsorgung von 1t mineralischem Abfall in einer angemessenen Deponie. Da mineralische Baurestmassen weitestgehend inert sind, verursachen sie über die Deponiedauer keine weiteren Treibhausgasemissionen. Das GWP berücksichtigt den Bau einer Inertabfalldeponie mit einer Oberflächenversiegelung und einer Basisabdichtung. Die Deponiehöhe wird mit 30m angegeben, das Deponiegelände beläuft sich auf 40.000m² und es ist eine Lagerung auf 100 Jahre vorgesehen. Der Einsatz von Dichtungsmaterialien (Ton und PE-Folie) sowie von Diesel für den Kompaktor ist im Datensatz enthalten.[167]

$$\mathrm{GWP}_{Deponierung\ (Stahl-und\ Eisenabfälle)} = 13{,}64\ \frac{kg\ CO_2\ Äquiv.}{t}$$

Das GWP für die Entsorgung von 1t Stahl- und Eisenabfallen in einer angemessenen Deponie wird aufgrund fehlender Ökobilanzdaten der Deponierung von mineralischen Abfällen gleichgesetzt. Da für die Stahlfraktion Recyclingquoten von nahezu 100% erreicht werden, verwundert das Fehlen von passenden Ökobilanzdaten nicht weiter.

- Primärressourcen

$$\mathrm{GWP}_{Kies} = 2{,}854\ \frac{kg\ CO_2\ Äquiv.}{t}$$

Das GWP für Kies als Primärrohstoff bildet den Prozess der Rohkiesgewinnung im Tagebau mitsamt anschließender Produktaufbereitung im Kieswerk ab. Die Produktaufbereitung beinhaltet eine Kieswäsche, eine Sortierung und eine Klassifizierung. Die Systemgrenze bildet das fertige Produkt Kies 2/32 am Werkstor.[168]

$$\mathrm{GWP}_{Bewehrungsstahl\ (primär)} = 1010\ \frac{kg\ CO_2\ Äquiv.}{t}$$

Das GWP für primären Bewehrungsstahl beinhaltet die wesentlichen Herstellungsprozesse in einem Stahlwerk. Die Hauptprozesse sind das Schmelzen von Eisenerz im Hochofen zu Roheisen sowie die Weiterbehandlung im Sauerstoffkonverter zu Rohstahl. Sämtliche Transporte aller zur Herstellung benötigten Materialfraktionen sind im Datensatz inkludiert.

[167] https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b7cacb37-7945-4518-be5a-bf7df7edf5c2&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021).
[168] https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3ce61a4e-4d91-4b1d-b675-276be05b9225&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

Die an den Stahlabstich anschließenden Prozessschritte des Stranggießens sowie der Ziehvorgang zu Stabstahl finden im Datensatz Berücksichtigung. Die Systemgrenze bildet das fertige Produkt Bewehrungsstahl am Werkstor.[169]

Transport	GWP [kg CO_2 Äquiv./t]	Transportstrecke [km]
mineralische Abfälle » Recyclinganlage	2,691	30
mineralische Abfälle » Baurestmassendeponie	2,691	30
Eisen- und Stahlabfälle » Baurestmassendeponie	2,691	30
Recycling	GWP [kg CO_2 Äquiv./t]	Verfahren
Recycling-Baustoff aus Bauschutt	2,663	Trockenaufbereitung
Recycling-Baustoff aus Betonabbruch	2,663	Trockenaufbereitung
	5,545	Nassaufbereitung
Bewehrungsstahl (sekundär)	683,4	Stahlwerk - Schrott
Deponierung	GWP [kg CO_2 Äquiv./t]	Deponietyp
mineralische Abfälle	13,64	Baurestmassendeponie
Eisen- und Stahlabfälle	13,64	Baurestmassendeponie
Primärresourcen	GWP [kg CO_2 Äquiv./t]	Verfahren
Kies (primär)	2,854	Kieswerk - Tagebau
Bewehrungsstahl (primär)	1010	Stahlwerk - Eisenerz

Tab. 30: Zusammenstellung der verwendeten Treibhauspotentiale[170]

In Tab. 30 werden die für die Ökobilanzierung verwendeten Treibhauspotentiale zur besseren Übersicht nochmals gegenübergestellt. Bei Betrachtung der Zusammenstellung fällt sofort auf, dass die Treibhauspotentiale für die Stahlherstellung, unabhängig ob primär oder sekundär, verglichen mit jene für die mineralische Fraktion irrsinnig hoch sind. Das GWP von Bewehrungsstahl (sekundär) ist z.B. 256 mal so groß wie das GWP für einen Recycling-Baustoff hergestellt aus Bauschutt. Der Faktor für die Primärerzeugung von Bewehrungsstahl ist nochmals um ca. 48% höher als jener für die Sekundärerzeugung. Somit kann festgehalten werden, dass die Eisen- und Stahlfraktion hinsichtlich ihrer anfallenden Treibhausgasemissionen weit über die mineralische Fraktion zu stellen ist.

Überraschend ist auch die Tatsache, dass das GWP für die Deponierung von Baurestmassen mit 13,64 kg CO_2 Äquiv./t deutlich höher ist als das GWP für das Recycling von mineralischen Abfällen. Abhängig vom gewählten Verfahren wird die Aufbereitung mit einen GWP von 2,663 bis 5,454 kg CO_2 Äquiv./t beziffert.

[169] https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={CE8249D9-42DE-49FF-8342-D9B79A26A320} (letzter Zugriff 02.04.2021).
[170] https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat/daten/db1.html#bereich1 (letzter Zugriff 02.04.2021); https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php (letzter Zugriff 02.04.2021).

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

5.2.1.3 Recyclingquoten

- Recyclingquoten für mineralische Abfälle

Um möglichst realitätsnahe Kennwerte zu den Recyclingquoten in den lokalen Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen zu erhalten, wurden im Zuge einer Datenerhebung des Instituts für Wassergüte und Ressourcenmanagement die im Großraum Wien ansässigen Betreiber von Recyclinganlagen kontaktiert. Unterschieden wird zwischen Recycling von Bauschutt und Recycling von Betonabbruch. Die Ergebnisse dieser Erhebung sind in Abb. 42 dargestellt.

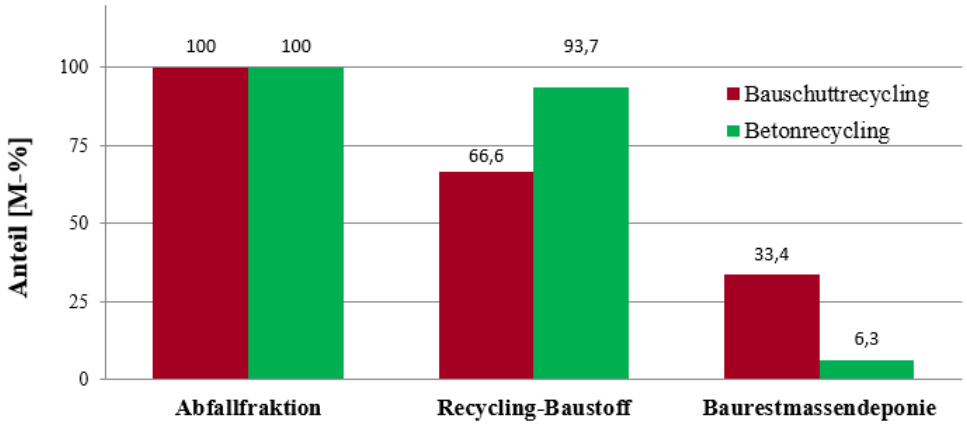


Abb. 42: Gegenüberstellung Bauschutt- und Betonrecycling

Bereits auf den ersten Blick wird die Differenz bei den Recyclingquoten für Bauschutt und Betonabbruch ersichtlich. Verlassen bei der Herstellung von Recycling-Baustoffen aus Betonabbruch ca. 94% des Inputmaterials die Behandlungsanlage als Sekundärrohstoff, liegt die Quote beim Bauschuttrecycling mit ca. 67% deutlich darunter. Dieser Umstand ist nicht etwa auf ein Technologieproblem bei der Baurestmassenaufbereitung zurückzuführen, sondern vielmehr darauf, dass es aktuell für die anfallenden Mengen an Bauschutt im Großraum Wien keine ausreichende Verwendung gibt. Bei den produzierten Recycling-Baustoffen aus der Bauschuttfraktion handelt es sich um rezyklierten Ziegelsand oder Ziegelsplitt (RZ) und um rezyklierte mineralische Hochbaurestmassen (RMH). Der Betonabbruch wird zu rezyklierten gebrochenem Betongranulat (RB) aufbereitet.

- Recyclingquoten für Eisen- und Stahlabfälle

Das Recycling in der Stahlherstellung hat seit langer Zeit Tradition. Die Recyclingquote für die Fraktion der Eisen- und Stahlabfälle liegt tatsächlich knapp unter 100%. In der gegenständlichen Arbeit wird daher eine Recyclingquote von 100% angenommen.

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

5.2.2 Abbruchobjekt I - Pensionistenheim Haus Döbling

Bei diesem Objekt handelt es sich um eine Wohnanlage, bestehend aus mehreren Gebäuden in Stahlbeton-Massivbauweise. Der Brutto-Rauminhalt beträgt ca. 60.000m³. Detailreichere Informationen zum Abbruchobjekt I sind dem Kapitel 5.1.1 zu entnehmen.

5.2.2.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput

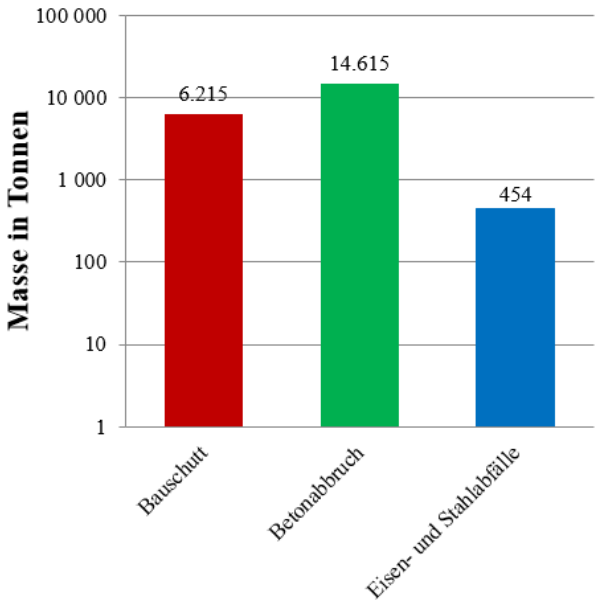


Abb. 43: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt I

Die Abb. 43 liefert eine Übersicht über die aus dem Abbruch resultierenden Baurestmassen, die in der gegenständlichen Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt I berücksichtigt werden. Dabei werden für die mineralischen Abfälle die tatsächlich entsorgten Mengen aus den Entsorgungsnachweisen herangezogen. Damit wird sichergestellt, dass der Anteil an mineralischen Baurestmassen, welcher vor Ort als Verfüllmaterial verbleibt, nicht in die Ökobilanzierung miteinfließt. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnis aus der ersten Forschungsfrage, dass die Entsorgungsnachweise für die Eisen- und Stahlfraktion die Werte aus der Massenermittlung deutlich unterschätzen bzw. erst gar keine Entsorgungsnachweise für diese Fraktion vorliegen, wird auf die errechneten Mengen zurückgegriffen.

Die Fraktion Betonabbruch ist mit 14.615t führend, gefolgt von der Bauschuttfraktion mit 6.215t. Somit fließen in Summe 20.830t mineralische Abfälle in die Ökobilanzierung ein. Die Eisen- und Stahlabfälle machen mit einer Abfallmenge von 454t ca. 2% der Gesamtmenge aus, die als Input für die Ökobilanzierung herangezogen wird. Anhand dieser Zusammensetzung der Abfallmengen kann durchaus auf eine Stahlbeton-Bauweise rückgeschlossen werden.

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

5.2.2.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt I dargestellt. Die zwei Ökobilanzen unterscheiden sich hinsichtlich des bilanzierten Systems. Eine ausführliche Erläuterung der Szenarien sowie der verwendeten Treibhauspotentiale und Recyclingquoten ist dem Kapitel 5.2.1 Rahmenbedingungen zu entnehmen.

		Szenario 1 - Recycling					
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Bauschutt	Masse [t]	6.215	6.215		2.076	4.140	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	16.552		28.316	**61.592**	
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Betonabbruch	Masse [t]	14.615	13.020		2.416	12.199	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	39.326	34.671	72.193	32.956	**106.952**	**144.474**
		Transport	Stahlwerk		Bewehrungsstahl (sekundär)		
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	454	454		454		
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	-	310.569		**310.569**		
					Summe	**479.114**	**516.636**

Tab. 31: Recyclingszenario - Abbruchobjekt I

Die Tab. 31 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein praxisnahes Recyclingszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt I. Mit 311t verursacht die Herstellung von sekundärem Bewehrungsstahl 60 - 65% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Aufbereitung des Betonabbruchs mit 107 bzw. 144t, abhängig vom gewählten Verfahren und der Aufbereitung von Bauschutt mit 62t.

		Szenario 2 - Deponierung			
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Bauschutt	Masse [t]	6.215	6.215	4.140	4.140
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	84.779	11.814	**113.317**
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Betonabbruch	Masse [t]	14.615	14.615	12.199	12.199
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	39.326	199.354	34.817	**273.496**
		Transport	Baurestmassendeponie	Stahlwerk	Bewehrungsstahl (primär)
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	454	454	454	454
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	1.223	6.199	458.992	**466.413**
				Summe	**853.227**

Tab. 32: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt I

Die Tab. 32 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein fiktives Deponierungsszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt I. Die Treibhauspotentiale für die einzelnen Fraktionen korrelieren verhältnismäßig mit jenen des Recyclingszenarios. Mit 466t verursacht die Deponierung der Eisen- und Stahlabfälle und die Primärerzeugung von

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

Bewehrungsstahl 54% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Deponierung von Betonabbruch und der Primärerzeugung von Kies mit 273t (32%) und der Deponierung von Bauschutt und der Primärerzeugung von Kies mit 113t (13%).

Beim Vergleich des absoluten Treibhauspotentials zeigt sich, dass die emittierten Treibhausgase beim Deponierungsszenario jene beim Recyclingszenario um 39 bzw. 44% überschreiten. Die getrennte Analyse nach Fraktionen liefert folgende Erkenntnisse: Durch das Baurestmassenrecycling können bei der Stahlherstellung rd. 33% der Treibhausgase eingespart werden. Bei der mineralischen Fraktion sind es abhängig von der Wahl des Aufbereitungsverfahrens für den Betonabbruch zwischen 47 und 56%.

5.2.3 Abbruchobjekt III - Wohnpark Ottakring

Bei diesem Objekt handelt es sich um einen ehemaligen Produktions- und Industriestandort. Der Brutto-Rauminhalt beträgt in etwa 23.500m³. Detailreichere Informationen zum Abbruchobjekt III sind dem Kapitel 5.1.3 zu entnehmen.

5.2.3.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput

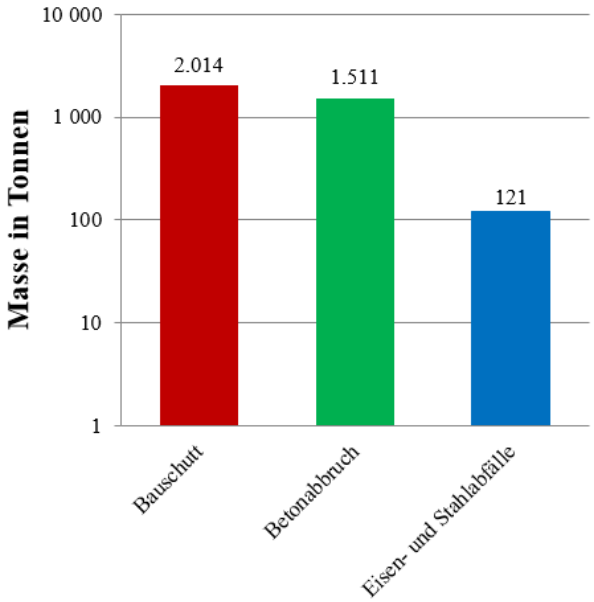


Abb. 44: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt III

Die Abb. 44 liefert eine Übersicht über die aus dem Abbruch resultierenden Baurestmassen, die in der gegenständlichen Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt III berücksichtigt werden. Dabei werden für die mineralischen Abfälle die tatsächlich entsorgten Mengen aus den Entsorgungsnachweisen herangezogen. Damit wird sichergestellt, dass der Anteil an mineralischen Baurestmassen, welcher vor Ort als Verfüllmaterial verbleibt, nicht in die

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

Ökobilanzierung miteinfließt. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnis aus der ersten Forschungsfrage, dass die Entsorgungsnachweise für die Eisen- und Stahlfraktion die Werte aus der Massenermittlung deutlich unterschätzen bzw. erst gar keine Entsorgungsnachweise für diese Fraktion vorliegen, wird auf die errechneten Mengen zurückgegriffen.

Die Bauschuttfraktion liegt mit 2.014t nur knapp vor der Fraktion Betonabbruch mit 1.511t. Somit fließen in Summe 3.525t mineralische Abfälle in die Ökobilanzierung ein. Die Eisen- und Stahlabfälle machen mit einer Abfallmenge von 121t ca. 3% der Gesamtmenge aus, die als Input für die Ökobilanzierung herangezogen wird. Diese Abfallmengen erscheinen durchaus plausibel für einen Produktions- und Industriestandort in gemischter Bauweise.

5.2.3.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt III dargestellt. Die zwei Ökobilanzen unterscheiden sich hinsichtlich des bilanzierten Systems. Eine ausführliche Erläuterung der Szenarien sowie der verwendeten Treibhauspotentiale und Recyclingquoten ist dem Kapitel 5.2.1 Rahmenbedingungen zu entnehmen.

		Szenario 1 - Recycling				
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Bauschutt	Masse [t]	2.014	2.014		673	1.342	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	5.364		9.177	**31.265**	
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Betonabbruch	Masse [t]	1.511	1.511		95	1.415	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	4.064	4.023	8.376	1.298	**9.385**	**13.738**
		Transport	Stahlwerk		Bewehrungsstahl (sekundär)		
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	121	121		121		
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	-	82.395		**82.395**		
					Summe	**123.045**	**127.398**

Tab. 33: Recyclingszenario - Abbruchobjekt III

Die Tab. 33 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein praxisnahes Recyclingszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt III. Mit 82t verursacht die Herstellung von sekundärem Bewehrungsstahl 65 - 67% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Aufbereitung des Bauschutts mit 31t und der Aufbereitung des Betonabbruchs mit 9 bzw. 14t, abhängig vom gewählten Verfahren.

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

		Szenario 2 - Deponierung			
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Bauschutt	Masse [t]	2.014	2.014	1.342	1.342
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	27.476	3.829	**48.029**
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Betonabbruch	Masse [t]	1.511	1.511	1.415	1.415
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	4.064	20.604	4.039	**28.708**
		Transport	Baurestmassendeponie	Stahlwerk	Bewehrungsstahl (primär)
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	121	121	121	121
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	324	1.645	121.772	**123.740**
				Summe	200.477

Tab. 34: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt III

Die Tab. 34 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein fiktives Deponierungsszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt III. Die Treibhauspotentiale für die einzelnen Fraktionen korrelieren verhältnismäßig mit jenen des Recyclingszenarios. Mit 124t verursacht die Deponierung der Eisen- und Stahlabfälle und die Primärerzeugung von Bewehrungsstahl 61% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Deponierung von Bauschutt und der Primärerzeugung von Kies mit 48t (24%) und der Deponierung von Betonabbruch und der Primärerzeugung von Kies mit 29t (14%).

Beim Vergleich des absoluten Treibhauspotentials zeigt sich, dass die emittierten Treibhausgase beim Deponierungsszenario jene beim Recyclingszenario um 36 bzw. 39% überschreiten. Die getrennte Analyse nach Fraktionen liefert folgende Erkenntnisse: Durch das Baurestmassenrecycling können bei der Stahlherstellung rd. 33% der Treibhausgase eingespart werden. Bei der mineralischen Fraktion sind es abhängig von der Wahl des Aufbereitungsverfahrens für den Betonabbruch zwischen 41 und 47%.

5.2.4 Abbruchobjekt IV - Geriatriezentrum Liesing

Bei diesem Objekt handelt es sich um ein Geriatriezentrum, welches der Kategorie Gesundheit und Pflege zugeordnet wird. Der Brutto-Rauminhalt beträgt ca. 40.000m³. Detailreichere Informationen zum Abbruchobjekt IV sind dem Kapitel 5.1.4 zu entnehmen.

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

5.2.4.1 Abfallfraktionen - Ökobilanzinput

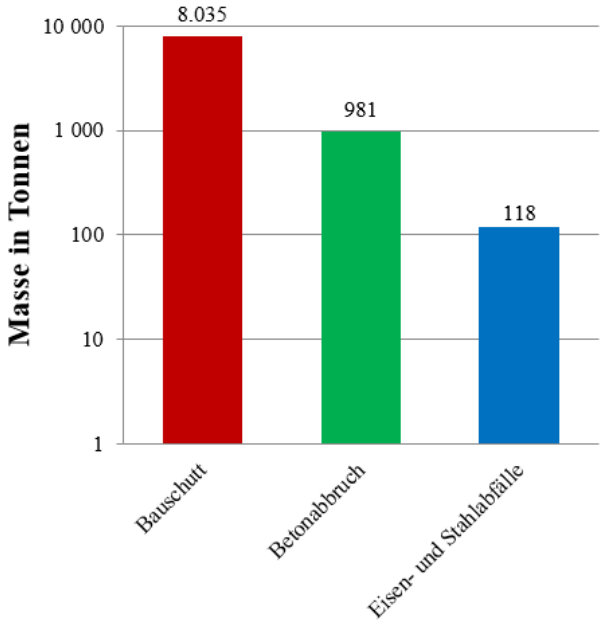


Abb. 45: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt IV

Die Abb. 45 liefert eine Übersicht über die aus dem Abbruch resultierenden Baurestmassen, die in der gegenständlichen Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt IV berücksichtigt werden. Dabei werden für die mineralischen Abfälle die tatsächlich entsorgten Mengen aus den Entsorgungsnachweisen herangezogen. Damit wird sichergestellt, dass der Anteil an mineralischen Baurestmassen, welcher vor Ort als Verfüllmaterial verbleibt, nicht in die Ökobilanzierung miteinfließt. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnis aus der ersten Forschungsfrage, dass die Entsorgungsnachweise für die Eisen- und Stahlfraktion die Werte aus der Massenermittlung deutlich unterschätzen bzw. erst gar keine Entsorgungsnachweise für diese Fraktion vorliegen, wird auf die errechneten Mengen zurückgegriffen.

Die Bauschuttfraktion ist mit 8.035t führend, gefolgt von der Fraktion Betonabbruch mit 981t. Somit fließen in Summe 9.016t mineralische Abfälle in die Ökobilanzierung ein. Die Eisen- und Stahlabfälle machen mit einer Abfallmenge von 118t ca. 1% der Gesamtmenge aus, die als Input für die Ökobilanzierung herangezogen wird. Anhand dieser Zusammensetzung der Abfallmengen kann durchaus auf ein Gebäude in Ziegelbauweise rückgeschlossen werden.

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

5.2.4.2 Ökobilanzvergleich - Gegenüberstellung der Szenarien

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Ökobilanzierung für das Abbruchobjekt IV dargestellt. Die zwei Ökobilanzen unterscheiden sich hinsichtlich des bilanzierten Systems. Eine ausführliche Erläuterung der Szenarien sowie der verwendeten Treibhauspotentiale und Recyclingquoten ist dem Kapitel 5.2.1 Rahmenbedingungen zu entnehmen.

		Szenario 1 - Recycling					
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Bauschutt	Masse [t]	8.035	8.035		2684	5.351	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	21.396		36.604	**74.725**	
		Transport	Recyclinganlage		Baurestmassendeponie	Recycling-Baustoff	
Betonabbruch	Masse [t]	981	981		62	919	
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	2.639	2.612	5.439	843	**6.094**	**8.921**
		Transport	Stahlwerk		Bewehrungsstahl (sekundär)		
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	118	118		118		
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	-	80.369		**80.369**		
					Summe	**161.189**	**164.016**

Tab. 35: Recyclingszenario - Abbruchobjekt IV

Die Tab. 35 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein praxisnahes Recyclingszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt IV. Mit 80t verursacht die Herstellung von sekundärem Bewehrungsstahl 49 - 50% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Aufbereitung des Bauschutts mit 74t und der Aufbereitung des Betonabbruchs mit 6 bzw. 9t, abhängig vom gewählten Verfahren.

		Szenario 2 - Deponierung			
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Bauschutt	Masse [t]	8.035	8.035	5.351	5.351
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	16.724	109.594	15.272	**141.590**
		Transport	Baurestmassendeponie	Kieswerk	Kies (primär)
Betonabbruch	Masse [t]	981	981	919	919
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	2.639	13.380	2.623	**18.642**
		Transport	Baurestmassendeponie	Stahlwerk	Bewehrungsstahl (primär)
Eisen- und Stahlabfälle	Masse [t]	118	118	118	118
	GWP [kg CO_2 Äquiv.]	316	1.604	118.778	**120.699**
				Summe	**280.931**

Tab. 36: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt IV

Die Tab. 36 zeigt die Ergebnisse der Ökobilanzierung für ein fiktives Deponierungsszenario für Baurestmassen im Großraum Wien für das Abbruchobjekt IV. Die Treibhauspotentiale für die einzelnen Fraktionen unterscheiden sich bei diesem Objekt von jenen des Recyclingszenarios

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

hinsichtlich ihrer Reihung. Mit 142t verursacht die Deponierung von Bauschutt und die Primärerzeugung von Kies 50% der Treibhausgasemissionen, gefolgt von der Deponierung der Eisen- und Stahlabfälle und der Herstellung von primärem Bewehrungsstahl mit 121t (42%) und der Deponierung von Betonabbruch und der Primärerzeugung von Kies mit 19t (7%).

Beim Vergleich des absoluten Treibhauspotentials zeigt sich, dass die emittierten Treibhausgase beim Deponierungsszenario jene beim Recyclingszenario um 42 bzw. 43% überschreiten. Die getrennte Analyse nach Fraktionen liefert folgende Erkenntnisse: Durch das Baurestmassenrecycling können bei der Stahlherstellung rd. 33% der Treibhausgase eingespart werden. Bei der mineralischen Fraktion sind es abhängig von der Wahl des Aufbereitungsverfahrens für den Betonabbruch zwischen 47 und 49%.

5.2.5 Zusammenfassung des Ökobilanzvergleichs

Abschließend werden die wichtigsten Aspekte des Ökobilanzvergleichs zusammengefasst und die entscheidenden Resultate der zweiten Forschungsfrage herausgehoben.

Die für die zweite Forschungsfrage herangezogenen konkreten Abbruchobjekte gliedern sich in die Kategorien Wohnbau (Abbruchobjekt I), Industrie & Produktion (Abbruchobjekt III) sowie Gesundheit & Pflege (Abbruchobjekt IV). Außerdem unterscheiden sich die Bauwerke in ihren Eigenschaften bezüglich Bauzeit, Objektgröße und verwendeter Baustoffe.

	Szenario 1 - Recycling		Szenario 2 - Deponierung
	Trockenaufbereitung	Nassaufbereitung	
Abbruchobjekt I	479.114	516.636	853.227
Abbruchobjekt III	123.045	127.398	200.477
Abbruchobjekt IV	161.189	164.016	280.931

Tab. 37: Absolute Treibhauspotentiale (in kg CO_2 Äquiv.) für das Recycling/die Deponierung von Baurestmassen für drei verschiedene Abbruchobjekte

Die Tab. 37 zeigt die absoluten Treibhauspotentiale für die drei bilanzierten konkreten Abbruchobjekte. Aus dem Vergleich von Recycling- und Deponierungsszenario geht für alle Objekte, unabhängig von der Bauweise und der Zusammensetzung der anfallenden Abfallfraktionen, ganz klar hervor, dass das Baurestmassenrecycling einen positiven Einfluss auf die Umwelt ausübt. Abhängig von der Wahl des Recyclingverfahrens für die Betonfraktion ergeben sich Einsparungen bei Treibhausgasemissionen von 39 - 42% verglichen mit dem Deponierungsszenario. Somit kann festgehalten werden, dass unabhängig von der Bauweise und der anfallenden Abfallfraktionen durch das Baurestmassenrecycling eine Reduktion der Treibhausgase von rd. 40% erzielt werden kann.

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

Dabei ist zu erwähnen, dass das Recycling der Eisen- und Stahlabfälle mit einer angenommenen Recyclingquote von 100% zu einer Reduktion der emittierten Treibhausgase von rd. 33% führt. Bei den mineralischen Abfällen ist die Reduktionsquote für das emittierte Treibhausgas von der Wahl des Aufbereitungsverfahrens und dem Verhältnis von Bauschutt zu Betonabbruch abhängig. Die Verhältnisabhängigkeit resultiert aus den unterschiedlichen Recyclingquoten der mineralischen Abfälle. Die Reduktionsquoten für Treibhausgas bei der mineralischen Fraktion liegen je nach Abbruchobjekt zwischen 41 und 56%.

	Brutto-Rauminhalt [m³]	Szenario 1 - Recycling		Szenario 2 - Deponierung	Einsparungspotential	
		Trockenaufbereitung	Nassaufbereitung			
Abbruchobjekt I	60.000	8,0	8,6	14,2	6,2	5,6
Abbruchobjekt III	23.500	5,2	5,4	8,5	3,3	3,1
Abbruchobjekt IV	40.000	4,0	4,1	7,0	3,0	2,9

Tab. 38: Spezifische Treibhauspotentiale (in kg CO_2 Äquiv./m³ BRI) für das Recycling/die Deponierung von Baurestmassen für drei verschiedene Abbruchobjekte

Um die Abbruchobjekte miteinander vergleichen zu können, sind in Tab. 38 die spezifischen Treibhauspotentiale für die drei bilanzierten konkreten Abbruchobjekte dargestellt. Dafür werden für jedes Abbruchobjekt die ermittelten absoluten Treibhauspotentiale durch den zugehörigen Brutto-Rauminhalt geteilt. Das Ergebnis sind vergleichbare Kennwerte in der funktionellen Einheit kg CO_2 Äquiv./m³ BRI. Bei der Analyse der spezifischen Treibhauspotentiale wird ersichtlich, dass das Abbruchobjekt I mit 8,0 bzw. 8,6 kg CO_2 Äquiv./m³ BRI für das Szenario 1 und 14,2 kg CO_2 Äquiv./m³ BRI für das Szenario 2 die höchsten Kennwert aufweist. Dies ist auf die Stahlbetonbauweise zurückzuführen. Gleichzeitig weist Abbruchobjekt I aber auch das größte Einsparungspotential für Treibhausgasemissionen unter Anwendung des Baustoffrecyclings auf. Im Gegensatz dazu liegt Abbruchobjekt IV als Ziegelbauwerk mit 4,0 bzw. 4,1 kg CO_2 Äquiv./m³ BRI für das Szenario 1 und 7,0 kg CO_2 Äquiv./m³ BRI für das Szenario 2 mit dem niedrigsten Kennwerten beim spezifischen Treibhauspotential an letzter Stelle. Dementsprechend gering ist auch das Einsparungspotential für Treibhausgase unter Anwendung des Baurestmassenrecyclings beim Abbruchobjekt IV. Das Abbruchobjekt III liegt als Produktions- und Industriestandort in gemischter Bauweise folgerichtig in der Mitte.

Um die zweite Forschungsfrage abschließend zu beantworten bleibt festzuhalten, dass der Abbruch von Bauwerken in Stahlbetonbauweise aus ökologischer Sicht am besten für das Baurestmassenrecycling geeignet ist. Der Abbruch von Stahlbetonbauwerken ist aufgrund der hohen Recyclingquoten und dem damit geringeren Verbrauch an Deponievolumen zu forcieren.

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

Ein weiterer Vorteil, der für das Recycling von Betonabbruch spricht, ist die Herstellung von qualitativ hochwertigen Recycling-Baustoffen, die in Zukunft als Substitutionsgut für Betonzuschlag großflächig Anwendung finden werden. Der Abbruch von Gebäuden in Ziegelbauweise ist aufgrund der Tatsache, dass aktuell im Großraum Wien der Bedarf an Recycling-Baustoffen aus Bauschutt nicht ausreichend gegeben ist, aus ökologischer Sicht nicht zu empfehlen. Für diese Recycling-Baustoffe findet aktuell hauptsächlich ein Downcycling in den Tief- und Straßenbau statt und selbst hier fehlen entsprechende Einsatzmöglichkeiten im städtischen Umfeld. Dies bedingt niedrige Recyclingquoten und damit einher geht ein hoher Deponieanteil. Somit sollte sich der Abbruch von klassischen Wiener Gründerzeithäuser in Ziegelbauweise auf kleine Objekte zur innerstädtischen Verdichtung der Bebauung beschränken, damit die Abfallmenge an Bauschutt nicht überhandnimmt. Aufgelassene Produktions- und Industriestandorte weisen einen großen umbauten Raum bei gleichzeitig geringerem Abfallaufkommen auf. Daher eignen sich solche Objekte besonders für die Verdichtung der innerstädtischen Bebauung.

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

6 Schlussfolgerungen

Resümierend bleibt festzuhalten, dass die vorhandenen Technologien zur Behandlung von mineralischen Baurestmassen in Österreich auf einem guten Stand der Technik sind. Die produzierten Recycling-Baustoffe stehen den Primärressourcen in Hinblick auf ihre technischen und umweltrelevanten Eigenschaften um nichts nach.

Bezugnehmend auf die erste Forschungsfrage möchte ich nochmals hervorstreichen, dass die in Abfallstatistiken publizierten Mengen an mineralischen Bau- und Abbruchabfällen um rd. ein Viertel unterschätzt werden. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass rd. 25% der anfallenden mineralischen Abfälle vor Ort als Verfüllmaterial wiederverwertet werden und daher nicht in den gesetzlich vorgeschriebenen Entsorgungsnachweisen aufscheinen. Es ist davon auszugehen, dass diese Menge im Rahmen eines nachgelagerten Neubauprojekts als Bodenaushubmaterial auf einer Baurestmassendeponie entsorgt wird und nicht den Weg in eine Recyclinganlage für mineralische Baurestmassen findet. Aufgrund dieser Tatsache geht das Potential als Inputmaterial für Recyclinganlagen verloren.

Bezugnehmend auf die Ergebnisse des Ökobilanzvergleichs sei nochmals erwähnt, dass durch das Baurestmassenrecycling rd. 40% Treibhausgasemissionen im Vergleich zu einer Deponierung des gesamten Abfallaufkommens eingespart werden können. Neben der Reduktion der Treibhausgasemissionen gehen mit dem Baurestmassenrecycling weiter positive Effekte einher. Einerseits zählt dazu die Schonung der Primärressourcen. Auch wenn aktuell hierzulande mineralische Primärressourcen in ausreichender Menge und zu günstigen Konditionen vorhanden sind, sind selbst in Österreich Primärressourcen nicht unbegrenzt zugänglich. Daher ist es schon jetzt von elementarer Wichtigkeit, die Vorkommen zu schonen und die Herstellung von hochwertigen Recycling-Baustoffen zu forcieren. Nach wie vor ist das Downcycling in der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen eine problematische Thematik. Speziell für Recycling-Baustoffe, hergestellt aus der Bauschuttfraktion, gibt es aktuell kaum qualitativ hochwertige Einsatzmöglichkeiten. Vielmehr werden die Recycling-Baustoffe im Tief- und Straßenbau als Künettenverfüllmaterial oder für Bauwerkshinterfüllungen eingesetzt. Das Ausmaß solcher Bauvorhaben als Abnehmer für erzeugte Recycling-Baustoffe im städtischen Maßstab ist jedoch sehr limitiert. Daher resultiert ein Bauschuttüberschuss und dementsprechend große Abfallmengen müssen deponiert werden. Im Gegensatz dazu kann nassaufbereitetes rezykliertes Betongranulat als Zuschlag in der neuerlichen Betonherstellung zur Anwendung kommen. Deshalb ist auch der Abbruch von Gebäuden in Stahlbetonbauweise

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

jenen in Ziegelbauweise vorzuziehen. Da aber auch der Baustoffmarkt in Österreich wie jeder andere Markt dem Prinzip von Angebot und Nachfrage unterliegt, verläuft die Steigerung der Produktionsmenge von nassaufbereitetem Betongranulat schleppend. Umso wichtiger ist die Verbesserung des Images der Recycling-Baustoffe.

Abschließend noch ein kurzer Denkanstoß zur österreichischen Gesetzeslage in Bezug auf das Baurestmassenrecycling. Mit der Einführung der RBV wurde im Jahr 2016 ein erster Schritt zu einer nachhaltigeren Kreislaufwirtschaft im Bauwesen getan. Um den Absatz von Recycling-Baustoffen nun weiter zu steigern und den mineralischen Sekundärprodukten am Markt einen konkurrenzfähigen wirtschaftlichen Rückhalt zu geben, wäre es an der Zeit, über eine gesetzliche Vorgabe hinsichtlich Verwendungsquoten für Recycling-Baustoffe nachzudenken. Auch wenn die gesetzliche Umsetzung im privaten Bereich schwierig werden könnte, sollte zumindest für öffentliche Bauvorhaben über solch eine Regelung nachgedacht werden.

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

Literaturverzeichnis

A.S.I.: ÖNORM B 3140: 2020 11 01 (Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton)

A.S.I.: ÖNORM B 2251: 2020 09 01 (Abbrucharbeiten Werkvertragsnorm)

A.S.I.: ÖNORM B 3151: 2019 11 01 (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode)

A.S.I.: ÖNORM EN ISO 16000-32: 2014 10 01 (Innenraumluftverunreinigungen - Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe)

A.S.I.: ÖVE/ÖNORM EN 45020: 2007 02 01 (Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten - Allgemeine Begriffe)

Bernhardt A. et al: Datenanalyse zur Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen in Österreich (2019)

Bilitewski B.: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft: Recyclinggerechter Baustellenbetrieb - kontrollierter Rückbau - Aufbereitung, Einsatz und Vermarktung von Recyclingbaustoffen (1995)

BMK: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020

BMLFUW: Erläuterungen zur Recycling-Baustoffverordnung, BMLFUW-UW.2.1.6/0008-V/2/2018

BMLFUW: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Recycling-Baustoffverordnung geändert wird, BGBl II 2016/290

BMLFUW: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008 – DVO 2008), BGBl II 2008/39

BMLFUW: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht über Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2012 – ANV 2012), BGBl II 2012/341

BMLFUW: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Pflichten bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten, die Trennung und die Behandlung von bei Bau- oder Abbruchtätigkeiten anfallenden Abfällen, die Herstellung und das Abfallende von Recycling-Baustoffen (Recycling-Baustoffverordnung – RBV), BGBl II 2015/181

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

BMLFUW: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung), BGBl II 2003/570

Brunner P.H. und Rechberger H.: Anthropogenic metabolism and environmental legacies, in *Encyclopedia of Global Environmental Change* [3], Munn T. (2001)

Brunner P.H. und Rechberger H.: Handbook of Material Flow Analysis, For Environmental, Resource, and Waste Engineers (2016)

Bundesgesetz, mit dem das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 geändert wird (AWG-Novelle 2010), BGBl I 2011/9.

Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002), BGBl I 2002/102

Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung (Altlastensanierungsgesetz), BGBl I 1989/299

Clement D. et al: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - ACTION 6 (2010)

Dinkel F.: Skript Ökobilanzen - Lebenszyklusanalyse - Life cycle analysis (2013)

Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union: Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, ABl L 312/3

Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union: Verordnung 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, ABl L 88/5

Heyn S. und Mettke A.: Ökologische Prozessbetrachtung - RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen) (2010)

Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: quantitative, qualitative und spatial analysis for Vienna (2016)

Müller A.: Baustoffrecycling - Entstehung - Aufbereitung - Verwertung (2018)

Schuhmann F.: Recyclinggerechte Gewinnung von Baurestmassen durch selektiven Gebäuderückbau in Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe - 4. Weimarer Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft (1996)

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

Onlinequellen

https://brv.at/recycling-baustoffe/ (letzter Zugriff 10.01.2021)

https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/types-eu-law_de (letzter Zugriff 03.10.2020)

https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat/daten/db1.html#bereich1 (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3ce61a4e-4d91-4b1d-b675-276be05b9225&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4a937f66-c9c2-402b-9a00-83767031bfa7&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b7cacb37-7945-4518-be5a-bf7df7edf5c2&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e9ae96ee-ba8d-420d-9725-7c8abd06e082&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f54f1e4c-07e2-4045-9f1b-fb28ef8adf13&stock=OBD_2021_I&lang=de (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={CE8249D9-42DE-49FF-8342-D9B79A26A320} (letzter Zugriff 02.04.2021)

https://www.schoenmackers.de/entsorgung/ (letzter Zugriff 03.10.2020)

https://www.wko.at/service/innovation-technologie-digitalisierung/grundlagen-der-normung-in-oesterreich.html (letzter Zugriff 09.10.2020)

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

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Der Güterumsatz [in t/(EW·Jahr)] des prähistorischen und modernen Menschen 1
Abb. 2: Zusammensetzung des Gesamtabfallaufkommens nach Abfallgruppen (2018) 3
Abb. 3: Abfallhierarchie der EU 7
Abb. 4: Übersicht über die Bau- und Abbruchabfälle 10
Abb. 5: Kriterien für die Durchführung einer Schad- und Störstoffanalyse 13
Abb. 6: Regelablauf eines Rückbaus 24
Abb. 7: Gegenüberstellung der spezifischen Kosten zwischen Abbruch und Rückbau 36
Abb. 8: Aufbau von stationären Behandlungsanlagen für mineralische Baurestmassen 38
Abb. 9: Prinzipskizze eines Backenbrechers 40
Abb. 10: Prinzipskizze eines Schlagwalzenbrechers 40
Abb. 11: Prinzipskizze eines Prallbrechers 41
Abb. 12: Prinzipskizze eines Überbandmagnetscheiders (links) und eines Trommelmagnetscheiders (rechts) 42
Abb. 13: Prinzipskizze der Gegenstromwindsichtung (links) und der Querstromwindsichtung (rechts) 43
Abb. 14: Prinzipskizze eines Schrägabscheiders (links) und eines Leichtstoffabscheiders mit Schwergutförderband (rechts) 44
Abb. 15: Prinzipskizze eines Schnecken-Aufstromsortierers (links) und einer Hydrotrommel (rechts) 45
Abb. 16: Prinzipskizze eines Hydrobandscheiders 46
Abb. 17: Prinzipskizze des Setzvorganges 46
Abb. 18: Prinzipskizze eines festen Rostes 48
Abb. 19: Beispielhaftes MFA System 55
Abb. 20: Dreieck der ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Verantwortung ... 58
Abb. 21: Unterschiedliche Ansätze zur Reduktion der Umweltbelastung 59
Abb. 22: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt I 62
Abb. 23: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt I 63
Abb. 24: MFA - Abbruchobjekt I 64
Abb. 25: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt II .. 66
Abb. 26: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt II 67

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

Abb. 27: MFA - Abbruchobjekt II 68
Abb. 28: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt III . 70
Abb. 29: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt III 71
Abb. 30: MFA - Abbruchobjekt III 72
Abb. 31: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt IV . 74
Abb. 32: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt IV 75
Abb. 33: MFA - Abbruchobjekt IV 76
Abb. 34: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt V .. 78
Abb. 35: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt V 79
Abb. 36: MFA-Abbruchobjekt V 80
Abb. 37: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Massenermittlung - Abbruchobjekt VI. 82
Abb. 38: Grafische Darstellung der Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt VI 83
Abb. 39: MFA - Abbruchobjekt VI 84
Abb. 40: Praxisnahes Recyclingszenario für Baurestmassen im Großraum Wien 89
Abb. 41: Fiktives Deponierungsszenario für Baurestmassen im Großraum Wien 89
Abb. 42: Gegenüberstellung Bauschutt- und Betonrecycling 95
Abb. 43: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt I 96
Abb. 44: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt III..... 98
Abb. 45: Grafische Darstellung der bilanzierten Abfallfraktionen - Abbruchobjekt IV..... 101

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

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Eingangsmaterialien für die Herstellung von Recycling-Baustoffen 15
Tab. 2: Qualitätsklassen und Beschreibung von Recycling-Baustoffen 16
Tab. 3: Beispielhaft die Parameter und Grenzwerte für Gesteinskörnungen für den ungebundenen sowie für den hydraulisch oder bituminös gebundenen Einsatz 16
Tab. 4: Tabellarische Zuordnung der Qualitätsklassen zu den Einsatzbereichen und Verwendungsverboten 18
Tab. 5: Grenzwerte für Gehalte im Feststoff (Gesamtgehalte) für die Annahme von Abfällen auf Baurestmassendeponien 21
Tab. 6: Auflistung der zu entfernenden Schad- und Störstoffe 26
Tab. 7: Kategorien für die Bestandteile von rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 12620 31
Tab. 8: Kategorien für die Bestandteile von rezyklierten Gesteinskörnungen gemäß ÖNORM EN 13242 33
Tab. 9: Typische Anwendungsmöglichkeiten für Recycling-Baustoffe 51
Tab. 10: Key Facts zum Abbruchobjekt I 61
Tab. 11: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt I 62
Tab. 12: Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt I 63
Tab. 13: Key Facts zum Abbruchobjekt II 65
Tab. 14: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt II 66
Tab. 15: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt II 67
Tab. 16: Key Facts zum Abbruchobjekt III 69
Tab. 17: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt III 70
Tab. 18: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt III 71
Tab. 19: Key Facts zum Abbruchobjekt IV 73
Tab. 20: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt IV 73
Tab. 21: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt IV 74
Tab. 22: Key Facts zum Abbruchobjekt V 77
Tab. 23: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt V 77
Tab. 24: Baurestmassen-Entsorgungsnachweise - Abbruchobjekt V 78
Tab. 25: Key Facts zum Abbruchobjekt VI 81
Tab. 26: Ergebnis der Massenermittlung - Abbruchobjekt VI 81
Tab. 27: Entsorgungsnachweise für Baurestmassen - Abbruchobjekt VI 82

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

Tab. 28: Verwertungs- und Entsorgungsanteile nach Abbruchobjekten 86
Tab. 29: Arithmetisches Mittel der Materialflüsse von Baurestmassen im Großraum Wien .. 86
Tab. 30: Zusammenstellung der verwendeten Treibhauspotentiale 94
Tab. 31: Recyclingszenario - Abbruchobjekt I 97
Tab. 32: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt I 97
Tab. 33: Recyclingszenario - Abbruchobjekt III 99
Tab. 34: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt III 100
Tab. 35: Recyclingszenario - Abbruchobjekt IV 102
Tab. 36: Deponierungsszenario - Abbruchobjekt IV 102
Tab. 37: Absolute Treibhauspotentiale (in kg CO_2 Äquiv.) für das Recycling/die Deponierung von Baurestmassen für drei verschiedene Abbruchobjekte 103
Tab. 38: Spezifische Treibhauspotentiale (in kg CO_2 Äquiv./m^3 BRI) für das Recycling/die Deponierung von Baurestmassen für drei verschiedene Abbruchobjekte 104

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

Abkürzungsverzeichnis

a	annum
Abb.	Abbildung
Abs	Absatz
ANV 2012	Abfallnachweisverordnung 2012
A.S.I.	Austrian Standards International
AWG 2002	Abfallwirtschaftsgesetz 2002
BA	Behandlungsanlage
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BAWP	Bundes-Abfallwirtschaftsplan
BPV	Bauproduktenverordnung
BRI	Brutto-Rauminhalt
BRV	Baustoff-Recycling Verband
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CE	Communauté Européenne
DVO 2008	Deponieverordnung 2008
EAR	Electric Arc Furnace
EN	Europäische Norm
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
GWP	Global Warming Potential
hEN	harmonisierte europäische Norm
ISO	internationale Vereinigung von Normungsorganisationen
(H)FCKW	teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe

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

idgF	in der geltenden Fassung
iSd	im Sinne des
kg	Kilogramm
LCA	Life Cycle Analysis
m^2	Quadratmeter
m^3	Kubikmeter
M-%	Massenprozent
MA	Magistrat
MFA	Materialflussanalyse
MJ	Megajoule
ÖNORM	Österreichische Norm
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PU	Polyurethan
RA	Recyclinganlage
RBV	Recycling-Baustoffverordnung
rd.	rund
s	Sekunde
STAN	subSTance flow ANalysis
t	Tonnen
Tab.	Tabelle
TOC	Total Organic Carbon
XPS	extrudiertes Polystyrol
Z	Ziffer
z.B.	zum Beispiel

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