



Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Ab- fallvermeidung und Abfallrecyc- ling der EU

(Projekt EnBa)

ACTION 7.1

Implementierung der „Thematischen Stra-
tegie für Abfallvermeidung und –
Recycling“ für Baurestmassen. 1. Krite-
rien für Sekundärprodukte und Behand-
lungsverfahren

Endbericht



Dieses Projekt wird im Rahmen
von LIFE+ von der Europäischen
Union finanziert

finanziert durch:

Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft,
Umwelt u. Wasserwirtschaft

Land Niederösterreich Land Oberösterreich
Land Steiermark Land Kärnten



Die Ressourcen Management Agentur (RMA)
ist ein Klimabündnisbetrieb





Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Ab- fallvermeidung und Abfallrecyc- ling der EU

(Projekt EnBa)

ACTION 7.1

Implementierung der „Thematischen Stra-
tegie für Abfallvermeidung und –
Recycling“ für Baurestmassen. 1. Krite-
rien für Sekundärprodukte und Behand-
lungsverfahren

Endbericht

DAVID CLEMENT
PAUL H. BRUNNER

HAMMER KERSTIN

finanziert
im Rahmen von LIFE+ von der Europäischen Union

durch das
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Amt der Kärntner Landesregierung

IMPRESSUM :

(Vers.1.0)

Projektsachbearbeitung:

David Clement, Kerstin Hammer, Paul H. Brunner

TU Wien

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement

Karlsplatz 13/226

1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 58801.22641

Fax: +43 (0)1 58801.22697

Email: office@iwa.tuwien.ac.at; <http://iwr.tuwien.ac.at/ressourcen>

Leadpartner :

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

ZVR Zahl: 482686233

Argentinierstraße 48/2. Stock

1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 913 22 52.0

Fax: +43 (0)1 913 22 52.22

Email: office@rma.at; www.rma.at

Kurzfassung

Der Schwerpunkt der Action 7.1. liegt in der Implementierung der thematischen Strategie und führt deshalb Vorgaben und Kriterien für die Bewirtschaftung von Baurestmassen an. Im ersten Schritt werden thematische Schwerpunkte für die Kriterien festgelegt. Diese sind zum Einen die Umweltkriterien für die Bewirtschaftung der Baurestmassen. Hierbei sind quantitativen Umweltkriterien festzulegen, die Umweltauswirkungen ermitteln, welche bei Abbruch und Baurestmassenaufbereitung entstehen. Zum Anderen sind im Sinne einer ressourceneffizienten Abfallwirtschaft Kriterien zur Ressourcenschonung relevant. Wirtschaftliche Kriterien, die die Kosten von Abbruch- und Behandlungsverfahren für verschiedene Szenarien ermitteln, werden ebenso miteinbezogen wie Qualitätskriterien für Sekundärprodukte. Bei diesen sind ökologische Eigenschaften z.B. die Schadstoffkonzentration und technische Eigenschaften, also die Eignung als Baustoff relevant. Zuletzt werden Kriterien für Verfahren und Prozesse festgelegt, beispielsweise Schadstoffemissionen und Trennleistung für verschiedene Fraktionen, aber auch die Kosten.

Die Auswahl der Kriterien basiert auf der Anwendung zweier Methoden. Die naturwissenschaftliche Stoffflussanalyse dient der Quantifizierung und Darstellung der Material- und Stoffflüsse der Baurestmassenwirtschaft in Österreich. Als zeitliche Systemgrenze gilt hier ein Jahr, als inhaltliche Systemgrenze die letzte Lebensphase eines Gebäudes, also Abbruch, Aufbereitung und Verwertung/Entsorgung. Betreffend der Material- und Stoffflüsse werden mineralische (z.B. Beton, Ziegel, Bauschutt gemischt) und nichtmineralische Materialien (z.B. Holz, Eisenfraktion, Nichteisenmetalle, Leichtfraktion wie Kunststoff und Holz, weitere Materialien wie bspw. schadstoffhaltige Materialien) betrachtet. Im Prozess wird der Abbruch mit Demolierung und selektivem Rückbau miteinbezogen sowie die manuelle Sortierung auf der Baustelle und die Baurestmassenaufbereitung mit mobilen oder stationären Anlagen. Weitere Prozesse, die berücksichtigt werden, sind der Einbau der Sekundärrohstoffe im Tief- und Hochbau, die Deponierung, der Transport sowie die Müllverbrennungsanlage. Die ökonomische modifizierte Kosten-Wirksamkeitsanalyse definiert die Wirkungskategorien und somit auch Kriterien und Indikatoren für die Bewertung des Systems. Unter anderem wird eine Zielanalyse erstellt sowie die monetären Kosten und Umweltauswirkungen gegenübergestellt.

Die Zielanalyse ergab die Definition von drei Oberzielen, nämlich erstens der Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt, zweitens die Schonung der Ressourcen und drittens die wirtschaftliche Effizienz. Oberziel 1 beinhaltet die Unterziele Verminderung der Schadstofffracht durch RC-Baustoffe in die Umwelt sowie die Verminderung der Treibhauswirksamkeit. Unterziele von Oberziel 2 sind beispielsweise die Schonung stofflicher und energetischer Ressourcen, die Erhaltung der Qualität von RC-Baustoffen sowie die Betrachtung der belastenden Schadstoffe. Die wirtschaftliche Effizienz als Oberziel 3 berücksichtigt u.a. die Planungskosten, Abbruchkosten, Aufbereitungskosten, Transportkosten und die Entsorgungskosten. Zusätzlich wurde eine Analyse von rechtlichen Grundlagen der Baurestmassenwirtschaft betreffend wie z.B. die thematische Strategie für Abfallvermeidung und –recycling der EU oder auch die österreichische Deponieverordnung durchgeführt.

Die oben angeführten Analysen und definierten Kriterien ermöglichen eine umfassende Bewertung der Baurestmassenwirtschaft und sollen letztendlich zur Bewertung der Verbreitung einer „guten Praxis“ in der Bewirtschaftung von Baurestmassen führen.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	V
INHALTSVERZEICHNIS	I
1 EINLEITUNG	1
2 FESTLEGUNG DER THEMATISCHEN SCHWERPUNKTE FÜR KRITERIEN	3
2.1 Umweltkriterien für die Bewirtschaftung der Baurestmassen.....	3
2.2 Kriterien zur Ressourcenschonung	4
2.3 Wirtschaftliche Kriterien	4
2.4 Qualitätskriterien für Sekundärprodukte.....	4
2.5 Kriterien für Verfahren und Prozesse.....	4
3 METHODIK FÜR DIE ERMITTLUNG DER KRITERIEN	5
3.1 Die Stoffflussanalyse.....	5
3.1.1 <i>Das System</i>	5
3.1.1.1 <i>Systemgrenzen</i>	6
3.1.1.2 <i>Material- und Stoffflüsse</i>	6
3.1.1.3 <i>Prozesse</i>	7
3.2 Die modifizierte Kosten-Wirksamkeits-Analyse (mKWA)	8
3.3 Weitere Kriterien	9
3.3.1 <i>Regelwerk</i>	9
3.3.2 <i>Literaturrecherche, Interviews</i>	9
4 DIE KRITERIEN.....	10
4.1 Kriterien für die modifizierte Kosten-Wirksamkeits-Analyse.....	10
4.1.1 <i>Die Zielanalyse</i>	10
4.1.1.1 <i>Zielhierarchie für die Bewertung der Bewirtschaftung der</i> <i>österreichischen Baurestmassen</i>	10
4.1.1.2 <i>Thematische Strategie für Abfallvermeidung und-recycling und EU-</i> <i>Abfallrahmenrichtlinie</i>	11
4.1.1.3 <i>AWG:</i>	11
4.1.1.4 <i>Oberziele</i>	12
4.1.2 <i>Oberziel 1: Schutz der menschlichen Gesundheit und</i> <i>Umwelt</i>	12

4.1.2.1	Ziel 1.1: Verminderung der Schadstofffracht durch RC-Baustoffe in die Umwelt.....	13
4.1.2.2	Ziel 1.2: Verminderung Treibhauswirksamkeit.....	14
4.1.3	Oberziel 2: Schonung der Ressourcen.....	15
4.1.3.1	Schonung der Ressource Fläche.....	15
4.1.3.2	Schonung stofflicher Ressourcen.....	15
4.1.3.3	Schonung energetischer Ressourcen.....	16
4.1.4	Ziel 3: Erhaltung der Qualität der RC- Baustoffe.....	17
4.1.4.1	Ziel 3.1. Verträglichkeit der Schadstoffkonzentrationen in RC- Baustoffen.....	17
4.1.4.2	Ziel 3.2. Technische Eignungskriterien.....	18
4.1.5	Die betrachteten Schadstoffe.....	18
4.1.5.1	Die Luft belastende Schadstoffe.....	19
4.1.5.2	Das Wasser belastende Schadstoffe.....	19
4.1.5.3	Den Boden belastende Schadstoffe.....	19
4.1.5.4	Beschreibung der berücksichtigten Schadstoffe.....	20
4.1.6	Oberziel 3: Wirtschaftliche Effizienz.....	24
4.1.6.1	Planungskosten für Abbrucharbeiten.....	25
4.1.6.2	Abbruchkosten.....	25
4.1.6.3	Aufbereitungskosten.....	25
4.1.6.4	Transportkosten.....	25
4.1.6.5	Entsorgungskosten.....	26
4.1.6.6	Variantenunabhängige Kostenkomponenten.....	26
4.2	Qualitätskriterien für Sekundärprodukte.....	27
4.3	Kriterien für Verfahren und Prozesse.....	27
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	30
6	LITERATUR.....	31

1 Einleitung

Zur Operationalisierung der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und –recycling der EU ist die Ableitung konkreter Ziele und darauf aufbauend die Entwicklung von speziellen Vorgaben und Kriterien erforderlich. Die Action 7 umfasst daher die Ausarbeitung von konkreten Vorgaben und Kriterien für die Bewirtschaftung von Baurestmassen, wobei der Schwerpunkt in der Implementierung der thematischen Strategie liegt.

In der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und –recycling sind explizit mehrere Maßnahmentitel angeführt. Die Umsetzung der thematischen Strategie erfordert daher aus folgenden Gründen eine Definition von Qualitäts-Standards:

- zur Abgrenzung der Recyclingprodukte von Abfällen über Umweltkriterien und Eignungskriterien (unter dem Maßnahmentitel: „Vereinfachung und Modernisierung bestehender Rechtsvorschriften: Definition von Abfällen“)
- zur Definition von Mindeststandards für Recyclingmaßnahmen und Recyclingmaterialien (unter dem Maßnahmentitel „Entwicklung gemeinsamer Recyclingstandards“)
- zur Schaffung eines homogenen Recyclingbinnenmarktes mit hohem Umweltschutzniveau auf Basis von Effizienzkriterien für ausgewählte Verwertungsprozesse und Verbreitung einer „guten Praxis“ auf Basis von Mindestnormen für relevante Verwertungsprozesse (unter dem Maßnahmentitel „Auf dem Weg zu einer europäischen Recyclinggesellschaft“).

Auf Basis der in den Actions 1, 2, 4 und 6 gesammelten Informationen über die Zusammensetzung der Baurestmassen, über die möglichen Behandlungstechnologien samt deren Wirkungen, Kosten und Wertschöpfungsmöglichkeiten werden konkrete Qualitätskriterien für (1) Recyclingprodukte und (2) Behandlungsverfahren abgeleitet. Die Formulierung der Kriterien erfolgt in mehreren Stufen, wobei die Stakeholder eingebunden sind, um eine möglichst reibungslose Implementierung zu gewährleisten. Im ersten Schritt werden aus strengen Umweltkriterien „harte“ Kriterien abgeleitet, die als langfristige Ziele festgeschrieben werden. Diese „harten Kriterien“ werden im zweiten Schritt an den technischen Möglichkeiten gemessen und erforderlichenfalls angepasst, um das Potenzial der kurz- und mittelfristigen Behandlungsmöglichkeiten zu umreißen. Im dritten Schritt werden die Kosten in die Betrachtung mit einbezogen, um die Kriterien auf ihre Umsetzbarkeit zu prüfen bzw. die Diskrepanz zwischen erwünschten, umweltschutzfachlichen Kriterien und dem ökonomisch „Akzeptablen“ aufzuzeigen.

Der Kriterienkatalog dient auch als Grundlage zur Entwicklung von Szenarien in der Action 8 die sich mit der Verbesserung bzw. Optimierung der Abfallwirtschaft aus dem Blickwinkel der Ressourcenschonung und Schadstoffminimierung befasst.

2 Festlegung der thematischen Schwerpunkte für Kriterien

Die im Rahmen des Projektes EnBa entwickelten Kriterien dienen in erster Linie der Beantwortung der Frage, ob die grundlegenden Ziele der EU – Abfallpolitik erreicht werden. Um diese Frage zu beantworten, muss die Problematik der Baurestmassen aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet werden. Die Kriterien werden deshalb nach thematischen Schwerpunkten gegliedert.

Die Kriterien müssen eine umfassende Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten und Szenarien für die Bewirtschaftung der Baurestmassen ermöglichen. Sie sollten allen maßgebenden Aspekten der Materialien und Verfahren, deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sowie den Kosten und Wertschöpfungsmöglichkeiten Rechnung tragen.

Die thematischen Schwerpunkte werden zunächst aus den bestehenden Regelwerken der europäischen und österreichischen Abfallpolitik abgeleitet. Anschließend werden sie durch eigene Überlegungen sowie durch Ergebnisse einer Literaturrecherche ergänzt. Die Festlegung der Kriterienhierarchie erfolgt auf ähnliche Weise (siehe Kap. 4.1.1).

Zusammenfassend werden für die Definition der Kriterien folgende thematische Schwerpunkte berücksichtigt:

- Umweltkriterien für die Bewirtschaftung der Baurestmassen
- Kriterien zur Ressourcenschonung
- Wirtschaftliche Kriterien
- Qualitätskriterien für Sekundärprodukte
- Kriterien für Verfahren und Prozesse

2.1 Umweltkriterien für die Bewirtschaftung der Baurestmassen

Im Rahmen des EnBa Projektes ist eine umweltökonomische Bewertung der Bewirtschaftung von Baurestmassen vorgesehen. Erster Schritt für die Definition der Kriterien ist die Festlegung „harter“ Umweltkriterien. Durch diese werden Umweltauswirkungen ermittelt, die durch die Prozesse des Abbruchs und der Baurestmassenaufbereitung entstehen. Festgelegt werden auch die ökologischen Auswirkungen der Prozesse, die nicht direkt die Baurestmassen betreffen, die aber von Materialströmen aus der Baurestmassenwirtschaft betroffen sind, z.B. die Müllverbrennung.

2.2 Kriterien zur Ressourcenschonung

Im Sinne einer ressourceneffizienten Abfallwirtschaft wird die Schonung der Ressourcen als zentrales Bewertungskriterium herangezogen. Es werden die Einsparung von materiellen Primärressourcen durch die Verwertung, der Ressourcenverbrauch der verschiedenen Prozesse und Verfahren, sowie die Schonung von Deponie- und Abbauf Flächen durch den Einsatz von Recyclingmaterial berücksichtigt.

2.3 Wirtschaftliche Kriterien

Auf betriebswirtschaftlicher Basis werden die Kosten von Abbruch- und Behandlungsverfahren für verschiedene Szenarien ermittelt. Außerdem werden die Erlöse angeführt, die aus dem Verkauf der Sekundärprodukte entstehen.

2.4 Qualitätskriterien für Sekundärprodukte

Ein zentraler Faktor für die nachhaltige Bewirtschaftung der Baurestmassen ist die Qualität der Sekundärprodukte. Diese setzt sich aus ökologischen und technischen Eigenschaften zusammen. Die ökologischen Eigenschaften entscheiden ob die Sekundärprodukte als Baustoffe verwendet werden können oder behandelt bzw. deponiert werden müssen (Abgrenzung von Abfällen). Die technischen Eigenschaften definieren ihre Eignung als Baustoff für konkrete Bauvorhaben. In weiterer Folge bestimmen diese den wirtschaftlichen Wert der Sekundärprodukte. Die ökologischen Kriterien werden hauptsächlich durch Schadstoffkonzentrationen der Sekundärprodukte ausgedrückt. Abhängig von diesen Konzentrationen werden Sekundärprodukte verschiedenen Wiederverwertungs- oder Entsorgungswegen zugewiesen. Als Entscheidungskriterium für die Zuweisung werden die Grenzwerte der Deponieverordnung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft 2008) und der Richtlinie für Recycling – Baustoffe (Österreichischer Baustoff Recycling Verband 2009) verwendet.

2.5 Kriterien für Verfahren und Prozesse

Die in 2.1 beschriebenen „harten“ Umweltkriterien drücken die Umweltauswirkungen der in der Bewirtschaftung der Baurestmassen involvierten Verfahren und Prozesse aus. Es sind dies hauptsächlich Schadstoffemissionen. Neben den Umweltkriterien werden diese Verfahren und Prozesse anhand weiterer Kriterien bewertet. Die in den Aktionen 2 und 6 festgelegten Transferkoeffizienten für Verfahren und Technologien beschreiben deren Trennleistung für verschiedene Fraktionen. Da die Trennleistung maßgeblichen Einfluss auf die Qualität der Sekundärprodukte hat, wird sie als wichtiges Bewertungskriterium angesehen. Entscheidend für die Einsetzbarkeit von Verfahren und Prozessen sind ihre Kosten. Diese bilden einen zentralen Teil der modifizierten Kostenwirksamkeitsanalyse (mKWA) und werden auf betriebswirtschaftlicher Basis berechnet.

3 Methodik für die Ermittlung der Kriterien

Die Auswahl der Kriterien basiert auf der Anwendung zweier naturwissenschaftlicher bzw. ökonomischer Methoden. Die Stoffflussanalyse dient der Quantifizierung und Darstellung der Material- und Stoffflüsse der österreichischen Baurestmassenwirtschaft. Im Zuge dessen wird die Systemgrenzen, die Konfiguration des betrachteten Systems sowie dessen Prozesse und Materialflüsse festgelegt. Die „modifizierte Kosten-Wirksamkeitsanalyse“ (mKWA) definiert die Wirkungskategorien und somit Kriterien und konkrete Indikatoren für die Bewertung des Systems.

Andererseits wird für die Auswahl der Kriterien eine Analyse der wichtigsten normativen Dokumente auf nationaler und Gemeinschaftsebene durchgeführt. Die Ziele und Grundsätze der österreichischen und europäischen Abfallpolitik sollen durch die Definition der Kriterien zum Ausdruck kommen.

In den folgenden Abschnitten werden die für die Festlegung der Kriterien eingesetzten Methoden beschrieben.

3.1 Die Stoffflussanalyse

Für die Erfassung und Darstellung des Gebäudeabbruches wird in den Aktionen 7 und 8 die Methode der Stoffflussanalyse (SFA) verwendet. Die untersuchten Verfahren und Technologien werden deshalb als „Prozesse“ im Hinblick auf ihre Integration in die Methode der SFA beschrieben. Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe dieser Methode im Zusammenhang mit dem EnBa – Projekt erklärt.

3.1.1 Das System

Die Verfahren und Technologien müssen in einem zusammenhängenden System betrachtet werden. Anhand dieses Systems wird bestimmt, welche Parameter und Kennzahlen für die einzelnen Schritte im System (Prozesse) im Rahmen dieser Aktion ermittelt werden. Abbildung 3-1 zeigt das Materialflusssystem „Gebäudeabbruch“.

Import: 2.042.189±0

Änderung im Bestand: 2.019.548±0

Export: 22.641±0 kg/a

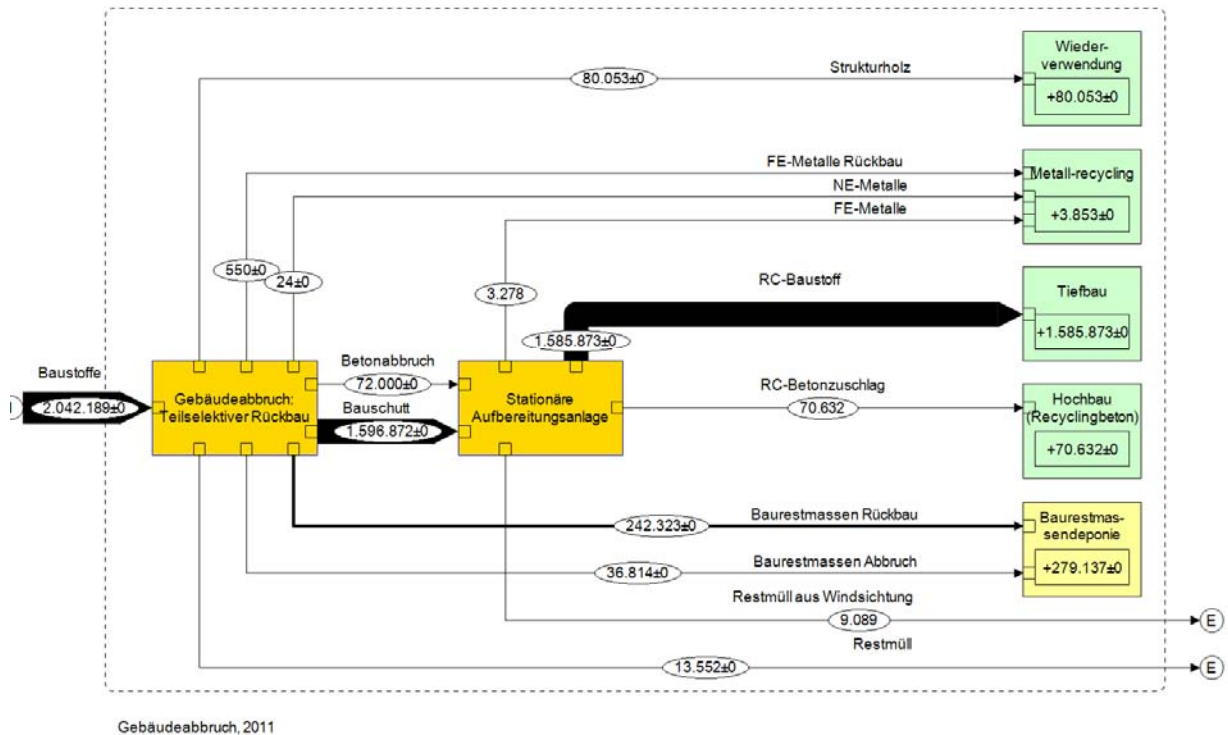


Abbildung 3-1: Materialflusssystem „Gebäudeabbruch“

3.1.1.1 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen bestimmen die zeitliche und räumliche Abgrenzung des Systems. Zusätzlich definieren sie, welche Prozesse und Materialflüsse betrachtet werden. Für das System „Gebäudeabbruch“ gelten folgende Grenzen:

- Zeitlich: 1 Jahr (2008)
- Inhaltlich: Letzte Lebensphase eines Gebäudes: Abbruch, Aufbereitung und Verwertung / Entsorgung

3.1.1.2 Material- und Stoffflüsse

Das Projekt EnBa beschäftigt sich hauptsächlich mit mineralischen Baurestmassen. Hauptaugenmerk liegt deshalb auf den Prozessen, die diesen Materialfluss betreffen. Die Flüsse nichtmineralischer Materialien sind für das EnBa - Projekt insofern interessant, als dass sie die Qualität der mineralischen Fraktion beeinträchtigen. Sie werden so lange betrachtet bis sie aus der mineralischen Fraktion als Stör- oder Wertstoffe entfernt werden.

Prozesse, die diese Flüsse betreffen werden in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen untersucht.

Im Wesentlichen werden folgende Materialflüsse betrachtet:

- Mineralische Baurestmassen:
 - Beton
 - Ziegel
 - Bauschutt gemischt
- Nichtmineralische Materialien:
 - Holz
 - Eisenfraktion
 - Nichteisenmetalle
 - Leichtfraktion (Kunststoff und Holz)
 - Weitere Materialien (z.B. schadstoffhaltige Materialien)

Die Quantifizierung der Materialflüsse erfolgt in Aktion 8.

3.1.1.3 Prozesse

Ein Prozess ist definiert als „die Umwandlung, der Transport oder die Lagerung von Materialien“ (Brunner und Rechberger 2004). Es sind dies die definierten kleinsten Einheiten, die in Aktion 6 betrachtet werden (z.B. Prozess „mobile Aufbereitungsanlage“). Prozesse werden als „Black Box – Prozesse“ betrachtet; das heißt, dass lediglich die In- und Outputs von Prozessen von Interesse sind (Brunner und Rechberger 2004). Bestehen Prozesse aus mehreren Verfahren, werden diese zu einem einzigen Prozess zusammengefasst. In der systematischen Betrachtungsweise des „Gebäudeabbruches“ bilden die im Folgenden dargestellten Verfahren und Technologien die systemrelevanten Prozesse. Prozesse sind Schritte, in denen Material- und Stoffströme verändert oder in ein Lager umgewandelt werden. Der Prozess „Aufbereitungsanlage für Baurestmassen“ z.B. trennt den Materialstrom „Abbruchmaterial“ in mindestens zwei Materialströme auf, die sich in ihrer Zusammensetzung vom ersten unterscheiden: Eisenmetalle und mineralischer Bauschutt. Materialströme enden z.B. in dem Prozess „Deponie“ und bauen ein Lager auf, das theoretisch keine Materialströme verlassen. Für die Abschätzung der Auswirkungen von potentiellen zukünftig einsetzbaren Technologien werden Prozesse betrachtet, die zurzeit noch keine praxisrelevante Anwendung in der Baurestmassenbewirtschaftung finden. So wird z.B. der Prozess „sensorgestützte Sortierung“ im System berücksichtigt. Folgende Prozesse der Baurestmassenbewirtschaftung in Österreich werden näher betrachtet.

1. Abbruch:
 - a. Demolierung
 - b. Selektiver Rückbau
 2. Manuelle Sortierung auf der Baustelle
 3. Baurestmassenaufbereitung:
 - a. Mobile Anlagen (vor Ort – Aufbereitung)
 - b. Stationäre Anlagen (zentrale Aufbereitung)
-

4. Weitere Prozesse

- a. Einbau der Sekundärrohstoffe im Tiefbau
- b. Einbau der Sekundärrohstoffe im Hochbau
- c. Deponierung
- d. Transport
- e. Müllverbrennungsanlage

Die aus der Stoffflussanalyse abgeleiteten Kriterien sind in Kap. 4 angeführt.

3.2 Die modifizierte Kosten-Wirksamkeits-Analyse (mKWA)

Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA) ist eine Methode der Wirtschaftlichkeitsanalyse für den öffentlichen Sektor. Sie soll es ermöglichen, aus verschiedenen alternativen Gestaltungsmöglichkeiten eines Projektes oder Wirtschaftszweiges die Vorteilhafteste zu finden. Bei einer KWA werden die Kosten monetär erfasst. Der Nutzen hingegen wird durch seinen Beitrag zur Erreichung von festgesetzten Zielen beurteilt (Schönback 2009). Da die Nutzen nicht monetär bewertet werden, ist es durch die KWA möglich, sie als physische Größen darzustellen. Große Bedeutung hat die Zielanalyse. Die Oberziele werden auf verschiedenen Ebenen in Ziele, Unterziele und schließlich operationalisierbare Ziele aufgeteilt. Die Erreichung operationalisierbarer Ziele kann durch Kriterien gemessen werden. In der darauf folgenden Wirksamkeitsanalyse werden operationale Maßstäbe und Indikatoren (Kriterien) entwickelt, anhand derer die Zielerreichungsgrade gemessen werden. Die Teilwirksamkeiten werden für die Quantifizierung der Zielerreichung auf Wirksamkeitsskalen ermittelt. Schließlich werden in einer Wirksamkeits- oder Zielertragsmatrix die Kosten der einzelnen Szenarien den jeweiligen Teilwirksamkeiten gegenübergestellt. Um die Wirksamkeitsanalyse im Hinblick auf Zahl und Ausmaß der erfassten Umwelt- und Ressourcenaspekte zu erweitern wurde von (Brunner, Hutterer et al. 2000) die modifizierte Kosten-Wirksamkeits-Analyse (mKWA) entwickelt. Diese kann Wirkkategorien der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment) verwenden (Schönback 2009).

Für die Bewertung verschiedener Szenarien für die österreichische Baurestmassenbewirtschaftung wird die Methode der modifizierten Kosten-Wirksamkeits-Analyse verwendet. Es können dadurch einerseits die Kosten der Bewirtschaftung, andererseits deren Umweltauswirkungen dargestellt werden. Tabelle 3-1 zeigt die schematische Darstellung der Form einer Kosten-Wirksamkeits-Matrix, die Kosten und (Umwelt)Auswirkungen gegenüberstellt.

Tabelle 3-1: Schematische Darstellung einer Kosten-Wirksamkeits-Matrix

Szenarien	Kosten	W1	W2	W3
S1	Kosten k_i	Teilwirksamkeiten w_{ij}		
S2				
S3				

i = Szenario

j = Kategorie

Für die Bewertung der Bewirtschaftung von Baurestmassen werden spezielle Kriterien entwickelt. Einerseits sollen diese speziell auf die Umweltauswirkungen dieses Abfallwirtschaftssektors eingehen; andererseits stehen die definierten Indikatoren exemplarisch auch für andere, nicht berücksichtigte Indikatoren. In Hinsicht auf Schadstoffe werden z.B. nicht nur die Schadstoffemissionen betrachtet, sondern es werden explizit die Schadstoffgehalte der Materialien angeführt. Dies soll es ermöglichen, die Schadstofffrachten im Lager festzustellen. Mineralische Baurestmassen tragen im Tiefbau beträchtlich zur Bildung eines Lagers bei, welches an die nachfolgenden Generationen weitergegeben wird. Im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung der österreichischen Baurestmassen ist die Berücksichtigung des Schadstoffeintrages in dieses Lager wesentlich.

3.3 Weitere Kriterien

3.3.1 Regelwerk

Für die Ableitung der Kriterien wurden die rechtlichen Grundlagen die Baurestmassenwirtschaft betreffend analysiert. Es sind dies folgende Dokumente:

- Die thematische Strategie für Abfallvermeidung und –Recycling der EU (Kommission der Europäischen Gemeinschaft 2005a)
- Die europäische Abfallrahmenrichtlinie (Parlament der Europäischen Union 2008)
- Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft 2002)
- Die österreichische Deponieverordnung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft 2008)
- Die österreichische Baurestmassentrennverordnung (Bundesministerium für Umwelt 1993)
- Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe des österreichischen Baustoff-Recycling-Verbandes (Österreichischer Baustoff Recycling Verband 2009)

3.3.2 Literaturrecherche, Interviews

Die Kriterien wurden während Interviews mit ExpertInnen und Stakeholdern besprochen. Eine umfassende Literaturrecherche der in die Baurestmassenwirtschaft involvierten Prozesse ergänzt die definierten Kriterien.

4 Die Kriterien

4.1 Kriterien für die modifizierte Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Die Kriterien, die für die Methode der mKWA definiert werden, dienen der ökonomisch-ökologischen Bewertung der Bewirtschaftung von Baurestmassen. Es sind diese die quantitativen Umweltkriterien, die bei der Bewirtschaftung von Baurestmassen berücksichtigt werden müssen. Sie beziehen sich auf das System „Gebäudeabbruch“. Anhand dieser Kriterien werden die ökologischen Auswirkungen und Kosten der einzelnen Prozesse quantifiziert. Bewertet werden schließlich in Aktion 8 gesamte Szenarien, die für das System festgelegt werden.

Diese Methode schließt mit ein und bewertet:

- Die Umweltauswirkungen von Verfahren und Prozessen (Emissionsbelastungen verschiedener Prozesse)
- Die Umweltauswirkungen von Materialströmen
- Die Ressourceneffizienz verschiedener Szenarien
- Effizienzkriterien für Verfahren in Bezug auf Trennleistung und Anreicherung von Wert- und Schadstoffen (Schadstoffentfrachtung)
- Die Kosten der Verfahren
- Das Umweltschutzniveau der verschiedenen Szenarien im Allgemeinen
- Bewertung der „guten Praxis“ des Gebäudeabbruches und der Baurestmassenaufbereitung.
- Die Betrachtung der Kosten erlaubt Aussagen über eine mögliche wirtschaftliche Optimierung der Entsorgungswege zu treffen.

4.1.1 Die Zielanalyse

Der erste Schritt der mKWA ist die Zielanalyse. Ausgehend von übergeordneten allgemeinen „Oberzielen“ werden in der Zielhierarchie auf weiteren zwei Ebenen Ziele und Unterziele abgeleitet, die in der untersten Ebene in operationalisierbare Ziele aufgegliedert werden. Die operationalisierbaren Ziele werden anhand des Erreichungsgrades derselben dargestellt. Für die Darstellung der Zielerreichungsgrade werden Indikatoren bzw. Kriterien entwickelt. Diese Teilwirksamkeiten können auf Kardinal-, Ordinal- oder Nominalskalen werden.

4.1.1.1 Zielhierarchie für die Bewertung der Bewirtschaftung der österreichischen Baurestmassen

Der erste Schritt der modifizierten KWA ist die Entwicklung eines operationalisierbaren Zielsystems. Das Zielsystem gliedert sich in eine hierarchische Ordnung die sich aus vier Ebe-

nen zusammensetzt. Die allgemeinen „Oberziele“ stehen an der Spitze. Diese unterteilen sich in den nächsten zwei Ebenen in Ziele und Unterziele. Die unterste Ebene enthält die konkreten Kriterien, die als Parameter gemessen bzw. ermittelt und durch einen konkreten Wert dargestellt werden können. Sinn dieser Aufgliederung ist die Überführung der abstrakten Oberziele in operationalisierbare und messbare Unterziele. Die oberste Zielebene (Oberziele) wird aus den wichtigsten rechtlichen Dokumenten abgeleitet. Es sind dies in erster Linie die Regelwerke der Europäischen Union, nämlich die Thematische Strategie für Abfallvermeidung und Recycling (2003), die Thematische Strategie für eine nachhaltige Ressourcennutzung (2005a) sowie die Abfallrahmenrichtlinie. Des Weiteren wird für die Definition der Oberziele das Österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 2002) analysiert.

4.1.1.2 Thematische Strategie für Abfallvermeidung und-recycling und EU- Abfallrahmenrichtlinie

Ausgehend von den Regelwerken der Europäischen Union werden die Oberziele des Zielsystems für die mKWA definiert. Im Vordergrund des EU – Abfallrechtes steht der Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit. Während des gesamten Lebenszyklus von Produkten sollen schädliche Wirkungen der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen vermieden oder verringert werden. Als schädliche Wirkungen werden die „Gefährdung von Wasser, Luft, Boden, Tieren und Pflanzen, die Verursachung von Geräusch- oder Geruchsbelästigungen und die Beeinträchtigung der Landschaft oder von Orten von besonderem Interesse“ genannt (Parlament der Europäischen Union 2008). Das Umweltschutzniveau der Abfallwirtschaft muss beibehalten werden (Kommission der Europäischen Gemeinschaft 2005b). Ressourcenschonung und die Reduktion der Gesamtauswirkung der Ressourcennutzung sind weitere Ziele der europäischen Abfall- und Ressourcenpolitik. Als Oberziele werden diese durch die Umweltauswirkungen des Abbaus der Primärressourcen und die Wiederverwertungsquote im Hinblick auf die Einsparung von Primärressourcen in Ziele umgesetzt. Hierfür gibt die Europäische Rahmenrichtlinie für Bau- und Abbruchabfälle ein konkretes Ziel vor: bis 2020 soll deren stoffliche Wiederverwertung auf mindestens 70 % erhöht werden. Als Ziel wird auch das qualitativ hochwertige Recycling genannt (Parlament der Europäischen Union 2008). Weitere Ziele die aus dem europäischen Recht hervorgehen betreffen die privat- und volkswirtschaftliche Effizienz der Baurestmassenbewirtschaftung (einschließlich der Kostenzuordnung nach dem Verursacherprinzip), die Schaffung eines homogenen Marktes für Recyclingprodukte, die Verfügbarkeit an Information sowie die Schaffung neuer Arbeitsplätze. Wirtschaftliche und soziale Folgen von Maßnahmen müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Um diesen Zielen gerecht zu werden enthält das EU-Recht Umweltkriterien, die in dieser Studie als „harte“ Kriterien übernommen werden.

4.1.1.3 AWG:

Im Einklang mit den europäischen Rechtsnormen definiert das AWG in Artikel 1 die Ziele der österreichischen Abfallwirtschaft. Demnach ist

„§ 1. (1) Die Abfallwirtschaft im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach aus-zurichten, dass

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

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

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

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

5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt. (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 2002)

4.1.1.4 Oberziele

Aus den europäischen und österreichischen Regelwerken ergeben sich folgende Oberziele für die Bewirtschaftung der Baurestmassen:

Tabelle 4-1: Oberziele für die Bewirtschaftung der österreichischen Baurestmassen

Oberziel 1	SCHUTZ DER MENSCHLICHEN GESUNDHEIT UND UMWELT
Oberziel 2	SCHONUNG DER RESSOURCEN
Oberziel 3	WIRTSCHAFTLICHE EFFIZIENZ

4.1.2 Oberziel 1: Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt

Wie bereits beschrieben, entwickelt die Wirksamkeitsanalyse operationale Maßstäbe und Indikatoren (Kriterien), anhand derer die Zielerreichungsgrade gemessen werden. Die Teilwirksamkeiten werden für die Quantifizierung der Zielerreichung auf Wirksamkeitsskalen ermittelt. Für die Ermittlung des Zielerreichungsgrades bezüglich Oberziel 1 – Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt – werden ökologische Wirkungskategorien definiert. Es werden die Prozesse des Systems „Baurestmassenwirtschaft Österreich“ im Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen untersucht. Emissionen die bei den einzelnen Prozessen entstehen, werden identifiziert und quantifiziert. In den folgenden Tabellen werden die Kriterien in Form von operationalisierten Zielen angeführt. Beispielsweise heißt das operationalisierte Ziel für das Kriterium „Kohlenmonoxidemissionen“ „Verträglichkeit von Kohlenmonoxidemissionen“.

4.1.2.1 Ziel 1.1: Verminderung der Schadstofffracht durch RC-Baustoffe in die Umwelt

Aus Deponien und wieder eingebauten Baurestmassen sind Emissionen in tiefere Bodenschichten zu erwarten. Es wird deshalb die Fracht der durch RC-Baustoffe und abzulagernde Baurestmassen transportierten Schadstoffe bewertet. Tabelle 4-2 listet die berücksichtigten Schadstoffe auf. Betreffend die organischen Schadstoffe, die vor allem als Biozide, Flammenschutzmittel oder Weichmacher in den Baustoffstrom Eingang fanden und immer noch finden, ist es aufgrund ihrer enormen Vielfalt an Stoffen unmöglich, alle anzuführen. Es werden deshalb nur einige Vertreter dieser Schadstoffgruppe angeführt. Als das Wasser gefährdende Stoffe gelten vor allem die in Wasser leicht löslichen Stoffe, wie z.B. Sulfate, Nitrate und Chloride. Diese sind in Tabelle 4-2 aufgelistet. Zusätzlich werden die Indikatoren für die Luftemissionen angeführt. Beim Abbruch sowie beim Transport und der Aufbereitung von Baurestmassen sind Staubemissionen zu erwarten. Sehr gefährlich sind hierbei vor allem Asbeststäube, die bei nicht sachgerechtem Rückbau in allen Prozessen des Gebäudeabbruches entstehen können. Da die gesetzliche Lage jedoch den emissionsfreien Rückbau von Asbestprodukten vorschreibt und solche in der Praxis eigentlich nicht entstehen dürften, werden solche Emissionen bei der Bewertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 4-2: Kriterien- und Zielhierarchie für das Oberziel 1: Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt.

Oberziel	1.	SCHUTZ DER MENSCHLICHEN GESUNDHEIT UND UMWELT
Ziel	1.1.	Verminderung der Verbringung von Schadstoffen in die Umwelt
operation. Ziele		Immissionen in den Boden
	1.1.1.	Verträglichkeit der Arsenfracht
	1.1.2.	Verträglichkeit der Bleifracht
	1.1.3.	Verträglichkeit der Cadmiumfracht
	1.1.4.	Verträglichkeit der Chromfracht
	1.1.5.	Verträglichkeit der Kupferfracht
	1.1.6.	Verträglichkeit der Quecksilberfracht
	1.1.7.	Verträglichkeit der Nickelfracht
	1.1.8.	Verträglichkeit der Zinkfracht
	1.1.9.	Verträglichkeit der PAK- Fracht
	1.1.10.	Verträglichkeit der PCB- Fracht
	1.1.11.	Verträglichkeit der PCP- Fracht
		Immissionen in Gewässer (Zusätzlich zu den oberen Emissionen)
	1.1.12.	Verträglichkeit der CSB Emissionen
	1.1.13.	Verträglichkeit der Chloridfracht
	1.1.14.	Verträglichkeit der Sulfatfracht
	1.1.15.	Verträglichkeit der Nitratfracht
		Verträglichkeit der Nitritfracht

-
- 1.1.16. Verträglichkeit der Phosphatfracht
 - 1.1.17. Verträglichkeit der Ammoniumfracht
 - 1.1.18. **Immissionen in die Luft**
 - 1.1.19. Verträglichkeit von Kohlenmonoxidemissionen
 - 1.1.20. Verträglichkeit von Schwefeldioxidemissionen
 - 1.1.21. Verträglichkeit von Staub- und Partikelemissionen
 - 1.1.22. Verträglichkeit der Stickoxidemissionen
 - 1.1.23. Verträglichkeit der Schwefelwasserstoffemissionen
 - 1.1.24. Verträglichkeit von Chlorwasserstoffemissionen
 - 1.1.25. Verträglichkeit der Kohlenwasserstoffemissionen
 - 1.1.26. Verträglichkeit von Dioxinemissionen
 - 1.1.27. Verträglichkeit von Ammoniakemissionen
 - 1.1.28. Minimierung der Asbestemissionen
 - 1.1.29. Verträglichkeit von Emissionen von Pb im Schwebstaub
 - 1.1.30. Verträglichkeit von Emissionen von Cd im Schwebstaub
 - 1.1.31. Verträglichkeit von Emissionen von Hg im Schwebstaub
 - 1.1.32. Verträglichkeit von Emissionen von Zn im Schwebstaub

4.1.2.2 Ziel 1.2: Verminderung Treibhauswirksamkeit

Treibhausrelevanten Emissionen werden durch CO₂- Äquivalente dargestellt. Im Gegensatz zu anderen Schadstoffen werden klimarelevante Emissionen nicht anhand eines Grenzwertes oder einer natürlichen Hintergrundbelastung bewertet, sondern absolut. D.h. das Ziel ist nicht deren Verträglichkeit, sondern deren Minimierung. Diese Kategorie berücksichtigt auch Gase mit indirekter Klimawirksamkeit. CO z.B. ist an sich nicht treibhauswirksam, es oxidiert jedoch leicht zum klimawirksamen CO₂. Auf der anderen Seite trägt es wie NO_x an der Bildung troposphärischen Ozons bei, welches seinerseits treibhauswirksam ist.

Tabelle 3: Zielhierarchie Oberziel 1 (eigene Darstellung)

Oberziel	1.	SCHUTZ DER MENSCHLICHEN GESUNDHEIT UND UMWELT
Ziel	1.2.	Minimierung des Treibhauseffektes
operation. Ziele	1.2.1.	Minimierung von Lachgasemissionen
	1.2.2.	Minimierung der Stickoxidemissionen
	1.2.3.	Minimierung von Methanemissionen
	1.2.4.	Minimierung von Kohlenmonoxidemissionen
	1.2.5.	Minimierung von Kohlendioxidemissionen
	1.2.6.	Minimierung von FCKW - Emissionen

4.1.3 Oberziel 2: Schonung der Ressourcen

Angesichts der Knappheit stofflicher und energetischer Ressourcen wird der Ressourcenverbrauch durch die Bewirtschaftung der österreichischen Baurestmassen bewertet. Auf der einen Seite werden die energetischen Ressourcen ausgewiesen, die durch die Prozesse (Abbruch, Aufbereitung, Transport) verbraucht werden. Auf der anderen Seite werden die Ressourcen quantifiziert, die durch das Recycling eingespart werden können. Mineralische Rohstoffe an sich sind in Österreich nicht unbedingt knapp. Deren Abbau nimmt einerseits Flächen in Anspruch, die anthropogen auch anderwärtig genutzt werden könnten. So steht der Abbau von mineralischen Primärrohstoffen in Konkurrenz zur landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen, wohnbaulichen oder infrastrukturellen Nutzung dieser Flächen. Andererseits werden durch den Abbau natürliche Biotop zerstört.

4.1.3.1 Schonung der Ressource Fläche

Der Flächenverbrauch ergibt sich einerseits durch den Primärrohstoffabbau, andererseits durch die Deponierung von Abfällen. Diese zwei Kriterien fließen in die Bewertung mit ein und sind in Tabelle 4-4 dargestellt.

Tabelle 4-4: Ziel 2.1.: Schonung der Ressource Fläche

Ziel	2.1.	Schonung der Ressource Fläche
Unterziel	2.1.1.	Minimierung des Flächenbedarfs für Primärrohstoffabbau
Indikator	2.1.1.1.	Flächenbedarf für Primärrohstoffabbau
Unterziel	2.1.2.	Minimierung des Flächenbedarfs für Deponien
Indikator	2.1.2.1.	Deponiefläche

4.1.3.2 Schonung stofflicher Ressourcen

Durch die Verwendung von Sekundärprodukten zur Herstellung von Baustoffen wird der Verbrauch an Primärressourcen eingeschränkt. Es werden also nicht erneuerbare materielle Ressourcen geschont. Die operationalisierten Ziele für dieses Ziel sind in Tabelle 4-5 angeführt.

Tabelle 4-5: Ziel 2.2.: Schonung stofflicher Ressourcen

Ziel	2.2.	Schonung stofflicher Ressourcen
Unterziel	2.2.1.	Minimierung des Ressourcenverbrauchs durch hohen Grad stofflicher Verwertung

Indikator	2.2.1.1.	Verwertungsquote von Altbeton (im Tiefbau - im Hochbau)
Indikator	2.2.1.2.	Verwertungsquote von Altziegel (in Zementproduktion, als Bodenstrukturmaterial, im Tiefbau)
Indikator	2.2.1.3.	Verwertungsquote von Altnaturstein (im Tiefbau, im Hochbau)
Indikator	2.2.1.4.	Verwertungsquote Eisen
Indikator	2.2.1.5.	Verwertungsquote Kupfer
Indikator	2.2.1.7.	Verwertungsquote Holz (unbehandelt)
Indikator	2.2.1.8.	Verwertungsquote Kunststoff

4.1.3.3 Schonung energetischer Ressourcen

Da jeder Prozess in irgendeiner Weise Energie „konsumiert“, besteht grundsätzlich bei jedem Szenario Energieeinsparungspotential. An erster Stelle wird der Energieverbrauch durch Abbruch, Transport und Aufbereitung der Baurestmassen berücksichtigt. Des Weiteren kann es durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu Energieeinsparungen bei den Produktionsprozessen der Baustoffe kommen. Bei der Verbrennung der Leichtfraktion (organische Fraktion) der Baurestmassen können thermische und elektrische Energie produziert werden. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die operationalisierten Ziele für das Ziel „Schonung energetischer Ressourcen“.

Tabelle 4-6: Ziel 2.3.: Schonung energetischer Ressourcen

Ziel	2.3.	Schonung energetischer Ressourcen
Unterziel	2.3.1.	Minimierung des Energieeinsatzes für die Bewirtschaftung der Baurestmassen
Indikator	2.3.1.1.	Energieeinsatz für den Abbruch
Indikator	2.3.1.2.	Energieeinsatz durch Transport
Indikator	2.3.1.3.	Energieeinsatz durch die Aufbereitung
Unterziel	2.3.2.	Minimierung des Energieeinsatzes bei Primärproduktion durch Einsatz von Sekundärprodukten
Indikator	2.3.2.1.	Energieeinsatz durch Einsatz von Sekundärprodukten im Tiefbau
Indikator	2.3.2.2.	Energieeinsatz durch Einsatz von Sekundärzuschlagstoffe für Beton
Indikator	2.3.2.3.	Energieeinsatz durch Einsatz von Altziegel in Zementproduktion
Indikator	2.3.2.4.	Energieeinsatz durch Eisenrecycling
Indikator	2.3.2.5.	Energieeinsatz durch Kupferrecycling

Indikator	2.3.2.7.	Energieeinsatz durch Holzrecycling
Indikator	2.3.2.8.	Energieeinsatz durch Kunststoffrecycling
Unterziel	2.3.3.	Substitution von Primärenergieträgern durch Energieträger der Abfallwirtschaft
Indikator	2.3.3.1.	Produktion von elektrischer Energie aus Abfällen
Indikator	2.3.3.2.	Produktion von Nutzwärme aus Abfällen

4.1.4 Ziel 3: Erhaltung der Qualität der RC- Baustoffe

4.1.4.1 Ziel 3.1. Verträglichkeit der Schadstoffkonzentrationen in RC- Baustoffen

Entscheidenden Einfluss auf die ökologische Leistung der Bewirtschaftung der Baurestmassen hat die Umweltqualität der Baustoffe. Diese wird durch Schadstoffkonzentrationen in den Baustoffen ausgedrückt. Tabelle 4-7 zeigt die Kriterien für die Bewertung der Qualität der RC- Baustoffe. Mit diesen Kriterien werden auch Prozesse, die die Schadstofffracht erhöhen oder erhalten sollten schlechter bewertet werden als solche die die Schadstofffracht vermindern. Positiv bewertet werden auch solche Prozesse, die es schaffen, die Schadstoffe in einer mengenmäßig kleineren Fraktion anzureichern und dafür aus dem Hauptmaterialstrom der Recycling-Baustoffe zu entfernen. Zusätzlich zu den in Tabelle 4-7 angeführten Kriterien, sollten die im BAWP durch Grenzwerte angeführten Kriterien für Baurestmassen berücksichtigt werden.

Tabelle 4-7: Ziel 3: Erhaltung der Qualität der RC- Baustoffe

Oberziel	3.	GUTE QUALITÄT DER RC- BAUSTOFFE (ERHALTUNG DER QUALITÄT DES LAGERS)
Ziel	3.1.	Verträglichkeit der Schadstoffkonzentrationen in RC- Baustoffen
operation. Ziele		Als Gesamtgehalte
	3.1.1.	Verträglichkeit der Arsenkonzentration
	3.1.2.	Verträglichkeit der Bleikonzentration
	3.1.3.	Verträglichkeit der Cadmiumkonzentration
	3.1.4.	Verträglichkeit der Chromkonzentration
	3.1.5.	Verträglichkeit der Kupferkonzentration
	3.1.6.	Verträglichkeit der Quecksilberkonzentration
	3.1.7.	Verträglichkeit der Nickelkonzentration
	3.1.8.	Verträglichkeit der Zinkkonzentration
	3.1.9.	Verträglichkeit der PAK- Konzentration
	3.1.10.	Verträglichkeit der PCB- Konzentration
	3.1.11.	Verträglichkeit der PCP- Konzentration
	3.1.12.	Minimierung der Störfraktion in RC- Baustoffen

Im Eluat (zusätzlich zu den oberen)

- 3.1.13. Verträglichkeit der Sulfatkonzentration
- 3.1.14. Verträglichkeit der Nitratkonzentration
- 3.1.15. Verträglichkeit der Nitritkonzentration
- 3.1.16. Verträglichkeit der Ammoniumkonzentration
- 3.1.17. Verträglichkeit der Chloridfracht
- 3.1.18. pH-Wert
- 3.1.19. elektrische Leitfähigkeit
- 3.1.20. KW-Index

4.1.4.2 Ziel 3.2. Technische Eignungskriterien

Der Schwerpunkt der Bewertung im Rahmen des EnBa-Projektes liegt bei den ökologischen Auswirkungen der Bewirtschaftung der Baurestmassen. Es werden aber auch technische Eigenschaften der Sekundärbaustoffe betrachtet. In erster Linie werden diese in die vom Österreichischen Baustoff-Recycling-Verband definierten Kategorien eingeteilt. Diese Kategorien bestimmen die Einsatzmöglichkeiten der Recyclingbaustoffe. Des Weiteren werden die Fremdanteile in den verschiedenen Fraktionen bestimmt.

Tabelle 4-8: Technische Eignungskriterien für Recyclingbaustoffe

ZIEL	3.2. TECHNISCHE EIGNUNG DER SEKUNDÄRROHSTOFFE
	Einteilung in Recyclingbaustoff-Kategorien
Operational. Ziel	3.2.1. RMH: rezyklierte mineralische Hochbaurestmassen
	3.2.2. RS: Recycling-Sand
	3.2.3. RZ: Rezyklierter Ziegelsand, Rezyklierter Ziegelsplitt
	3.2.4. RHZ: Rezyklierter Hochbauziegelsand, Rezyklierter Hochbauziegelsplitt
	3.2.5. RH: Rezyklierter Hochbausand, Rezyklierter Hochbausplitt
	3.2.6. RB: Rezykliertes gebrochenes Betongranulat
	Fremdanteile in den Fraktionen
Operational. Ziel	3.2.7. Fremdanteile Eisenmetalle
	3.2.8. Fremdanteile Nichteisenmetalle
	3.2.9. Fremdanteile Leichtfraktion (Holz, Kunststoffe)
	3.2.10. Fremdanteile mineralische Fraktionen

4.1.5 Die betrachteten Schadstoffe

In einem kurzen Exkurs soll auf die für die Bewirtschaftung der Baurestmassen relevanten Schadstoffe eingegangen werden. Die Schadstoffe können aus naturwissenschaftlicher Sicht nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden. Zunächst unterscheiden sie sich nach den

Entstehungsprozessen, d.h. den Abschnitten des betrachteten Systems, die die Schadstoffe emittieren. Des Weiteren spielen die chemische Natur, physikalische Eigenschaften, Toxizität, Treibhauswirksamkeit sowie Emissions- und Immissionsgrenzwerte eine Rolle (Brunner, Hutterer et al. 2000). Nicht all diese Schadstoffe wurden für die Bewertung in Aktion 8 herangezogen. Dies wäre nicht zielführend, da sich die Emissionen gewisser Schadstoffe von Szenario zu Szenario nicht unterscheiden und gewisse Schadstoffe nicht in sehr hohen Mengen emittiert werden.

4.1.5.1 Die Luft belastende Schadstoffe

Die Luftschadstoffe werden in zwei Gruppen eingeteilt. Die sog. „klassischen“ Luftschadstoffe (Tabelle 4-2, Operation. Ziel 1.1.1) haben eine toxische Wirkung auf die Menschen. Treibhaussubstanzen dagegen sind zumeist für den Menschen nicht schädlich. Sie wirken sich negativ auf das globale Klima aus, indem sie die vom Boden in Infrarotstrahlung umgewandelte Sonnenstrahlung in der Atmosphäre absorbieren und zurückhalten, und somit zu einer globalen Temperaturerhöhung beitragen. Für die Bewertung klimarelevanter Emissionen wird das Treibhauspotential eingesetzt. Diese Maßzahl stellt die relative Bedeutung der Treibhausgase für das Strahlungsgleichgewicht der Erde dar. Sie ist definiert als die kumulative Strahlung der Einheitsmasse eines Treibhausgases innerhalb eines definierten Betrachtungszeitraumes, bezogen auf das CO₂ (Intergovernmental Panel on Climate Change 1996). Durch Multiplikation des Treibhauspotentials mit der Menge des emittierten Gases werden die zukünftigen klimatischen Auswirkungen dieser Emission berechnet. Ozonabbauende Substanzen führen zu einer verstärkten Transmission der Sonnenstrahlen im UV- Bereich. Dies hat schädliche Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Durch die Katalysatorwirkung dieser Substanzen (z.B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe – FCKW) wird Ozon zu Sauerstoff abgebaut. Aufgrund der langen Verweildauer in der Stratosphäre erfolgt die Wirkung dieser Substanzen noch Jahrzehnte nach der Emission. Die letzte Gruppe von Luftschadstoffen bilden die flüchtigen Substanzen. Dazu gehören einige Metalle sowie Metallchloride. Die Emissionen dieser Verbindungen spielen vor allem bei Verbrennungen eine große Rolle.

4.1.5.2 Das Wasser belastende Schadstoffe

Relevante Schadstoffe für das Wasser sind vor allem Salze starker Säuren, z.B. Chloride, Nitrate und Sulfate.

4.1.5.3 Den Boden belastende Schadstoffe

Schadstoffe gelangen hauptsächlich über zwei Wege in den Boden. Lösliche Substanzen, die in die Atmosphäre gelangen werden durch Staub oder Regen in die oberen Bodenschichten und Oberflächengewässer eingetragen. Durch das (langfristige) Abfließen von Deponiesickerwasser oder das Auslaugen von im Boden eingebauten Materialien kommt es zu Schadstoffeinträgen in tiefere Bodenschichten. Der Gesamtgehalt eines Schadstoffes in ei-

nem Gut beschreibt nicht seine Auswirkungen auf die Umwelt sondern lediglich die darin enthaltene Fracht. Das Auslaugverhalten der Schadstoffe im Gut wird durch Elutionsversuche festgestellt. Es ist oft der Fall, dass die Eluatgrenzwerte für Recyclingbaustoffe eingehalten werden können, die Grenzwerte für Gesamtgehalte jedoch nicht. In diesem Fall wäre die kurzfristige Umweltverträglichkeit des Recyclingbaustoffes gegeben. Ändern sich jedoch die physikalischen und chemischen Bedingungen der Umgebung, z.B. durch pH- Verschiebung, so kann es zu einer verstärkten Auslaugung der Schadstoffe kommen. Da solch langfristigen Emissionen schwierig vorherzusagen sind, wird in dieser Studie der Gesamtgehalt an Schadstoffen in Recyclingbaustoffen mitberücksichtigt und bewertet. Schadstoffemissionen und -gesamtgehalte, die unter den natürlichen Hintergrundkonzentrationen liegen, könnten vernachlässigt werden. Dagegen sprechen mehrere Argumente. Durch den Eintrag von Schadstoffen, wenn auch in geringen Konzentrationen, erhöht sich die Schadstofffracht in der Umwelt. Es ist nicht sicher, dass diese Erhöhung der Fracht keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt hat. Die Schadstoffe können z.B. langfristig aus eingebauten Recyclingbaustoffen ausgelaugt werden und somit die Schadstoffkonzentration im Boden erhöhen. Laut (Sundqvist 1998) ist es nicht sinnvoll, heute als akzeptabel geltende Konzentrationen für zukünftige Emissionen anzuwenden, denn die Empfindlichkeit des Ökosystem auf Schadstoffe kann sich mit der Zeit verändern. Aus diesen Gründen wird die Schadstoffbelastung von Recyclingbaustoffen absolut bewertet. Das Ziel ist nicht die Einhaltung von Grenzwerten sondern die Minimierung der Schadstofffracht in die Umwelt.

4.1.5.4 Beschreibung der berücksichtigten Schadstoffe

Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid, CO, ist ein farb-, geruchs-, geschmackloses und reizarmes Gas. Die globale atmosphärische Konzentration beträgt 0,1 ppm, was einer Gesamtmenge von 500 Mio. Tonnen mit einer durchschnittlichen Verweilzeit zwischen 36 und 110 Tagen (Manahan 2000) entspricht. Der Großteil des CO entsteht aus der Methanoxidation. Schätzungsweise ist der herbstliche Chlorophyllabbau für 20 % der globalen CO Emissionen verantwortlich. Die anthropogenen Emissionen betragen 6 %, während der Rest aus unbekanntem Quellen stammt (Manahan 2000). Aufgrund der CO Emissionen aus Verbrennungsmotoren wurden die höchsten Konzentrationen in urbanen Zentren zu Zeiten mit den höchsten Expositionsraten, also den Spitzenverkehrszeiten, gemessen. Die Konzentrationen können Werte zwischen 50 und 100 ppm erreichen. CO beeinträchtigt den Sauerstofftransport im Blut, da es anstelle des Sauerstoffes das Hämoglobin bindet. Bei einer Konzentration von 10 ppm treten Störungen des Seh- und Beurteilungsvermögens auf, bei 100 ppm treten Schwindel, Müdigkeit und Kopfschmerzen auf. 250 ppm verursachen Bewusstlosigkeit; die letale Konzentration liegt bei 1000 ppm. Langzeitige Exposition hat kardiologische und respiratorische Störungen zur Folge.

Schwefeldioxid

Die Emissionen von Schwefelverbindungen in die Atmosphäre stammen hauptsächlich aus menschlichen Aktivitäten. Die mengenmäßig bedeutendste Verbindung ist Schwefeldioxid (SO₂), die vor allem bei der Verbrennung von Kohle entsteht. Natürliche Emissionen sind mit

großen Unsicherheiten behaftet. SO₂ ist ein farbloses, stechend riechendes Gas und wasserlöslich. Hohe Konzentrationen über 10 ppm haben Vergiftungserscheinungen wie Bronchokonstriktion und Bronchitiden als Folge. Kurzzeitige Expositionen bei hohen Konzentrationen führen ebenso wie Langzeitexpositionen mit niedrigen Konzentrationen zu Bronchitiden.

Stickoxide

Der Begriff Stickoxide (NO_x) umfasst Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂). Stickstoffmonoxid ist ein farb- und geruchloses Gas, das in der Luft zum Stickstoffdioxid oxidiert. Die anthropogenen Stickoxidemissionen betragen nahezu 100 Mio. Tonnen. Diese stammen praktisch ausschließlich aus der Verbrennung fossiler Energieträger (Manahan 2000). Weitaus höhere Mengen an Stickoxide werden von natürlichen Prozessen emittiert. Die Relevanz der anthropogenen Emissionen ist jedoch ungleich höher, da diese hauptsächlich in Siedlungsgebieten auftreten. Stickstoffdioxid reizt die Lungen und kann zu Lungenödemem führen. Kurzzeitige Expositionen können Störungen im Schutzmechanismus der Luftwege sowie Lungenfunktionsstörungen als Folge haben. Das Einatmen von Luft mit 200 – 700 ppm NO₂ kann zum Tode führen. Langzeiteffekte einer NO₂ - Exposition sind Störungen der Lunge, der Milz, der Leber und des Blutes. Eine intermittierend wirkende Konzentration trägt mehr zur Toxizität als eine gleichmäßige Exposition bei.

Chlorwasserstoff

Bei der Verbrennung von Polyvinylchloriden (PVC) entsteht gasförmiger Chlorwasserstoff (HCl). Dieser wird z.B. bei Müllverbrennungsanlagen emittiert. Salzsäure ist ein normaler Bestandteil des menschlichen Körpers. Jedoch können konzentrierte Lösungen tödlich sein. Die Inhalation von gasförmigem Chlorwasserstoff kann zu Kehlkopfkrämpfen, Lungenödemem und bei hohen Konzentrationen zum Tode führen (Manahan 2000).

Dioxine

Der Begriff „Dioxine“ umfasst 135 Kongenere der polychlorierten Dibenzofurane und 75 Einzelkongenere der polychlorierten Dibenzo-p-dioxine. Die Herkunft der Dioxine verteilt sich auf Verbrennungsprozesse, Bleich- und Chlorierungsprozesse sowie Produktionsprozesse. Dioxine werden als toxikologisch besonders aktiv eingestuft. Bereits bei niedrigen Konzentrationen kann Hautkontakt Chlorakne auslösen. Außerdem haben Dioxine erbgutschädigende und krebserregende Wirkung.

Staub

Staubemissionen unterscheiden sich in ihrer Gefährlichkeit aufgrund der Größe und Form der Teilchen. Staubpartikel können Träger für andere Luftschadstoffe sein, so z.B. für PAK, SO₂, Ruß und Schwermetalle. Kurze Exposition zu Staub kann zu Bronchitis und Defizit der Lungenfunktion führen, längere zu respiratorischen Erkrankungen und zur Verminderung der Lungenfunktion (Brunner, Hutterer et al. 2000).

Asbest

Der Begriff Asbest vereint die Gruppe der silikatischen Mineralfasern. Wegen seiner Festigkeit, Biegsamkeit und Feuerbeständigkeit wurde Asbest in der Bauwirtschaft und in anderen Wirtschaftszweigen massenweise eingesetzt. Für weitere Informationen über Asbest siehe

Action 4. Die Bedeutung von Asbest als Luftschadstoff beruht darauf, dass er bei Aufnahme über die Atemwege zu Asbestosis (Entzündung der Lungen) führen kann und krebserregend ist.

Kohlendioxid

Kohlendioxid, ein geruchs- und geschmacksloses Gas, das schwerer ist als Luft, ist zurzeit wahrscheinlich die atmosphärische Emission, die am meisten Beachtung findet. Die Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird als Hauptursache für die Erderwärmung vermutet. Nach dem heutigen Trend wird sich die CO₂-Menge in der Atmosphäre bis 2050 verdoppeln. Dies entspricht einer durchschnittlichen Temperaturerhöhung von 1,5 – 4,5 °C (Manahan 2000). Die Hauptursache für die Zunahme an atmosphärischem CO₂ ist die Verbrennung fossiler Energieträger. Natürliche Faktoren für den CO₂ Haushalt sind der Abbau organischer Substanz und die Bindung von CO₂ durch die Photosynthese. Aus diesem Grund trägt die Rodung von Waldgebieten beträchtlich zur Zunahme von atmosphärischem CO₂ bei.

Methan

Methan (CH₄) ist geruchs- und geschmackslos, und ist der Hauptbestandteil von Erdgas. Es wird bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und durch anaeroben Abbau organischer Substanz gebildet. Ein großer Teil der Methanemissionen entstammt der Landwirtschaft (Vergärungsprozesse, Rinderhaltung, Reisfelder). Methan ist unter anderem Bestandteil von Deponiegas. Methan ist primär als Treibhausgas von Relevanz.

Lachgas

Lachgas oder Distickstoffmonoxid (N₂O) ist farb-, geruch- und geschmacklos. Es entsteht hauptsächlich aus der Landwirtschaft, bei Düngereinsatz oder Waldrodung sowie aus Abfall und Verbrennungsprozessen (Orthofer, Knoflacher et al. 1995). Lachgas schadet der Umwelt als starkes Treibhausgas.

FCKW

Der Begriff FCKW bezieht sich auf eine Gruppe von organischen Stoffen mit unterschiedlichem Chlor- und Fluoranteil. Sie wurden als Kältemittel, Treibgase, Lösungsmittel sowie Blähmittel für Kunststoffschäume und Dämmungsmaterialien eingesetzt. Die Schadwirkung der FCKWs tritt hauptsächlich in der Atmosphäre durch ihre Ozonabbauende Wirkung auf und wird durch die Langlebigkeit dieser Verbindungen verstärkt. Des Weiteren gelten sie auch als Mitverursacher des Treibhauseffektes.

Chlorid und Sulfat

Chlorid (Cl⁻) und Sulfat (SO₄²⁻) besitzen keine direkt gesundheitsschädliche Wirkung auf den Menschen (Brunner, Hutterer et al. 2000). Sie tragen jedoch zur Salzbelastung von Gewässern bei was sich negativ auf die Artenzusammensetzung und Artenzahl der Wasserorganismen auswirkt. Negative Auswirkungen hat dies auch auf die Trinkwassergewinnung. Natrium-, Calcium- und Magnesiumchlorid oder -sulfat tragen hauptsächlich zur Versalzung der Böden bei. Folgen davon sind die Hemmung des Pflanzenwachstums sowie Korrosion.

Nitrat und Nitrit

Nitrate werden in erster Linie zur Stickstoffversorgung der Pflanzen durch den mineralischen Dünger ausgebracht. Durch ihre Wasserlöslichkeit werden sie über das Niederschlagswasser in Oberflächengewässer und in das Grundwasser eingeleitet. Nitrate tragen ebenso wie Phosphor zur Eutrophierung der Gewässer bei. Nitrate sind an sich gesundheitlich unbedenklich. Im Verdauungstrakt können sie jedoch zu Nitriten umgewandelt werden, die den Sauerstofftransport im Blut einschränken. Als Folge davon kommt es zu Übelkeit, Magenbeschwerden und Atemnot. Besonders gefährdet sind Kleinkinder und Säuglinge, bei denen es zu mangelnder Versorgung des Gehirnes mit Sauerstoff kommt (Blausucht). Dies kommt z.B. bei Verzehr von aufgewärmtem Gemüse aus intensiv gedüngter Landwirtschaft vor, da das enthaltene Nitrat durch Mikroorganismen zu Nitrit umgewandelt werden kann. Des Weiteren können Nitrite im Verdauungstrakt des Menschen zu Nitrosaminen umgewandelt werden. Diese Verbindungen gelten als krebserzeugend.

Ammoniak

Ammoniak entsteht primär beim Abbau stickstoffhaltiger organischer Substanzen (z.B. Proteine). Die Hauptemissionsquelle ist die Landwirtschaft. Von geringerer Bedeutung sind die Ammoniakemissionen bei Feuerungsprozessen sowie bei, mit Katalysator ausgestatteten Fahrzeugen (Umweltbundesamt 2009). Ammoniak in der Atmosphäre wirkt versauernd und trägt zu Wald- und Gebäudeschäden bei. In Gewässern trägt es zur Eutrophierung nährstoffarmer Ökosysteme bei. Ammoniakdämpfe wirken augen- und schleimhautreizend. Kurzzeitige inhalative Aufnahme kann zu Entzündungen der Atemwege oder Lungenödemem führen; tödlich wirken Konzentrationen von 1,5 bis 2,5 g/m³ in der Atemluft nach 30 bis 60 Minuten Exposition. Als Gegenmaßnahme soll der Betroffene ruhiggestellt werden und Essigdämpfe inhalieren. Ammoniaklösung im Magen führt zu Magenblutungen und Kreislaufkollaps. Die letale Dosis liegt bei 3 - 5 ml konzentrierter Ammoniaklösung. Zur Neutralisation im Magen eignen sich Essig- oder Zitronensäure.

Phosphat

Neben den Nitraten sind Phosphate ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen, Tiere und Mensch. Der bedeutendste Eintrag in die Umwelt erfolgt über die in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemittel. Phosphate sind neben den Nitraten für die Eutrophierung der Gewässer verantwortlich.

Blei

Blei wird anthropogen durch verschiedene industrielle Prozesse und den Bergbau in die Umwelt eingetragen. Die Hauptquelle für Bleiemissionen war der Verkehr durch das bleihaltige Motorbenzin. Trotz der Zunahme an industriell eingesetztem Blei scheint die Belastung im Menschen abzunehmen. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Produkte und Baumaterialien, die mit Wasser und Lebensmitteln in Kontakt kommen (Leitungen) nicht mehr bleihaltig sind. Akute Bleivergiftungen führen zu Störungen der Nieren, der Fortpflanzungsfähigkeit, der Leber, des zentralen Nervensystems und des Gehirns. Die Folge können Erkrankung oder der Tod sein.

Cadmium

Cadmium wird verbreitet in der Beschichtungsindustrie eingesetzt. Die hauptsächlichsten Emissionsquellen sind die Industrie und der Bergbau. Cadmium ist für den Menschen bereits in geringen Dosen toxisch. Folgen einer Cadmiumaufnahme sind hoher Blutdruck, Nierenschäden, Zerstörung des Hodengewebes und der roten Blutkörperchen sowie Knochenschäden. Vermutlich beruht die physiologische Wirkung von Cadmium auf seiner Ähnlichkeit zu Zink. Cadmium kann Zink in bestimmten Enzymen ersetzen und diese somit blockieren (Manahan 2000). Wird Cadmium über die Atemwege aufgenommen, bewirkt es eine Reizung der Lungenwege und Kopfschmerzen.

Chrom

Eingesetzt wird Chrom als Beiz-, Oxidations-, Ätz- und Färbemittel sowie als Legierungsbestandteil. Die bedeutsamsten Chrommengen werden in der Stahlindustrie und bei galvanischen Prozessen umgesetzt. Die akute orale Aufnahme von Chrom-VI-Verbindungen kann Folgen von Schleimhautreizungen und -verätzungen, Erbrechen, Durchfall bis zu Blutungen des Magen- Darm- Traktes und Nierenschäden haben. Bei Hautkontakt treten Haut- und Schleimhautulcerationen auf. Inhalative Aufnahme kann karzinogene Wirkungen haben.

Kupfer

Kupfer gehört zu den essentiellen Spurenelementen. Durch seine gute elektrische Leitfähigkeit, seine mechanischen Eigenschaften sowie seine biozide Wirkung ist Kupfer im anthropogenen Lager weit verbreitet. Bei akuten Kupfervergiftungen kommt es zu Störungen des Magen- Darm- Traktes. Chronischer Exposition ruft bei Kindern Müdigkeit und Blässe hervor, bei längerer Exposition auch Leberschäden.

Nickel

Nickel wird hauptsächlich für die Produktion nichtrostender Stähle und von Nickellegierungen eingesetzt. Je nach Bodenbeschaffenheit kann Nickel auch in verschiedenen Getreidesorten enthalten sein. Bei Hautkontakt kann Nickel Kontaktallergien verursachen. Beim Einatmen anorganischer Nickelverbindungen besteht ein erhöhtes Krebsrisiko für Lunge und obere Atemwege.

Zink

Zink ist ebenfalls ein essentielles Spurenelement. Toxisch ist das Metall nur bei sehr hohen Mengen (LD₅₀ im Tierversuch bei 1.000 – 2.500 mg/kg) (RÖMPP 1997). Hohe Zinkgehalte im Boden können empfindliche Zinkpflanzen schädigen. Bei aquatischen Lebewesen ist eine Konzentration von 1 – 100 mg/l toxisch.

4.1.6 Oberziel 3: Wirtschaftliche Effizienz

Die mKWA stellt der Zielhierarchie, die durch ökologische und ressourcenbezogene Kriterien zum Ausdruck kommt, die betriebswirtschaftlichen Kosten gegenüber (Schönback 2009). Es werden die Kosten aller Verfahren und Prozessen betrachtet, die im System „Letzte Gebäudelebensphase“ angeführt sind. Es werden nicht, wie bei anderen ökonomischen Bewertungsmethoden (Kosten-Nutzen Analyse), ökologische Kosten und Nutzen monetär betrach-

tet. Ökologische Auswirkungen werden lediglich als Erreichungsgrad definierter Ziele betrachtet und mit den betriebswirtschaftlichen Kosten einer Handlungsalternative verglichen. Diese Kriterien beschreiben die Umsetzbarkeit von Handlungsalternativen und zeigen die Diskrepanz zwischen dem ökonomisch akzeptablen und den „harten“ Kriterien auf.

4.1.6.1 Planungskosten für Abbrucharbeiten

Um einen Gebäudeabbruch effizient zu gestalten ist eine detaillierte Abbruchplanung notwendig. In der Praxis hat der Planer meist nicht genügend Zeit und Information, um eine detaillierte Planung vorzunehmen. Die Planung kann sich jedoch auf die gesamten Abbruch- und Entsorgungskosten positiv auswirken, denn Entsorgungskosten können gezielt gesenkt werden und Bau – bzw. Abbruchzeiten verkürzt werden.

4.1.6.2 Abbruchkosten

Abbruchkosten setzen sich aus Kosten für den selektiven Rückbau und Kosten für den Abbruch zusammen. Je gezielter und tiefgehender der selektive Rückbau durchgeführt wird, umso höher sind die Kosten. Ebenso verhält es sich mit dem Abbruch der tragenden Bausubstanz. Wird eine Demolierung vorgenommen ohne Trennung verschiedener Bauteile und – stoffe, so halten sich die Abbruchkosten in Grenzen. Viel teurer ist es, „selektiv abzubrechen“, d.h. die verschiedenen Baustoffe der tragenden Bausubstanz beim Abbruch voneinander zu trennen (z.B. Ziegel, Beton, Beton- und Stahlträger).

4.1.6.3 Aufbereitungskosten

In jedem Fall muss das Abbruchmaterial nach dem Abbruch aufbereitet werden. Die Aufbereitung kann durch einfache mobile Anlagen mit einer Brechstufe und Magnetabscheider, oder durch komplexe stationäre Anlagen, bestehend aus vier oder mehreren Komponenten, erfolgen. Die bei der Bauschutttaufbereitung technologisch einsetzbaren Komponenten für stationäre Anlagen sind die Windsichtung, verschiedene Nassaufbereitungsverfahren, die sensorgestützte Sortierung und die Wirbelstromabscheidung für Nichteisenmetalle. Je komplexer die stationäre Anlage ausgelegt ist, umso bessere Materialqualitäten kann sie liefern, und umso teurer wird die Aufbereitung.

4.1.6.4 Transportkosten

Da es sich bei den Baurestmassen um schwere Materialien handelt, die in großen Mengen anfallen, hat der Transport eine relativ große Bedeutung. Transportkosten umfassen die Beförderung der Baurestmassen von der Baustelle wo sie anfallen zur Aufbereitungsanlage bzw. zur Deponie und im Falle einer Wiederverwertung zur Einbaustelle.

4.1.6.5 Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten wirken (meist) den Abbruch- und Aufbereitungskosten entgegen. Durch sorgfältigen selektiven Rückbau und gute technologische Aufbereitung der Baurestmassen können durch die Erhöhung des Verwertungsgrades die Entsorgungskosten gesenkt werden. Durch die Abtrennung von Schad- und Störstoffen aus dem Baurestmassenfluss entstehen jedoch auch Abfallfraktionen mit hohen Schadstoffkonzentrationen, die teuer deponiert werden müssen. Es ist also möglich, dass eine „gute Praxis“ des Gebäudeabbruches die Entsorgungskosten erhöht. Die Entsorgungskosten umfassen die Annahmgebühren auf Deponien und Müllverbrennungsanlagen.

4.1.6.6 Variantenunabhängige Kostenkomponenten

Variantenunabhängige Kostenkomponenten werden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Dies wären z.B. Abstützungsmaßnahmen für angrenzende Gebäude zur Verhinderung von Schäden oder eines Einsturzes. Tabelle 4-9 und Tabelle 4-10 zeigen die Auflistung der berücksichtigten Kosten.

Tabelle 4-9: Kosten Gebäudeabbruch und mobile Aufbereitung

Kosten Gebäudeabbruch und mobile Aufbereitung		
Prozesse:	Teilkostenbarwerte	setzen sich zusammen aus:
Abbruchplanung	Teilkostenbarwert der Abbruchplanung	x Lohnkosten
Entkernung	Teilkostenbarwert der Entkernung	x Lohnkosten x Entkernungsgeräte (Abschreibungen, Betriebskosten) x Bereitstellung von Mulden
Abbruch	Teilkostenbarwert des Abbruches	x Lohnkosten x Abbruchgeräte (Abschreibungen, Betriebskosten)
Vorsortierung auf der Baustelle	Teilkostenbarwert der Vorsortierung	x Lohnkosten x Geräte (Abschreibungen, Betriebskosten) x Bereitstellung von Mulden
Aufbereitung	Teilkostenbarwert der Baurestmassenaufbereitung Teilkostenbarwert Recycling weiterer Fraktionen	x Lohnkosten x Aufbereitungsanlage (Abschreibungen, Betriebskosten) x Ladegerät, Bagger (Abschreibung, Betriebskosten)

Deponierung	Teilkostenbarwerte der Deponierung (Baurestmassendeponie)	x Deponiegebühr
Abfallverbrennung	Teilkostenbarwerte der Abfallverbrennung	x MVA- Behandlungsgebühr
Abtransport der abzulagernden Abfallfraktionen zur Deponie bzw. zur MVA	Teilkostenbarwerte des Transportes	x Lohnkosten x Ladegerät, Bagger (Abschreibung, Betriebskosten) x Transportkosten
	Erlöse	
Recyclingprodukte	Verkaufsertrag Wertstoffe	x Verkaufsertrag Eisenfraktion x Verkaufsertrag Holzfraktion (unbehandelt) x Verkaufsertrag weiterer Wertstoffe und Bauteile

Tabelle 4-10: Kosten Gebäudeabbruch und stationäre Aufbereitung

Nicht berücksichtigt werden die Kosten für den Transport der RC- Baustoffe zur Baustelle für den Wiedereinsatz sowie die Kosten für den Einbau selbst. Dies sind Kosten, die für jedes Szenario gleich anfallen und auch beim Einsatz von Primärrohstoffen ähnlich sind.

4.2 Qualitätskriterien für Sekundärprodukte

Eine ganze Reihe von Kriterien bezieht sich auf die Sekundärprodukte selbst. Recycling-Baustoffe werden anhand ihrer ökologischen und technischen Qualitäten bewertet. Umweltkriterien beschreiben die chemische Zusammensetzung der Sekundärprodukte. Der Schwerpunkt liegt hier bei den Schadstoffgehalten. Anhand dieser Gehalte werden Baurestmassen verschiedenen Qualitätsklassen zugewiesen, die deren Verwendung als Recyclingbaustoff oder deren Deponierbarkeit bestimmen. Es werden dafür die Grenzwerte der Richtlinie für Recycling-Baustoffe (Österreichischer Baustoff Recycling Verband 2009), sowie der Deponieverordnung (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft 2008) verwendet. Anhand dieser Kriterien können Mindeststandards für Recyclingprodukte definiert werden.

4.3 Kriterien für Verfahren und Prozesse

Die Bewertung der Verfahren und Prozesse findet einerseits über die Wirkungskategorien der Ökobilanz im Rahmen der mKWA statt. Emissionen, Energieverbrauch sowie deren Leistung in Bezug auf die Stoffkonzentrierungseffizienz (SKE) werden berücksichtigt. Zusätzlich

wird für die Bewertung der Verfahren und Prozesse ein weiteres Kriterium angewandt: der Transferkoeffizient. Der Transferkoeffizient beschreibt die Aufteilung eines Materials in einem Prozess und ist für jeden Output eines Prozesses definiert (Brunner und Rechberger 2004). Er beschreibt den Anteil eines bestimmten Stoffes / Materials, der durch einen bestimmten Fluss den Prozess verlässt.

$$k_{rz} = \frac{F_{rz}}{\sum F_{hr}} \quad (4.1)$$

wobei

k_{rz} = Transferkoeffizient für best. Stoff / Material von Bilanzprozess r nach Zielprozess z

F_{rz} = Stoff-/ Materialanteil von Bilanzprozess r nach Zielprozess z

F_{hr} = Input- Fluss in Bilanzprozess r (von Herkunftsprozess h) für best. Stoff / Material

Anhand von Abbildung 4-1 wird beispielsweise der Transferkoeffizient einer mobilen Aufbereitungsanlage für den Stoff Eisen in die mineralische Fraktion > 32 mm erklärt. Der Transferkoeffizient wird wie folgt berechnet:

$$k_{13} = \frac{F_5}{F_1 + F_2} \quad (4.2)$$

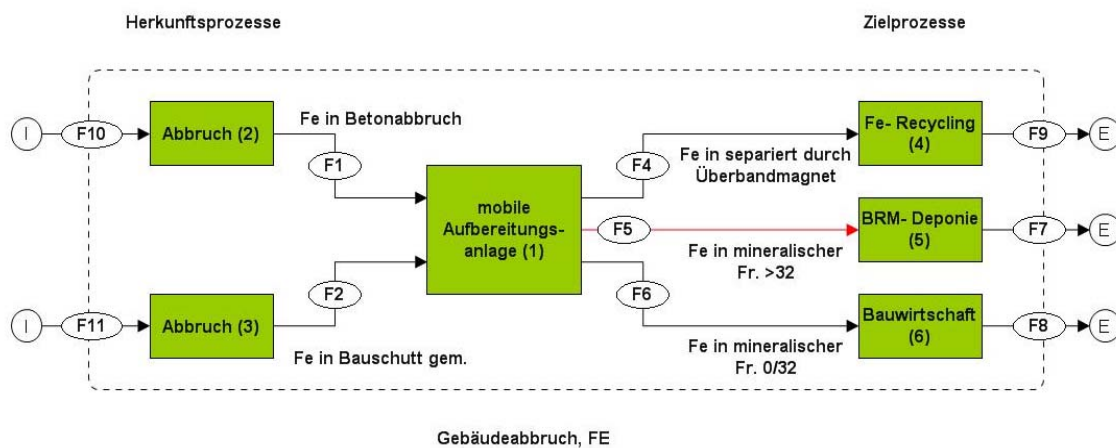


Abbildung 4-1: Transferkoeffizient einer mobilen Aufbereitungsanlage für Eisen

Der Transferkoeffizient gibt die Leistungsfähigkeit von Sortieranlagen und –Prozessen an. Je höher er für den Fluss eines Stoffes / Materials in die gewünschte Fraktion ist, desto sortenreiner fallen die Fraktionen der Baurestmassen an. Da Sortenreinheit eines der wichtigsten Kriterien für die Qualität der Baurestmassen ist, bildet der Transferkoeffizient einen entschei-

denden Faktor für die Beurteilung der eingesetzten Verfahren und Technologien. Wie oben angemerkt, ist es jedoch nicht möglich für bestimmte Prozesse genaue Transferkoeffizienten festzulegen. Solche Prozesse werden so gut wie möglich durch die Angabe von Bereichen beschrieben, in denen die Transferkoeffizienten liegen können. Ermittelt werden diese Werte vor allem aus den eigenen Betrachtungen im Rahmen der Gebäudeabbrüche.

Genauso sind bei Prozessen der Aufbereitung und der Sortierung die Transferkoeffizienten von verschiedenen technologieunabhängigen Faktoren abhängig. Der wichtigste dieser Faktoren ist die Zusammensetzung des Inputmaterials, die bei den Baurestmassen sehr unterschiedlich sein kann (Anibas, Helfried et al. 2010).

5 Schlussfolgerungen

Die definierten Kriterien ermöglichen eine umfassende Bewertung der Baurestmassenwirtschaft.

Durch die ökologischen Kriterien (Kap. 4.1.2 Ziel 1: Schutz der Menschlichen Gesundheit und Umwelt) werden die direkten Emissionen von Maßnahmen und Prozessen quantifiziert und bewertet. Diese Kategorie umfasst die Auswirkungen der letzten Gebäudelebensphase auf die Umwelt. Es sind dies die sog. „harten“ Kriterien, die zur Erreichung langfristiger Ziele beitragen. Sie haben deshalb bei der Szenarioanalyse die höchste Priorität. Ressourcenbezogene Kriterien (Kap. 4.1.3 Ziel 2: Schonung der Ressourcen) bewerten die Einsparung stofflicher und energetischer Ressourcen durch Recyclingmaßnahmen. Der Landschaftsverbrauch durch Deponierung und Primärrohstoffabbau wird ebenfalls berücksichtigt.

Der wirtschaftliche Aufwand von Maßnahmen und Prozessen ist entscheidend für ihre Realisierbarkeit. Die dritte Kriterienkategorie umfasst die Kosten der ausgewählten Handlungsalternativen. Die Kosten werden jedoch nur auf betriebswirtschaftlicher Basis ermittelt. Es werden nicht, wie bei anderen ökonomischen Bewertungsmethoden (Kosten-Nutzen Analyse), ökologische Kosten und Nutzen monetär betrachtet. Ökologische Auswirkungen werden lediglich als Erreichungsgrad definierter Ziele betrachtet und mit den betriebswirtschaftlichen Kosten einer Handlungsalternative verglichen. Diese Kriterien beschreiben die Umsetzbarkeit von Handlungsalternativen und zeigen die Diskrepanz zwischen dem ökonomisch akzeptablen und den „harten“ Kriterien auf.

Neben den Kriterien für die ökonomisch – ökologische Bewertung (mKWA) der letzten Gebäudelebensphase werden Kriterien für die direkte Bewertung der Recyclingbaustoffe und –verfahren definiert. Es sind dies Umwelt- und Eignungskriterien, die die Schadstofffracht und die technischen Eigenschaften der Recyclingbaustoffe bewerten (Kap. 4.2.: Qualitätskriterien für Sekundärprodukte).

Die Verfahren und Prozesse, die in der letzten Gebäudelebensphase eingesetzt werden, werden einerseits über die Kriterien der ersten Kategorie bewertet (Umweltkriterien; Emissionen). Andererseits werden sie durch den Transferkoeffizienten beschrieben. Der Transferkoeffizient beschreibt die „Trennschärfe“ eines Verfahrens für verschiedene Fraktionen und ist für die Sortenreinheit der Sekundärprodukte verantwortlich. Die Kriterien für Verfahren und Prozesse dienen letztendlich zur Bewertung der Verbreitung einer „guten Praxis“ in der Bewirtschaftung der Baurestmassen.

6 Literatur

- Anibas, F., G. Helfried, et al. (2010). Gespräch 01.03.2010. Gleisdorf, Binder & Co.
- Brunner, P. H., H. Hutterer, et al. (2000). Bewertung abfallwirtschaftlicher Massnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie. H. Umweltbundesamt Gmb. Wien.
- Brunner, P. H. und H. Rechberger (2004). Practical Handbook of Material Flow Analysis. Boca Raton, Lewis Publishers.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (2008). Verordnung über die Ablagerung von Abfällen. BGBI. II Nr. 39/2008 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, U. u. W. (2002). Abfallwirtschaftsgesetz. BGBI. I Nr. 102. U. u. W. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- Bundesministerium für Umwelt, J. u. F. (1993). Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien.
- Doka, G. (2009). Life Cycle Inventoris of Waste Treatment Services. Ecoinvent Report. Dübendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories. **13**.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1996). The science of Climate Change. Climate Change. Cambridge.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft (2003). Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft (2005a). Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen. Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft (2005b). Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling. K. d. E. Gemeinschaft.
- Manahan, S. E. (2000). Environmental Chemistry. Boca Raton, Lewis Publishers.
- Orthofer, R., M. H. Knoflacher, et al. (1995). N₂O Emissionen in Österreich. Seibersdorf Report. OEFZS. **47**.
- Österreichischer Baustoff Recycling Verband (2009). Die Richtlinie für Recycling - Baustoffe. Österreichischer Baustoff Recycling Verband. Wien.
- Otto, M. "Chrom Informationsblatt." Retrieved 16.11, 2010, from <http://www.gesundheitsamt.de/alle/umwelt/chemie/met/ch/infobl.htm>.
-

Parlament der Europäischen Union (2006). Richtlinie 2006/12/EG vom 5. April 2006 über Abfälle.

Parlament der Europäischen Union (2008). Richtlinie über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. 2008/98/EG. Europäische Kommission.

Rechberger, H. (1999). Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Stoffbilanzen in der Abfallwirtschaft. . Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft. . Wien, TU Wien.

RÖMPP (1997). Lexikon der Chemie. Stuttgart.

Schönback, W. (2009). Vorlesungsunterlagen VO Ökonomische Bewertungsmethoden. Wien, TU Wien, Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung

Sundqvist, J.-O. (1998). Landfilling and Incineration in LCA system analysis. Systems engineering models for waste management. Göteborg, Environmental Research Institute

Umweltbundesamt. (2009). "Ammoniak (NH₃) - Emissionen." Emissionen von Luftschadstoffen Retrieved 17.11, 2010, from <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=3574>.
