

Schaffung von rechtlichen Anreizen für Urban Mining im Abfallrecht

Akronym: Urban Mining im AR

Projektnummer: 838938

Geldgeber: BMVIT

Abschlussbericht der Arbeitspakete

AP2: Kategorisierung des Urban Mining Potenzials

AP3: Analyse der Prozesskette

Version 1.0

Wien, am 26. September 2013

Konsortium des Gesamtprojektes

Denkstatt GmbH

Hietzinger Hauptstraße 28
1130 Wien

Roland Fehringer
Bernd Brandt
Werner Frühwirth

Tel.: +43 (1) 786 89 00

office@denkstatt.at, www.denkstatt.at



Ressourcen Management Agentur

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung (RMA)

Argentinerstraße 48/ 2. Stock
1040 Wien

Hans Daxbeck
Stefan Neumayer
Heinz Buschmann
Andreas Gassner

Tel.: +43 (1) 913 22 52 0

office@rma.at, www.rma.at



RA Kanzlei Mag. Elisabeth Moser-Marzi

Schwertgasse 3/11
1010 Wien

Elisabeth Moser-Marzi
Angelika Peukert
Milorad Erdelean

Tel.: +43 (1) 535 99 75

kanzlei@moser-marzi.at, www.moser-marzi.at



Bearbeitung dieses Berichtes

denkstatt GmbH
Ressourcen Management Agentur (RMA)

Kurzfassung

Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts ist es, Anreize für ein zukünftig forciertes Urban Mining insbesondere im Abfallrecht zu schaffen.

Zur Erreichung dieses Zieles wurde folgendes Vorgehen gewählt: Im ersten Teil des Gesamtprojektes wird das Potenzial anthropogener Lagerstätten für ein Urban Mining aus technisch naturwissenschaftlicher Sicht kategorisiert, die relevanten Teilprozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus zur Quantifizierung des anthropogenen Lagers identifiziert und grob abgeschätzt. Darauf aufbauend werden im zweiten Teil des Gesamtprojektes die relevantesten Steuerungsmöglichkeiten insbesondere im Abfall-, Umwelt- und Anlagenrecht lokalisiert und Verbesserungsmöglichkeiten sowie die Schaffung von Erleichterungen beim Vorhaben des „Urban Mining“ dargestellt. Das gewählte Vorgehen erlaubt es, zielgerichtet auf die massenmäßig und ökonomisch relevanten Ressourcen im anthropogenen Lager Einfluss zu nehmen.

Der vorliegende Bericht ist der Abschlussbericht des ersten Teils des Gesamtprojektes.

Der Bedarf an mineralischen Rohstoffen und Erdöl liegt bei 15 Tonnen pro Österreicher und Jahr. Die Kategorisierung der anthropogenen Lager aus technisch naturwissenschaftlicher Sicht dient dazu, das Potential für ein Urban Mining in kleinere, überschaubarere Bereiche einzuteilen, um anschließend die relevanten Gesetze und Normen zu identifizieren. Die Auswahl der Güter orientiert sich an den massenmäßig wichtigsten Gütern für ein Urban Mining. Aufgrund der Erfahrungen der Studienautoren und einer Literaturrecherche werden folgende Güter ausgewählt:

- Sand, Kies und Natursteine
- Erdöl (hier in Form von Kunststoffen)
- Eisen
- Aluminium
- Kupfer

Um in weiterer Folge rechtliche Anreize für ein Urban Mining zu schaffen, werden die ausgewählten, exemplarischen Güter in vier Kategorien unterteilt.

- Tiefbau (Verkehrsinfrastruktur, Straßen, Brücken, Tunnel, etc.)
- Netze (Infrastruktur für Wasser, Abwasser, Energie etc. also Rohre, Kabel)
- Hochbau (Gebäude)
- Konsumgüter (Lebensdauer > 1 Jahr wie Elektrogeräte und Kfz, etc.)

In weiterer Folge wird quantifiziert, in welchen Teilprozessen des gesamten Produktlebenszyklus das größte Lager mit der größten Lagerveränderung zu erwarten ist. Die Prozesskette umfasst folgende Teilprozesse:

- Urproduktion (Extraktion von Rohstoffen aus der Lithosphäre)
- Produktion (Aufbereitung der Rohstoffe zu Halbzeugen bzw. Fertigprodukten)
- Konsum (Nutzung von Produkten in Privathaushalten und Industrie- und Gewerbe mit einer Nutzungsdauer von > 1 Jahr)
- Abfallwirtschaft (Sammlung und Aufbereitung von Abfällen zum Zweck einer Verwertung oder Beseitigung im In- oder Ausland)

➤ Recycling (Wiederverwendung, stoffliche oder sonstige Verwertung von Abfällen)

Die Quantifizierung der anthropogenen Lager erfolgt anhand bestehender Studien, deren Resultate mit Hilfe der Stoffflussanalyse erzielt wurden.

Sand, Kies und Natursteine sind in Form von mineralischen Baumaterialien für den größten Lagerbestand in der Anthroposphäre verantwortlich. Insgesamt kann der Lagerbestand mit rund 3.700 Mio. t angegeben werden. Das Lager wächst jährlich um rund 100 Mio. t. Der Grad der Bewirtschaftung dieser Lager entscheidet, ob die derzeit noch gebundenen Baumaterialien nach dem Ende der Nutzungsdauer Abfall oder Sekundärressource werden.

Das Lager an Kunststoffen beträgt ca. 28 Mio. t. Davon sind etwa 12 Mio. t als Harze, Rohre, Platten oder als technische Kunststoffe noch im Einsatz. Das Lager an Kunststoffen in Deponien beträgt ca. 16 Mio. t. Während das Lager im Einsatz jährlich um etwa 0,3 Mio. t wächst, bleibt aufgrund der Deponieverordnung das Lager in der Deponie stabil.

Das Lager an Eisen und Stahl wird mit rund 44 Mio. t abgeschätzt. Die jährliche Zunahme beträgt ca. 3 Mio. t.

Das Lager an Aluminium kann mit 2,8 Mio. t abgeschätzt werden. Davon sind etwa 0,8 Mio. t in Gebäuden und 0,9 Mio. t langlebigen Konsumgütern gebunden. In Netzen (Strom, Bahn und der Straßeninfrastruktur befinden sich knapp 0,4 Mio. t. in Deponien wurden bereits 0,74 Mio. t Aluminium abgelagert.

Das Lager an Kupfer kann mit 1,7 Mio. t abgeschätzt werden. Davon sind etwa 0,9 Mio. t in Gebäuden gebunden. In den langlebigen Konsumgütern und den Netzen (vorwiegend Kabel) sind jeweils ca. 0,25 Mio. t Kupfer im Einsatz. In Deponien wurden bereits 0,3 Mio. t Kupfer abgelagert.

Eine grobe monetäre Bewertung der anthropogenen Lager weist für Kunststoffe einen Wert von 0 bis 1 Mrd. Euro, für Eisen 4,8 bis 20,9 Mrd. Euro, für Aluminium 1,7 bis 4 Mrd. Euro und für Kupfer 2,5 bis 4,8 Mrd. Euro aus.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	III
INHALTSVERZEICHNIS	5
1 EINLEITUNG	8
2 ZIELSETZUNG UND PROBLEMSTELLUNG	9
2.1 Ziel des Gesamtprojektes „Urban Mining im Abfallrecht“	9
2.2 Ziel der Arbeitspakete 2 und 3.....	9
2.3 Problemstellung.....	9
3 STAND DES WISSENS.....	11
4 METHODISCHES VORGEHEN.....	15
4.1 Methodisches Vorgehen im Gesamtprojekt	15
4.2 Methode der Stoffflussanalyse	15
4.3 Systemdefinition.....	17
4.3.1 Systemgrenzen	17
4.3.1.1 Räumliche Systemgrenze.....	17
4.3.1.2 Zeitliche Systemgrenze	18
4.3.2 Prozessauswahl.....	18
4.3.2.1 1.Schritt: Aufteilung der Volkswirtschaft.....	18
4.3.2.2 2.Schritt: Definition der Prozesse.....	19
4.3.3 Güterauswahl.....	20
5 KATEGORISIERUNG DER ANTHROPOGENEN LAGER	21
6 IDENTIFIZIERUNG DER ANTHROPOGENEN LAGER.....	24
6.1 Sand-, Kies- und Natursteinhaushalt Österreich	25
6.1.1 Einleitung	25
6.1.2 Systemdefinition.....	25
6.1.3 Relevante Güter bezüglich Sand, Kies und Natursteine	26
6.1.4 Zusammenfassung Sand-, Kies und Natursteine Prozesse.....	28
6.1.4.1 Urproduktion.....	28
6.1.4.2 Produktion	30
6.1.4.3 Konsum	32
6.1.4.4 Abfall und Abwasserwirtschaft.....	35

6.1.5	Sand, Kies, Natursteinen Haushalt Österreich	37
6.1.5.1	Sand-, Kies- und Natursteinlager Österreich	37
6.1.5.2	Veränderungen des Sand-, Kies und Natursteinlagers in Österreich	37
6.1.6	Monetäre Bewertung des Lagers in Österreich	37
6.1.7	Dynamische Vorhaltdauer	37
6.2	Kunststoffhaushalt Österreich.....	39
6.2.1	Einleitung	39
6.2.2	Systemdefinition.....	39
6.2.3	Relevante Prozesse in der Kunststoffbilanz	42
6.2.3.1	Rohstoffproduktion	42
6.2.3.2	Güterproduktion.....	42
6.2.3.3	Konsum.....	46
6.2.3.4	Abfall und Abwasserwirtschaft.....	50
6.2.3.5	Halden und Deponien.....	53
6.2.4	Monetäre Bewertung des Kunststofflagers in Österreich.....	55
6.2.5	Dynamische Vorhaltdauer	56
6.3	Eisenhaushalt Österreich	57
6.3.1	Einleitung	57
6.3.2	Systemdefinition.....	57
6.3.3	Relevante eisenhaltige Güter	58
6.3.4	Relevante eisenverarbeitende Prozesse	58
6.3.4.1	Urproduktion.....	58
6.3.4.2	Produktion	60
6.3.4.3	Konsum	62
6.3.4.4	Abfall und Abwasserwirtschaft.....	64
6.3.5	Zusammenfassung Eisenerz/Eisen und Stahl Haushalt Österreich	66
6.3.5.1	Eisenerz/Eisen- und Stahllager Österreich	66
6.3.5.2	Veränderungen des Eisen/Stahl Lagers in Österreich	67
6.3.6	Monetäre Bewertung des Lagers in Österreich	68
6.3.7	Dynamische Vorhaltdauer	70
6.4	Aluminiumhaushalt Österreich.....	71
6.4.1	Einleitung	71
6.4.2	Systemdefinition.....	71
6.4.3	Aluminiumhaltige Güter und Waren.....	72
6.4.4	Relevante Prozesse in der Aluminiumbilanz.....	74

6.4.4.1	Rohstoffproduktion	74
6.4.4.2	Güterproduktion.....	75
6.4.4.3	Konsum	76
6.4.4.4	Abfall und Abwasserwirtschaft.....	80
6.4.4.5	Halden und Deponien.....	80
6.4.5	Aluminiumhaushalt Österreich.....	81
6.4.5.1	Aluminiumlager in Österreich.....	81
6.4.5.2	Veränderungen des Aluminiumlagers in Österreich	83
6.4.6	Monetäre Bewertung des Aluminiumlagers in Österreich	83
6.4.7	Dynamische Vorhaltdauer	84
6.5	Kupferhaushalt Österreich	85
6.5.1	Einleitung	85
6.5.2	Systemdefinition.....	85
6.5.3	Relevante kupferhaltige Güter.....	86
6.5.4	Relevante kupferverarbeitende Prozesse.....	86
6.5.4.1	Urproduktion.....	86
6.5.4.2	Produktion	87
6.5.4.3	Konsum	89
6.5.4.4	Abfall und Abwasserwirtschaft.....	92
6.5.5	Zusammenfassung Cu-Haushalt Österreich.....	93
6.5.5.1	Cu-Lager Österreich.....	93
6.5.5.2	Veränderungen des Cu-Lagers in Österreich	95
6.5.6	Monetäre Bewertung des Cu-Lagers in Österreich.....	96
6.5.7	Dynamische Vorhaltdauer	98
7	ZUSAMMENFASSENDER DARSTELLUNG DER LAGER.....	100
8	LITERATURVERZEICHNIS	101

1 Einleitung

Die anthropogenen Lagerstätten erfahren jährlich höhere Zuwächse als Abgänge. Die neu eingebauten Materialien (mineralische Baustoffe, Metalle, Kunststoffe, Materialverbunde, Elektronikbauteile, Holz etc.) sind in der Masse etwa zehnmal so mächtig wie die „Abfälle“, die dieses Lager wieder verlassen. Derzeit scheitert die effiziente Nutzung der anthropogenen Ressourcen einerseits am Wissen darüber und andererseits an den legislativen Anreizen.

Im Rahmen der FTI-Initiative Intelligente Produktion - Instrument: F & E Dienstleistung versucht das Forschungsprojekt „Schaffung von rechtlichen Anreizen für Urban Mining im Abfallrecht“ die bestehenden Defizite zu identifizieren.

Dabei werden zunächst die technisch naturwissenschaftlichen Kenntnisse über die Lager und deren Mächtigkeit anhand von Literaturrecherchen identifiziert. Darauf aufbauend erfolgt die rechtliche Beurteilung der bestehenden Gesetzeslage hinsichtlich der Möglichkeiten und Einschränkungen des Urban Minings sowie Vorschläge zur Schaffung von Anreizen, um zukünftig Urban Mining effizienter und zielorientierter voranzutreiben.

Der vorliegende Abschlussbericht zu den Arbeitspaketen

- AP2: Kategorisierung des Urban Mining Potenzials
- AP3: Analyse der Prozesskette

kategorisiert das Potenzial anthropogener Lagerstätten für ein Urban Mining aus technisch naturwissenschaftlicher Sicht und gibt eine grobe Abschätzung zur Mächtigkeit der ausgewählten Güter (Materialien) im anthropogenen Lager.

2 Zielsetzung und Problemstellung

2.1 Ziel des Gesamtprojektes „Urban Mining im Abfallrecht“

Ziel des Forschungsprojekts ist es, basierend auf der Kategorisierung und Abschätzung des zukünftig zur Verfügung stehenden Potenzials im anthropogenen Lager die relevantesten Steuerungsmöglichkeiten insbesondere im Abfall-, Umwelt- und Anlagenrecht zu lokalisieren. Es werden Verbesserungsmöglichkeiten und die Schaffung von Erleichterungen beim Vorhaben des „Urban Mining“ insbesondere für massenmäßig und ökonomisch relevante Abfälle dargestellt.

2.2 Ziel der Arbeitspakete 2 und 3

Das Ziel des Arbeitspaketes 2 ist es, das Potenzial anthropogener Lagerstätten für ein Urban Mining aus technisch naturwissenschaftlicher Sicht zu kategorisieren und grob abzuschätzen.

Das Ziel des Arbeitspaketes 3 ist es, die relevanten Teilprozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus zur Quantifizierung des anthropogenen Lagers zu identifizieren.

2.3 Problemstellung

Derzeit gibt es für die Bauwirtschaft oder für die Abfallwirtschaft kaum Anreize, sich in wirtschaftlicher und rechtlicher Hinsicht mit dem Thema „Urban Mining“ zu befassen. Bei Gebäudeprojekten fehlt beispielsweise eine Verpflichtung zur Vorabplanung und Dokumentation, welche Güter und Stoffe in welchen Gebäudeteilen eingebaut sind. Die zukünftige Nutzung der anthropogenen Lager muss aber auch in der zeitlichen Dimension betrachtet werden. Wann sind welche Produkte mit welchen Inhaltstoffen (Rohstoffen) wieder für eine weitere Nutzung zugänglich? Der Lebenszyklus von Produkten, Gütern und Stoffen ist noch zu wenig in die zukünftige wirtschaftliche Betrachtungsweise und Nutzung integriert. Es muss deshalb ein System – von vernetztem und prospektivem Denken und Planen - geschaffen werden, das einerseits die volkswirtschaftliche Notwendigkeit von „Urban Mining“ darstellt und andererseits für die beteiligten Kreise wirtschaftlich interessant macht. Dies kann über positive Anreize aber auch über Sanktionssysteme umgesetzt werden.

Gesetzliche Änderungen, die in der Errichtungsphase von Gebäuden und Teilen der Infrastruktur ansetzen, zeigen aufgrund der langen Lebensdauer erst in vielen Jahren ihre Wirkung in Bezug auf Urban Mining. Im Bereich der Konsumgüter, die hingegen nur einige Jahre im Einsatz sind, können sich Erfolge dementsprechend rascher einstellen. Eine Kombination aus Änderungen im Abfallrecht und Änderungen beispielsweise in der Bauordnung oder bei ÖNORMEN wurde bisher noch zu wenig angedacht.

Anhand der Analyse der Prozessketten werden schneller realisierbare Zugänge zum „Urban Mining“ dargestellt, nämlich aufgrund welcher definierter Prozessketten in zeitlich rascheren

Distanzen eine intensivere Nachfrage zum „Urban Mining“ Potential verwirklicht werden kann. Als Beispiel wird die Gleisinfrastruktur von U-Bahnen und Eisenbahnen angeführt, die jedenfalls nach einer planbaren Nutzungsdauer von etwa 40 Jahren (vgl. U1 in Wien) einem Austausch und daher einer Wiederverwendung zugeführt werden können. Das „Urban Mining“-Potential wäre in einem Vorausblick beim zitierten Infrastrukturprojekt in die planerische und ausschreibungsmäßige Aufbereitung verpflichtend mit einzubeziehen, sodass für die potentiellen Marktteilnehmer und -nachfrager prospektiv planbares Nachfragepotential verursacht wird.

In einer Weiterentwicklung kann „Urban Mining“ mit einer Datenbank verknüpft werden. In einer längerfristigen Betrachtung könnte auch eine „Handelsbörse“ für (Alt)Stoffe aus dem Bereich „Urban Mining“ etabliert werden.

In der rechtlichen Kategorie ist sohin nicht nur an die „end of the pipe“-Gesetze wie bspw. das AWG zu denken, sondern auch an eine Veränderung der Bauordnung, wo bei Neubauten obligatorisch eine Wertstoffaufstellung an verbauten Rohstoffen (für zukünftiges „Urban Mining“) beizulegen ist. Dadurch käme es auch zu einer stärkeren gedanklichen zukünftigen Fokussierung auf bestehendes „Urban Mining“-Potential, da vorab eine eingehende Beschäftigung damit stattfindet.

Dazu wäre in Anlehnung an die ÖkodesignVO eine Wiedergewinnungs-, Trennungs-, und Rückgewinnungsmöglichkeit zu beachten. Es ist eine optimale Trennbarkeit der Wertstoffe beim Gebäuderückbau bei gesetzlichen Normen festzulegen.

Diese Fragestellungen sind bei zukünftigen Gesetzgebungen zu berücksichtigen.

3 Stand des Wissens

Verglichen mit dem totalen Stofffluss durch Wien beträgt der Anteil der Abfälle weniger als 2 %. Um zu gewährleisten, dass die stofflichen Ziele der Abfallwirtschaft eingehalten werden, genügt es deshalb nicht, nur die Abfälle zu betrachten. Es muss der gesamte Stoffhaushalt berücksichtigt werden (nach Daxbeck et al, 1996¹). Massetmäßig ein bis dreimal so groß wie die Abfälle ist der Lagerzuwachs. Durch Konsum- und Investitionsgüter gelangt eine vier bis sechsmal größere Masse in den Güterhaushalt der Stadt Wien. Anfang der 2000er Jahre wurde das Lager in Wien auf etwa 350 Tonne pro Einwohner geschätzt². Ein Potenzial, das es zukünftig effizient zu nutzen gilt.

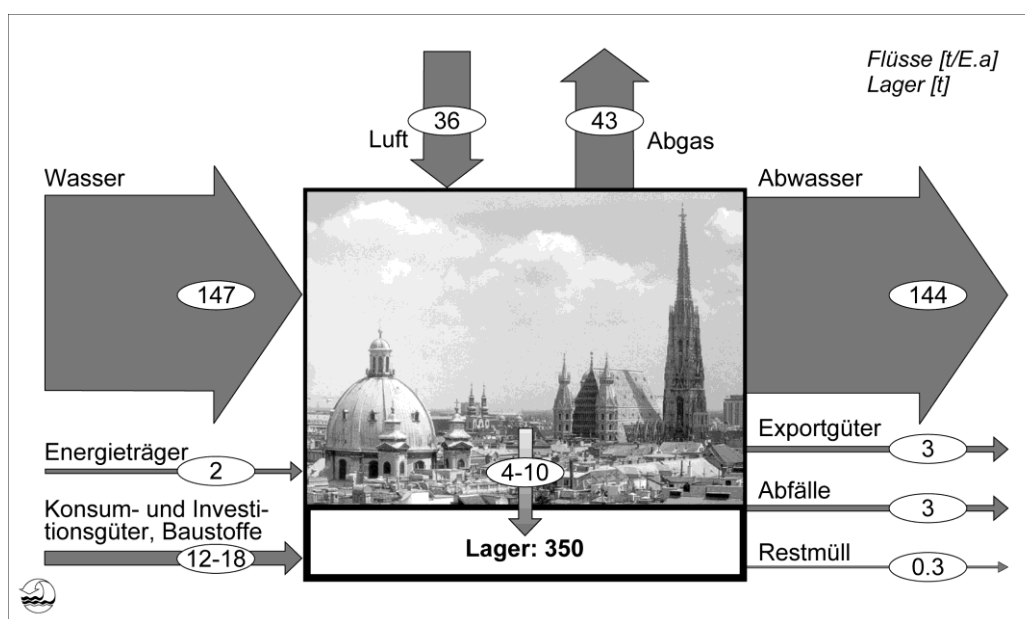


Abbildung 3-1: Relativierung der Abfallflüsse am Beispiel des Güterhaushaltes der Stadt Wien

Während in der Abbildung 3-1 der gesamte Güterfluss dargestellt ist, zeigt die folgende Abbildung die Güterflüsse und ausgewählte Stoffflüsse in den Bauwerken Österreichs. Neben Kohlenstoff, der vor allem in Bezug auf Kunststoffe relevant ist, sind die Metalle Eisen und Aluminium dargestellt. Zwei Metalle, die ein hohes Potenzial für ein Urban Mining aufwei-

¹ Daxbeck, H., Lampert, C., Morf, L., Obernosterer, R., Rechberger, H., Reiner, I., Brunner, P.H. (1996): Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien - N, C und Pb (Projekt PILOT), TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, A-1040 Wien.

² Stark, W., Vogel-Lahner, T., und Frühwirth W. (2003) Bauwerk Österreich – Management von Baurestmaßnahmen nach den Gesichtspunkten der optimalen Ressourcennutzung und des langfristigen Umweltschutzes anhand der Güter- und Stoffbilanz des Bauwerkes Österreich, Gesellschaft für umfassende Analysen GUA & Vogel-Lahner, im Auftrag des BMLFUW, Wien

sen. Einerseits, weil sie in großen Mengen verbaut sind und andererseits, weil der Rückbau unter ökonomisch interessanten Rahmenbedingungen stattfinden kann.

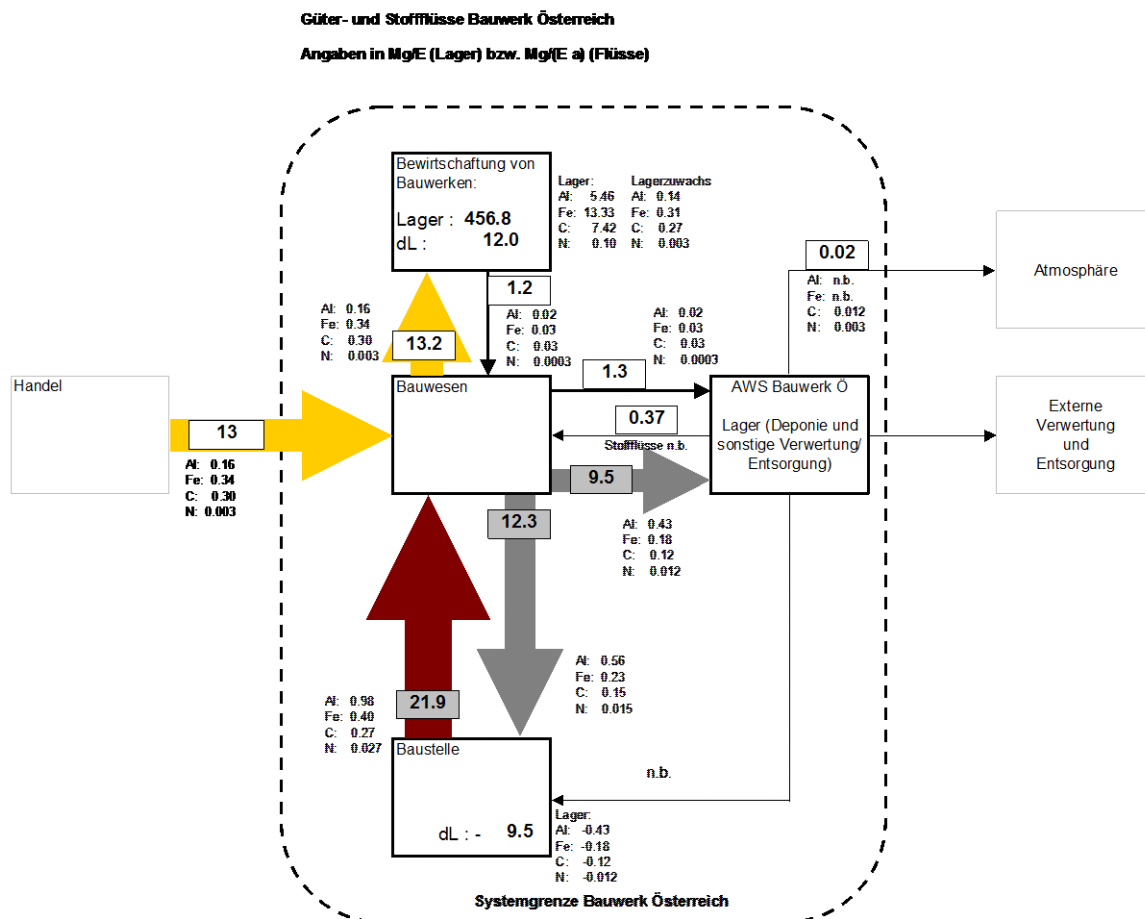


Abbildung 3-2: Güter- und Stoffflüsse im Bauwerk Österreichs

Masse und die Zusammensetzung der eingebauten Materialien und Stoffe kann teilweise recht gut abgeschätzt werden, herausfordernd ist allerdings der Wissensaufbau hinsichtlich „geografischer“ Kenntnisse: Wo in der Stadt, wo im Gebäude sind diese Materialien eingebaut.

Thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling:

Die thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling [KOM(2005/666)] ist eine der sieben thematischen Strategien des 2002 verabschiedeten 6. Umweltaktionsprogramms, welches thematische Schwerpunkte und mittelfristige Zielsetzungen für die europäische Umweltpolitik vorgibt. Die Mitgliedsstaaten sind dazu aufgefordert Maßnahmen auszuarbeiten und darüber regelmäßig Bericht zu erstatten. Die Thematische Strategie basierend auf der Mitteilung der EU-Kommission vom 21. Dezember 2005 „Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung – Eine Thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling“ sieht eine Entwicklung der Europäische Gesellschaft weg von einer Abfallwirtschaft hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft vor.

Die Strategie beinhaltet Ziele und Maßnahmen mit Hilfe derer die Umweltbelastung, die aus dem gesamten Lebenszyklus von Abfällen resultiert, reduziert werden soll. Dieses Konzept

erlaubt es, Abfall nicht nur als eine Ursache für Umweltverschmutzung anzusehen, sondern als potentiell Produkt. Die von der Europäischen Union entwickelte thematische Strategie zur Abfallvermeidung und –recycling umfasst folgende Ziele:

Verringerung der Umweltbelastung durch Abfälle über deren gesamte Lebensdauer. Von der Erzeugung über das Recycling bis zur Beseitigung von Produkten sollen Umweltbelastungen vermindert werden. Abfall soll dabei nicht als Ursache für Umweltverschmutzung sondern als potentiell Produkt betrachtet werden.

Abfallverwertung und Abfallrecycling

Die Definition von gemeinsamen Recyclingstandards sollen den Markt für Recyclingstoffe stimulieren, die Akzeptanz bei den Konsumenten erhöhen um schlussendlich für einen vermehrten Einsatz dieser Materialien sorgen. Anreize für das Recycling sollen geschaffen und Ziele für Recycling gegeben werden.

Modernisierung des allgemeinen Rechtsrahmens

Die Harmonisierung von Gemeinschaftsrecht und nationalem Recht wird angestrebt. Einige Maßnahmen können bzw. werden aufgrund von Zweideutigkeiten und umstrittenen Auslegungen nicht umgesetzt. Die Strategie sieht des Weiteren eine Vereinfachung der derzeit geltenden Rechtsvorschriften vor. Die grundlegenden Ziele der derzeitigen EU-Abfallpolitik (Abfallvermeidung, Förderung der Wiederverwendung, Recycling) behalten ihre Gültigkeit und werden durch diese Strategie gestützt. Die Begrenzung der Abfallmenge, Förderung der Wiederverwertung, des Recyclings und der Verwertung sind daher nach wie vor gültig. Diese Ziele sollen mit einem definierten Maßnahmenkatalog umgesetzt werden. Diese gebündelten Maßnahmen sollen einen optimalen Rahmen für die oben genannten Ziele schaffen.

Die Strategie enthält keine Mengenvorgaben, da solche Festlegungen ökologisch nicht unbedingt sinnvoll sind. Falls ökologisch sinnvolles Recycling von Stoffen unterbleibt, können weitere materialspezifische Maßnahmen mit dem jeweils geeignetsten politischen Instrument (wirtschaftliche Anreize, Herstellerverantwortung, Deponieverbot, Zielvorgaben für Sammlung oder Recycling) getroffen werden.

Die Thematische Strategie führt konkrete Vorschläge an, die für die Inhalte der EU-Abfallrahmenrichtlinie (RL 2008/98/EG) von Belang sind:

- Implementierung des Produktlebenszyklusgedankens („Urban Mining“)
- Aufstellung von Umweltkriterien für das Abfallende einzelner Fraktionen
- Begriffsbestimmungen der Verwertungs- und Beseitigungsvorgänge, damit die ökologisch besten Verfahrensweisen gefördert werden
- Koordinierung nationaler Maßnahmen, Verpflichtung der Mitgliedsstaaten zu Programmen zur Vermeidung mit konkreten Vermeidungszielen
- Bessere Definition von Recycling, Urban Mining etc.

Stoff- und Güterflüsse werden nach obigen Ausführungen in Zukunft im urbanen Raum zu- und nicht abnehmen. Dabei befinden sich diese je Lebenszyklus in einem bestimmten „gesellschaftlichen Aggregatzustand“, welcher durch die Rechtsordnung festgelegt wird. Nachhaltigkeit im Lebenszyklus von Stoffen und Gütern im Sinne eines mit vertretbarem wirtschaftlichem Aufwand zu betreibendes „Urban Mining“ fand bis dato nicht bzw. zu wenig Eingang in den gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Diskurs. Die Eignung eines Gesetzes im Hinblick auf „Urban Mining“ stellt ein in die Rechtsordnung einzuführendes (technisches) Prüfkriterium dar, das inhaltlich jede Phase des Lebenszykluses eines Stoffes bzw. eines Gutes begleitet und zu überprüfen hat. „Urban Mining“ stellt somit notwendigerweise einen integralen Bestandteil einer Nachhaltigkeitsdebatte dar.

Von besonderer inhaltlicher Prüfungsrelevanz unter Gesichtspunkten des „Urban Mining“ ist hierbei auch die Kombination, Vermischung und Fügung von Stoffen und Gütern, sowie deren Rückbau und Trennung. Daran anschließend folgt die Phase der Rezyklierung und der Rückführung bzw. des Neubeginns des Stoffkreislaufes.

Es ist die Gesetzeslage anhand des Lebenszykluses von relevanten Stoffen und Gütern unter dem Gesichtspunkt des „state of the art“ bzw. des „Standes der Technik“ darauf zu untersuchen, ob und wo Lösungsansätze für den Bereich des „Urban Mining“ in Gesetzesmaterien Eingang gefunden haben. Dies beginnt bei der Urproduktion von Stoffen, führt über deren Verarbeitung und Verwendung und kulminiert für sämtliche Güter- und Stoffflüsse für den im „Urban Mining“ relevanten Bereich in rechtlicher Hinsicht beim zentralen Thema des „Abfallrechtes“. Die Abbildung 2-2 bildet einen exemplarischen ersten zu untersuchenden Themenbereich. Anhand von gewichteten Stoff- und Güterflüssen wird der rechtliche und auch wirtschaftliche Status quo erhoben und daraus wirtschaftliche Potentiale abgeleitet, deren Umsetzung bzw. Absicherung durch rechtliche Instrumentarien geprüft wird.

4 Methodisches Vorgehen

4.1 Methodisches Vorgehen im Gesamtprojekt

In einem ersten Schritt werden massenmäßig wichtigsten Güter identifiziert, die für ein Urban Mining in Frage kommen können. Anschließend werden die anthropogenen Lagerstätten kategorisiert. Darauf aufbauend wird die Prozesskette von der Urproduktion über die Produktion, der Verwendung und der Abfallwirtschaft beziehungsweise dem Recycling analysiert und quantifiziert. Das Potenzial für ein Urban Mining wird anhand einer Literaturrecherche grob abgeschätzt. Als Literaturquellen werden vorzugsweise Stoffflussanalysen herangezogen. Die Stoffflussanalyse gewährleistet, dass die Prozesskettenanalyse die wichtigen Prozesse identifizieren kann um darauf aufbauend das Potential quantifizieren zu können.

Dabei wird der gesamte Lebensweg einzelner, exemplarischer Güter von der Urproduktion bis zur Abfallwirtschaft oder dem Recycling (cradle2grave; cradle2cradle) analysiert und bewertet (physisch und monetär). Als Systemgrenze wird das österreichische Staatsgebiet angenommen. Finden relevante Prozesse außerhalb Österreichs statt, werden diese in die Analyse miteinbezogen.

Der ökonomische Wert der Ressourcen und der Vergleich mit der dynamischen Vorhaltdauer werden anhand einer Literaturrecherche abgeschätzt beziehungsweise verglichen.

Die Prozesskettenanalyse wird mit den relevanten Gesetzesmaterien verknüpft. Es wird gezeigt, in welchem Stadium des Lebenszyklus verschiedener Güter welche Gesetze greifen.

Nach der Identifizierung der relevanten Gesetze mit Fokus auf das Abfallrecht werden diese hinsichtlich Qualität, Tauglichkeit und Effizienz für ein Urban Mining untersucht. Weiters wird analysiert, warum kaum weitergehende Impulse bestehen, auf derzeit schon bestehende „Urban Mining“-Lagerstätten zurückzugreifen beziehungsweise diese für eine wirtschaftliche Nutzung aufzubereiten.

Parallel zur rechtlichen Analyse der Gesetze werden mittels SWOT Analyse die Stärken und Chancen, durch Gesetzesänderungen Urban Mining zu forcieren, beurteilt.

Abschließend werden Optimierungsschritte des rechtlichen Rahmens abgeleitet und operationalisiert, um das anthropogene Lager in Österreich besser nutzbar machen zu können. Verbesserungen und die Schaffung von Erleichterungen beim „Urban Mining“ werden im Erlaubnisrecht und anderen Rechtsmaterien als Vorschläge zu Gesetzesänderungen mit dem Ziel, Urban Mining attraktiver zu machen, präsentiert.

Abschließend wird versucht, das durch Gesetzesänderungen neu zugänglich gemachte Potential für ein Urban Mining abzuschätzen. Dieser Versuch kann als Qualitätskontrolle bezeichnet werden.

4.2 Methode der Stoffflussanalyse

Die Methode der Stoffflussanalyse ist ein Werkzeug zur Beschreibung und Analyse beliebig komplizierter Systeme und dient gemäß ÖNORM S 2096-1 zur Identifizierung und Quantifizierung aller relevanten Flüsse von Stoffen in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System, sowie der Bilanzierung der Stoffe innerhalb dieses Systems [ÖN S 2096-1, 2005]. Sie erlaubt die Darstellung und Modellierung von Betrieben, privaten Haushalten, von Städten und Regionen. Der Vorteil der Stoffflussanalyse ist, dass ein komplexes System auf die für eine Fragestellung relevanten Güter und Prozesse reduziert wird. Damit werden die

Grundlagen geschaffen, um beispielsweise zielgerichtete Maßnahmen abzuleiten oder um Szenarien zur Optimierung zu vergleichen.

Bei der Entwicklung der Methode Ende der 80er Jahre wurde neben einem bestimmten methodischen Vorgehen auch eine spezielle „Sprache“ entwickelt [Baccini & Brunner, 1991]. Es war von Beginn an das Ziel, ein Werkzeug zu entwickeln, das möglichst universell einsetzbar ist und dessen Ergebnisse zwischen den unterschiedlichen Studien verglichen werden können. Diese gemeinsame einheitliche Sprache erleichtert es, die Systeme sowohl horizontal als auch vertikal miteinander zu verknüpfen. Ein Beispiel für eine horizontale Verknüpfung ist die Verbindung von Stoffflüssen zwischen zwei Nachbarregionen. Bei einer vertikalen Verknüpfung werden beispielsweise die Stoffflüsse eines Unternehmens in die Gesamtflüsse der das Unternehmen umgebenden Region integriert.

Die Vorgehensweise bei der Durchführung einer Stoffflussanalyse resp. Güterflussanalyse ist im Regelblatt 514 des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes detailliert beschrieben [ÖWAV, 2003] sowie in der ÖNORM S 2096, Teil 1 [ÖN S 2096-1, 2005] und Teil 2 [ÖN S 2096-2, 2005] normativ geregelt.

Die wichtigsten und auch am häufigsten benötigten Begriffe bei der Durchführung von Stoffflussanalysen sind:

- Systemgrenze
- Prozess
- Gut
- Stoff.

Ausgangspunkt einer jeden Stoffflussanalyse ist die Wahl der „Systemgrenze“. Es ist zu entscheiden, welche Prozesse sich innerhalb und welche sich außerhalb des zu untersuchenden Systems befinden. Dieser Vorgang wird mit dem Ziehen einer räumlichen Systemgrenze bezeichnet. Gleichzeitig ist auch eine zeitliche Systemgrenze zu definieren, also der Zeitraum, über den das System bilanziert wird. Dies ist üblicherweise ein Jahr.

Parallel mit der Wahl der Systemgrenze werden die Prozesse ausgewählt. Ein Prozess beschreibt die Umformung, den Transport oder die Lagerung von Gütern und Stoffen. Der Prozess selbst wird meist als Black Box behandelt, d. h. die Vorgänge innerhalb des Prozesses werden nicht untersucht.

Die einzelnen Prozesse werden über Güter- und Stoffflüsse miteinander verknüpft, wobei jeder Fluss über einen Herkunfts- und Zielprozess verfügt. Ein „Gut“ ist definiert als eine handelbare Substanz, die aus einem oder mehreren Stoffen besteht. Beispielsweise sind Trinkwasser oder PVC Güter, da im Trinkwasser weitere Stoffe in H_2O gelöst sind und im PVC das Vinylchlorid durch Additive aufbereitet wurde. Der Handelswert dieser Güter kann sowohl positiv (z. B. Brot, Trinkwasser, Batterie, Schrott) als auch negativ (z. B. Müll, Altbatterien, Abwasser) sein.

Die Güter setzen sich also aus Stoffen zusammen. Ein „Stoff“ wird definiert als chemisches Element oder als chemische Verbindung in reiner Form. Beispiele für Stoffe sind: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor, Zink, Cadmium oder die Verbindungen ZnO , Benzol, $C_6H_{12}O_6$ (Zucker), H_2O , Vinylchlorid.

Die Erfassung und Beschreibung eines Systems erscheint auf den ersten Blick als eine komplexe Angelegenheit. Bei einem schrittweisen Herangehen zeigt sich jedoch, dass diese Aufgabe durchaus lösbar ist. Es ist aufwändig und auch nicht notwendig, alle Flüsse und Prozesse zu erfassen. Es gilt vielmehr, die zentralen Flüsse und Prozesse zu identifizieren.

Ausgangspunkte sind immer die Zielsetzung und die entsprechenden Fragestellungen. Diese sind hauptverantwortlich für die Zusammensetzung des Systems.

Eine Stoffflussanalyse wird in mehreren aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten erstellt. Das methodische Vorgehen ist in [Baccini & Brunner, 1991], [Baccini & Bader, 1996] und [Daxbeck & Brunner, 1993] beschrieben, es ist nicht linear, der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte erfolgt vielmehr iterativ. Die „Kunst der iterativen Entwicklung“ eines Stoffflusssystems ist von zentraler Bedeutung und lässt sich nur durch praktische Erfahrung entwickeln.

4.3 Systemdefinition

Gemäß ÖNORM S 2096-2 [ÖN S 2096-2, 2005] umfasst die Systemdefinition jener Entwurfsvorgang, in dem für die konkreten Fragestellungen die Struktur des Systems bestimmt wird. Diese besteht aus der Festlegung der räumlichen und zeitlichen Systemgrenze, der betrachteten Prozesse und Güter sowie deren Verknüpfungen.

Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Systemdefinition ist die Datenlage. Die Verfügbarkeit und Qualität der Daten sind mitentscheidend für die Struktur und den Detaillierungsgrad des Systems. Dieser Arbeitsschritt kann iterativ sein, wenn Erkenntnisse aus der Sensitivitätsanalyse eine nachträgliche Anpassung des Systems nahe legen.

Die Durchführung einer Stoff- bzw. Güterflussanalyse erfordern die Definition der Systemgrenzen, der Prozess und der Stoffe bzw. Güter. Mit Hilfe der Systemdefinition wird ein Ersatzbild der Wirklichkeit erstellt, in dem von realen, komplexen Gegebenheiten mit einer Vielzahl von Prozessen und Verknüpfungen (Güter- und Stoffflüssen) ein vereinfachtes, überschaubares und handhabbares Modell erstellt wird. Im Modell wird die Realität auf die wesentlichen Bestandteile reduziert. Das Modell muss so aufgebaut sein, dass die Aufgabenstellung gelöst werden kann. Dafür ist es nicht notwendig, alle Flüsse und Prozesse zu erfassen. Es gilt vielmehr, die zentralen Flüsse und Prozesse zu identifizieren. Besondere Bedeutung kommt in diesem Schritt folgenden Punkten zu:

- Exakte Abgrenzung des Systems und der Prozesse, wobei Prozesse innerhalb des Systems bilanziert werden müssen, solche außerhalb des Systems aber nicht.
- Eindeutige Verknüpfung der einzelnen Prozesse über die Güterflüsse und eindeutige Benennung der Güterflüsse.

4.3.1 Systemgrenzen

Ausgangspunkt einer jeden Stoffflussanalyse ist die Wahl der Systemgrenze. Es ist zu entscheiden, welche Prozesse innerhalb und welche sich außerhalb des zu untersuchenden Systems befinden. Dieser Vorgang wird mit dem Ziehen einer räumlichen Systemgrenze bezeichnet. Gleichzeitig ist auch eine zeitliche Systemgrenze zu definieren, also der Zeitraum, über den das System bilanziert wird. Grundsätzlich kann der Bilanzierungszeitraum individuell gewählt werden, üblicherweise beträgt er ein Jahr [ÖN S 2096-2, 2005].

4.3.1.1 Räumliche Systemgrenze

Das Gesamtsystem innerhalb dessen die Güter bilanziert werden ist in den untersuchten Stoffflussanalysen durch die politische Grenze Österreich horizontal begrenzt. Die vertikale Begrenzung ist durch die Berücksichtigung der unterirdischen Abbauvorgänge, Bauwerke und den landwirtschaftlichen bzw. industriell-gewerblich genutzten Oberboden gegeben. Diese räumliche Systemgrenze kennzeichnet die Volkswirtschaft Österreichs, in der ausschließlich die anthropogenen Prozesse bilanziert werden. Im- und Exporte von Gütern werden durch Güterflüsse in das bzw. aus dem System dargestellt.

Um die wichtigsten Flüsse in die und aus den natürlichen Prozessen (Pedo-/Lithosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre) zu berücksichtigen, wird das System um ausgewählte Prozesse ergänzt. Es sind dies beispielsweise die natürlichen Rohstofflager wie Kiesgrube Steinbruch oder Kohlelagerstätte.

4.3.1.2 Zeitliche Systemgrenze

Die zeitliche Systemgrenze beträgt in der Regel ein Kalenderjahr. Stammen Daten aus einem anderen Bezugsjahr so wird dies im Text vermerkt.

Falls Daten keinem speziellen Jahr zuordenbar sind, da sie zum Beispiel auf Abschätzungen von Jahresmittelwerten durch ExpertInnen beruhen, werden die Daten ebenfalls auf das Bilanzjahr bezogen.

4.3.2 Prozessauswahl

Ein Prozess beschreibt die Umformung, den Transport oder die Lagerung von Gütern. Der Prozess selbst wird meist als Black Box behandelt, d.h. die Vorgänge innerhalb des Prozesses werden nicht untersucht. Güterflüsse in einen Prozess werden als Inputs, solche aus einem Prozess hinaus als Outputs bezeichnet. Innerhalb eines Prozesses kann sich ein Bestand von Gütern befinden, ein sogenanntes Lager. Das Lager erfährt Veränderungen, durch Zuwächse oder Abnahmen im Bestand.

Es werden alle für die Ziel- und Aufgabenstellung relevanten Prozesse (inkl. Lager) und die damit verbundenen Güterflüsse definiert. Dabei wird hauptsächlich der Weg der Güter verfolgt, auf dem eine Umwandlung der Güter erfolgen kann. Es werden nur Güter ausgewählt, die maßgeblich feste Abfälle verursachen. Die Güter Luft und Wasser, die den größten Güterumsatz verursachen, werden nicht berücksichtigt. Ebenso bleibt der Roh-, Hilfs- und Betriebsmitteleinsatz unberücksichtigt, da dies die Bilanzierung einer Vielzahl von weiteren Prozessen zur Folge hätte.

Die einzelnen Prozesse werden über Güterflüsse miteinander verknüpft, wobei jeder Fluss über einen Herkunfts- und einen Zielprozess verfügt. Um die Prozesse für das System auszuwählen, wird in zwei Arbeitsschritten vorgegangen:

4.3.2.1 1.Schritt: Aufteilung der Volkswirtschaft

Es werden die wichtigsten Güterflüsse, die durch die Volkswirtschaft Österreichs fließen, erfasst und bilanziert. Die Volkswirtschaft beschreibt die Gesamtheit der privaten und öffentlichen Wirtschaftstätigkeiten eines Staates und deren Beziehungen zueinander. Um die komplexen Vorgänge innerhalb einer Volkswirtschaft übersichtlich darstellen zu können, wurde eine Aufteilung in sechs einzelne Bereiche vorgenommen.

- Urproduktion: Die Urproduktion entspricht dem primären Wirtschaftssektor und sorgt für die Gewinnung und Bereitstellung der Rohstoffe. (1. Sektor)
- Produktion: Die Produktion sieht die Be- und Verarbeitung der primären und sekundären Rohstoffe durch produzierende Gewerbe- und Industriebetriebe vor, um daraus Produkte für den Konsum zu erzeugen. (2. Sektor)
- Dienstleistung: In diesen Bereich fallen der gesamte Dienstleistungsbereich inklusive der öffentlichen und privaten Verwaltung, sowie die Privathaushalte als auch die Abwasser- und Abfallwirtschaft durch öffentliche und private Unternehmen. (3. Sektor)
- Privater Haushalt: Die Privathaushalte sind eigentlich Teil des Bereiches Dienstleistung. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden sie jedoch gesondert betrachtet. Die Privat-

haushalte umfassen den Konsum von Gütern, wobei unter Güter sowohl die kurz- als auch die langlebigen Güter verstanden werden.

- Abwasser- und Abfallwirtschaft: In diesen Bereich fällt die Sammlung, Behandlung, Verwertung und Deponierung der Abfälle. Die Abwasser- und Abfallwirtschaft ist Teil des Bereiches Dienstleistung wird jedoch wie die Privathaushalte gesondert dargestellt.

Diese Bereiche stellen den schematischen Hintergrund für die Definition und Zuordnung der Prozesse dar. Diese Aufteilung ermöglicht es, die Massenflüsse und deren Lager in einzelnen Prozessen durch das System „Österreich“ zu verfolgen und ihre Bedeutung in den einzelnen Prozessen zu beurteilen.

4.3.2.2 2.Schritt: Definition der Prozesse

In einem zweiten Arbeitsschritt werden den einzelnen Bereichen des Systems „Österreich“ Prozesse zugeordnet. Die Auswahl der Prozesse orientiert sich, soweit möglich, an der Wirtschaftstätigkeitenklassifikation ÖNACE. Anhand dieser Klassifikation werden die Prozesse einem Bereich zugeordnet [Statistik Österreich, 1995].

Die Ö-NACE 1995 (Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes) ist eine nationale Systematik der Wirtschaftstätigkeiten, die gemäß Europäischer Ratsverordnung (VO (EWG) Nr. 3037/ 90) für alle Mitgliedstaaten verbindlich anzuwenden ist. Sie ist eine alle Wirtschaftstätigkeiten umfassende, hierarchisch strukturierte statistische Klassifikation und gliedert sich in sechs Ebenen, wobei jede Ebene um eine numerische Stelle erweitert wird.

Tabelle 4-1: Gliederung nach Ö-NACE 1995, [Statistik Österreich, 1995]

Gliederungsebene	Anzahl	Codierung
Abschnitte	17	A – Q
Unterabschnitte	31	AA – QA
Abteilungen	60	01 – 99
Gruppen	222	01.1 – 99.0
Klassen	503	01.11 – 99.00
Unterklassen	718	01.11-00 – 99.00-00

Definition einer wirtschaftlichen Tätigkeit:

Eine wirtschaftliche Tätigkeit liegt dann vor, wenn durch den kombinierten Einsatz von Produktionsfaktoren, wie Betriebsmittel und Werkstoffe, Arbeit, Herstellungsverfahren, Informationsnetze usw., bestimmte Waren oder Dienstleistungen produziert werden. Sie ist gekennzeichnet durch einen Güterinput (Waren und Dienstleistungen), einen Produktionsprozess und einen Güteroutput (Waren und Dienstleistungen).

In der Praxis sind die Tätigkeiten der Produktionseinheiten häufig gemischter Art. Die Bestimmung einer „Haupttätigkeit“ ist erforderlich, um eine Einheit einer bestimmten Position der ÖNACE 1995 zuordnen zu können [Statistik Österreich, 1995].

Somit werden Branchentätigkeiten als Prozesse dargestellt, wobei nur solche Branchen ausgewählt werden, die für das Gut massenmäßig von Bedeutung sind. Die Auswahl der Prozesse erfolgt auf der Ebene der Abteilungen, d.h. auf 2-Steller Ebene. Auch wenn in manchen Fällen der Prozess durch darunterliegende Ebenen präziser erfasst wird, wird ausschließlich auf der Abteilungsebene bilanziert. Eine Bilanzierung auf höherem Detaillierungsgrad hat eine Vervielfachung der Anzahl an Prozessen zur Folge und erweist sich daher im Rahmen des Projektes als nicht durchführbar.

Da die Prozesse, die anhand der ÖNACE-Klassifikation definiert werden, nicht ausreichen, um das System in seiner Gesamtheit zu erfassen, werden zusätzliche Prozesse eingeführt.

Diese sind

- die natürlichen Rohstofflager wie Kiesgrube, Steinbruch, Erdöllagerstätte und Kohlelagerstätte
- ein abfallwirtschaftlicher Prozess: Sonstige Verwertung und Entsorgung
- die Lager, wie beispielsweise die Baubestände)

Allen Bilanzen gleich ist der Prozess „Privater Haushalt“ der den Ge- und Verbrauch von Produkten umfasst. In der Wirtschaftstätigkeitenklassifikation ist er mit dem Code 95 versehen.

Der Bereich Abfall- und Abwasserwirtschaft wird in zwei Prozesse geteilt. Der Prozess „Abwasser- und Abfallbeseitigung“ und der Prozess Sonstige Verwertung und Entsorgung, der die unkontrollierten Wege der Entsorgung umfasst.

Die Prozesse aller anderen Bereiche werden in Abhängigkeit des zu untersuchenden Gutes ausgewählt.

4.3.3 Güterauswahl

Die Erhebung der massenmäßig relevantesten Güterflüsse in Österreich erfordert zunächst die Kenntnis einer breiten Palette von Gütern mit großem Materialumsatz. Diese werden mittels einer Literaturrecherche identifiziert. Es werden nur Güter ausgewählt, die durch die gesamte Volkswirtschaft fließen bzw. von dieser gehandelt werden und solche Güter die maßgeblich feste Abfälle verursachen. Die Güter „Luft“ und „Wasser“, die den größten Güterumsatz verursachen, werden nicht berücksichtigt.

5 Kategorisierung der anthropogenen Lager

Die Kategorisierung der anthropogenen Lager aus technisch naturwissenschaftlicher Sicht dient dazu, das Potential für ein Urban Mining in kleinere, überschaubarere Bereiche einzuteilen und grob abzuschätzen.

Die definierten Kategorien dienen in einem nächsten Schritt auch dazu, die relevanten Gesetze und Normen zu identifizieren, und das Ziel, zukünftig Urban Mining attraktiver zu gestalten, zu erreichen.

Basierend auf den Vorgaben der Ausschreibung werden nur anthropogene Potenziale das Abfallregime betreffend untersucht werden. Demnach werden folgende Potentiale im vorliegenden Forschungsprojekt nicht berücksichtigt:

- Nicht anthropogene Lagerstätten wie Tunnelausbruch und Bodenaushub
- Gefährliche Abfälle (kleines Potenzial)
- Radioaktive Abfälle (kein Potenzial)

Giljum vom SERI (2008) unterteilt die natürlichen Ressourcen in 4 Kategorien:

- Biomasse
- Mineralische Baustoffe
- Metalle
- Fossile Brennstoffe

Basierend auf diesen Daten und der Kategorisierung prognostiziert die OECD (2008) vor allem bei den mineralischen Rohstoffen ein starkes Wachstum bis zum Jahr 2020.

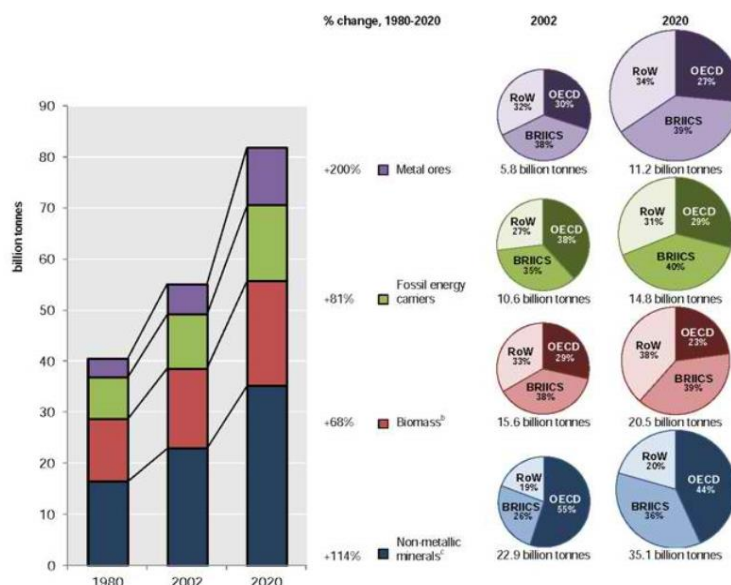


Abbildung 5-1: Globaler Abbau und Förderung von natürlichen Ressourcen nach Regionen (OECD, 2008)

Die Geologische Bundesanstalt (2009) gibt den jährlichen Bedarf an mineralischen Rohstoffen mit 12 Tonnen pro Österreicher und Jahr an. Zusammen mit den Energieträgern Erdöl und Kohle sind es nach Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ, 2009) 15 t pro Kopf



Abbildung 5-2: durchschnittlicher österreichischer Rohstoffkonsum (BMWFJ, 2009)

Die Auswahl der Güter orientiert sich in der vorliegenden Studie an den massenmäßig wichtigsten Güter für ein Urban Mining. Aufgrund der Erfahrungen der Studienautoren und den oben angeführten Angaben sind dies:

- Sand, Kies und Natursteine
- Erdöl (hier in Form von Kunststoffen)
- Eisen
- Aluminium
- Kupfer

Um in weiterer Folge rechtliche Anreize für ein Urban Mining zu schaffen, werden die ausgewählten, exemplarischen Güter in vier Kategorien unterteilt.

- Tiefbau (Verkehrsinfrastruktur, Straßen, Brücken, Tunnel, etc.)
- Netze (Infrastruktur für Wasser, Abwasser, Energie etc. also Rohre, Kabel)
- Hochbau (Gebäude)
- Konsumgüter (Lebensdauer > 1 Jahr wie Elektrogeräte und Kfz, etc.)

Netze sind zwar Teil des Tiefbaus, werden aber aufgrund ihrer Bedeutung gesondert betrachtet.

In weiterer Folge wird quantifiziert, in welchen Teilprozessen des gesamten Produktlebenszyklus das größte Lager mit der größten Lagerveränderung zu erwarten ist. Die ausgewählten Teilprozesse werden in der Folge vorrangig betrachtet.

Die Prozesskette umfasst im Groben folgende Teilprozesse mit den jeweiligen anthropogenen Lagern bzw. den Lagerveränderungen:

- Urproduktion (Extraktion von Rohstoffen aus der Lithosphäre)

-
- Produktion (Aufbereitung der Rohstoffe zu Halbzeugen bzw. Fertigprodukten)
 - Konsum (Nutzung von Produkten in Privathaushalten (PHH) und Industrie- und Gewerbe (I+G) mit einer Nutzungsdauer von > 1 Jahr; Bestimmung des Lagers bzw. der Lagerveränderung)
 - Abfallwirtschaft (Sammlung und Aufbereitung von Abfällen zum Zweck einer Verwertung oder Beseitigung im In- oder Ausland)
 - Recycling (Wiederverwendung, stoffliche oder sonstige Verwertung von Abfällen)

Die Untersuchung und Quantifizierung der anthropogenen Lager bzw. deren Lagerveränderungen in diesen Teilprozessen lässt Schlüsse über das derzeit ungenützte Urban Mining-Potenzial zu.

6 Identifizierung der anthropogenen Lager

In den folgenden Kapiteln werden die anthropogenen Lager beziehungsweise die Lagerveränderungen der ausgewählten, exemplarischen Güter entlang des Produktlebenszyklus - in den Teilbereichen – identifiziert und grob quantifiziert.

Für jedes einzelne Gut wird eine Systemgrenze des Gesamtprozesses definiert. Es werden Vorketten bzw. Prozesse, die außerhalb des österreichischen Staatsgebietes vor sich gehen mit in die Analyse einbezogen, falls diese für die Quantifizierung des anthropogenen Lagers relevant sind.

6.1 Sand-, Kies- und Natursteinhaushalt Österreich

6.1.1 Einleitung

Ausgangslage der vorliegenden Untersuchung ist die 2001 durchgeführte Stoffflussanalyse „Projekt ABASG II – Güter“. Zusammenfassend werden die relevanten Maßnahmen und die davon betroffenen Güter, Prozesse und Lager identifiziert, die für die Beschreibung des Fe-Haushaltes Österreichs relevant sind.

6.1.2 Systemdefinition

Gemäß ÖNORM S 2096-2 [ÖN S 2096-2, 2005] umfasst die Systemdefinition jener Entwurfsvorgang, in dem für die konkreten Fragestellungen die Struktur des Systems bestimmt wird. Diese besteht aus der Festlegung der räumlichen und zeitlichen Systemgrenze, der betrachteten Prozesse und Güter sowie deren Verknüpfungen.

Im Folgenden werden zwei Güter, nämlich Sand/Kies (Gut 1) und Natursteine (Gut 2), innerhalb einer Bilanz erfasst, da deren Einsatz und weitere Verarbeitung im Wesentlichen ident sind. Beide Güter werden zu rund 95 % in der Bauwirtschaft (vgl. Abbildung 6-2) eingesetzt [Wagner et al., 1997].

Unter Sand und Kies werden Lockergesteine mit einer bestimmten Korngröße (Sand 0,063-2mm, Kies 2-63mm) verstanden, die in einer Sand bzw. Kiesgrube gewonnen werden.

Natursteine bezeichnen Festgesteine, wie etwa Granit, Kalkstein, Marmor oder Dolomite, welche in Steinbrüchen durch Sprengungen gewonnen werden. Sie dienen als Schotter, Split, Brechsand, Bruchstein, Mauerstein, Naturwerkstein, Pflastermaterial.

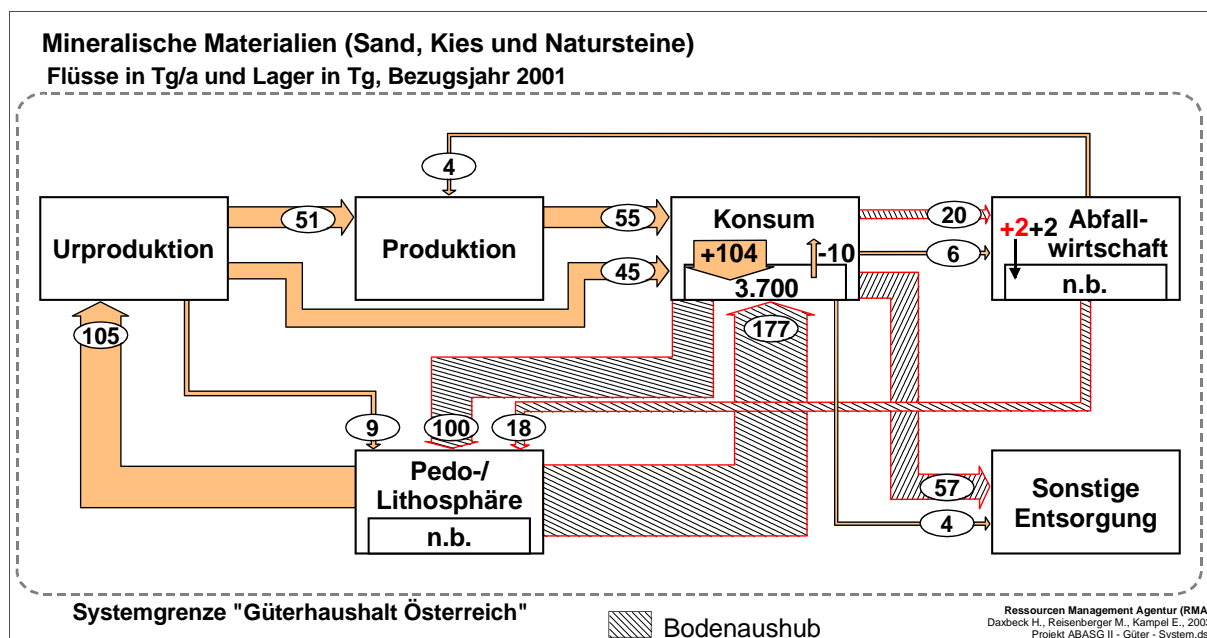


Abbildung 6-1: Güterflussanalyse (aggregiert) von Sand, Kies und Natursteinen; Tg=Mio. t³

³ Um die Lesbarkeit der Darstellung zu erhöhen, wurden die Zahlen gerundet.

In der Bilanz wird der Umsatz der Güter Sand, Kies und Natursteine betrachtet. Sie sind mineralische Materialien und verursachen den massenmäßig größten Güterumsatz in Österreich. Diese Güter werden hauptsächlich im Bauwesen eingesetzt, die Nutzungsdauer ist i.d.R. langfristig ausgelegt, variiert jedoch stark nach Einsatzgebiet.

6.1.3 Relevante Güter bezüglich Sand, Kies und Natursteine

Werden Sand, Kies und Natursteine verarbeitet, so werden daraus i.d.R. Zemente, Betonzeugnisse, bearbeitete Natursteine und Asphalt hergestellt. Die Produktion dieser Baumaterialien verlangt den Einsatz von sekundären Rohstoffen, Zuschlägen und Betriebsstoffen. In der Bilanzierung werden jedoch ausschließlich die Güter betrachtet.

Die Zementindustrie vermahlt die Rohstoffkomponenten Kalkstein und Mergel zu Rohmehl, und vermengt diese mit rund 260.000 t sekundären Rohstoffen (diverse Schlacken, Sande und Aschen). Dieses Gemisch wird in der Folge zu Klinker verbrannt. Dieser Klinker wird mit diversen Zuschlagstoffen (z.B. Hochofenschlacken, Gips, Flugaschen) von rund 700.000 t zu Zement vermahlen [Hackl & Mauschitz, 2001]. Der Inlandsverbrauch von Zement im Jahr 2000 betrug rund 4,5 Mio. t.

Von Bedeutung in der Zementindustrie ist der Brennstoffeinsatz. Die Zementindustrie ist bei ihrem Brennstoffeinsatz flexibel, so werden ebenso wie konventionelle Brennstoffe (Steinkohle, Heizöl, Erdgas) auch alternative Brennstoffe (Altreifen, Altöl, Petrolkoks, Papierfaserstoffe, Kunststoffabfälle) eingesetzt. Alternative Brennstoffe werden jährlich etwa 200.000 t, und konventionelle 140.000 t (exklusive Erdgas) eingesetzt [Hackl & Mauschitz, 2001]. Insgesamt werden somit rund 340.000 t Brennstoffe jährlich verbraucht.

Die Herstellung eines m³ Betons erfordert durchschnittlich 1.900 kg Sand/Kies, 300 kg Bindemittel (z.B. Zement) und 190 l Wasser [Tritthart, 2003]. Da laut Produktionsstatistik 2001 [Statistik Austria, 2002] rund 18,8 Mio. t Frischbeton hergestellt wurden, wurden mindestens 15 Mio. t Sand und Kies für die Betonherstellung aufgewendet.

Als drittes massenmäßig wichtiges Gut aus mineralischen Rohstoffen ist Asphalt zu nennen. Asphalt besteht aus einer Mischung von 5 % Bitumen und 95 % Mineralstoffen. Bitumen ist ein Produkt der Erdölindustrie und wird dort im überwiegenden Ausmaß (rund 80 %) in der Asphaltproduktion eingesetzt. Hier wird das erwärmte und somit verformbare Bitumen mit Mineralstoffen (Sand, Splitt) vermengt und beim Erkalten wird der fertige Asphalt hart. Vorwiegendes Einsatzgebiet ist der Straßenbau. Es werden rund 10 Mio. t Asphalt jährlich hergestellt, das entspricht einem Einsatz von mineralischen Rohstoffen von 9,5 Mio. t und 0,5 Mio. t Bitumen [Reininger, 2003].

Mit diesen Angaben ist der Einsatz von rund 30 Mio. t Sand, Kies und Natursteinen erfasst.

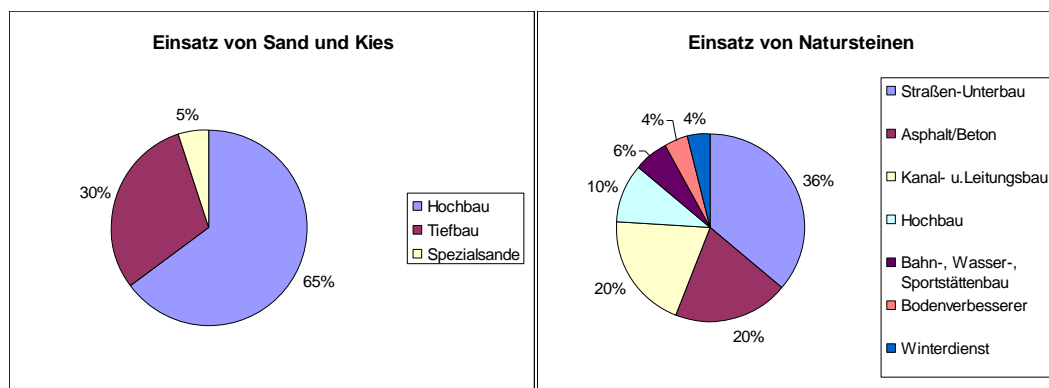


Abbildung 6-2: Einsatz von Sand, Kies und Natursteinen, nach: [Wagner et al., 1997]

Im Bauwesen werden die mineralischen Rohstoffe Sand, Kies und Natursteine, sowie daraus gefertigte Waren im Hoch-, Tief- und Netzbau eingesetzt. Daher ist das Bauwesen für den Lageraufbau, Lagerabbau und Lagerbestand maßgeblich.

Die Rückgewinnung von Sand, Kies und Naturstein (im weiteren Sinne) aus dem Bauwesen beschreibt die nasse oder trockene Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen. Aus diesen Abfällen können sekundäre Rohstoffe gewonnen werden, die im Bauwesen direkt (z.B. Schütt- und Füllmaterial) oder zur Herstellung von Baumaterialien (z.B. Recyclingbeton) eingesetzt werden können. Die Rückgewinnung ist gemäß der Wirtschaftstätigkeitenklassifikation ÖNACE kein abfallwirtschaftlicher Prozess, sondern dem Produktionssektor als eigene Abteilung zugeordnet. Sand/Kies und Natursteine sind die massenmäßig wichtigsten Güter innerhalb einer Volkswirtschaft. Deren Verbreitung und Verwendung sind jedoch am wenigsten genau erfasst. Dies kommt durch die großen Schwankungsbreiten der verfügbaren Daten über Herkunft, Aufkommen und Verbleib zum Ausdruck.

6.1.4 Zusammenfassung Sand-, Kies und Natursteine Prozesse

Die Güter Sand/Kies und Natursteine und deren Umsatz in der Volkswirtschaft Österreich werden durch folgende Prozesse unterteilt.

- Kiesgrube (KG)
- Steinbruch (SB)
- Gewinnung von Steinen und Erden (14)⁴
- Herstellung von Waren aus Steinen und Erden (26)
- Handel (51)
- Baustelle (BA)
- Bauwesen (45)
- Bewirtschaftung von Industrie-, Gewerbebaute und Dienstleistungsbauten (IG)
- Bewirtschaftung von Netzwerken (NW)
- Privater Haushalt (95)
- Rückgewinnung (37)
- Abwasser- und Abfallbeseitigung (90)
- Sonstige Verwertung und Entsorgung (SE)

6.1.4.1 Urproduktion

Das mineralische Rohstofflager in der Litho- bzw. Pedosphäre ist derzeit nicht bekannt. Es können dafür auch keine Abschätzungen⁵ vorgenommen werden, da diese Materialien bei- nahe ubiquitär in der Erdkruste vorhanden sind, jedoch nicht bekannt ist, welche Mengen für einen Abbau geeignet sind. Der Outputfluss des Prozesses Urproduktion kann somit nur grob abgeschätzt werden, dies zeigt sich auch in den großen Bandbreiten (\pm Faktor 2).

Im Urproduktionssektor sind für das mineralische Rohstofflager für Sand, Kies und Natursteine Österreich zwei Prozesse, der „Kiesgrube (KS)“, und die „Steinbruch (SB)“ für die Gewinnung und zusammenfassend für die Verarbeitung und den Import der Prozess „Gewinnung von Steinen und Erden (14)“ von Bedeutung. Die ersten Beiden Prozesse werden gemeinsam betrachtet.

⁴ Europäisches System im Bereich der Produktionsstatistiken für Bergbau und des verarbeitenden Gewerbes bzw. der Herstellung von Waren für die Statistik der Industrieproduktion in der EU (z.B.14: Gewinnung von Steinen und Erden) Diese Systematik wird auch in den folgenden Prozessen angewendet.

⁵ Der geologische Bundesanstalt, der es laut Lagerstättengesetz 1947 §1 obliegt, das Bundesgebiet nach nutzbaren Lagerstätten zu durchforschen, sind die tatsächliche Zahl der Abbaue von Baurohstoffen (insbesondere Kiessand und Naturstein), die Produktionsmengen und die gesicherten Vorräte unbekannt. Daher kann für das Lager an Sand, Kies und Natursteinen in der Pedo- bzw. Lithosphäre keine Quantifizierung vorgenommen werden. Es besteht Forschungsbedarf.

Die Erfassung der aufbereiteten und verarbeiteten Menge an Baurohstoffen wurde über den Fachverband der Stein und keramischen Industrie ermittelt, da die Angaben in der PRODCOM Statistik sich als nicht zuverlässig erwiesen. Grund dafür ist, dass nur betriebliche Haupttätigkeiten erfasst werden und Nebentätigkeiten in die Statistik keinen Eingang finden.

Kiesgrube (KS) und Steinbruch (SB)

In Österreich werden jährlich rund 96 Mio. t (12 t/E.a) Sand, Kies (70 %) und Natursteine (30 %) (Bezugszeitraum 2000-2002) abgebaut. Durch den Abbau dieser mineralischen Materialien fällt Abraum von 9°Mio.t (1,1 t/E.a) an, der vorwiegend aus Erdmaterial des Oberbodens besteht. Österreich versorgt sich mit diesen mineralischen Rohstoffen weitgehend selbst, der internationale Handel mit Sand, Kies und Natursteinen und Waren daraus ist vernachlässigbar. Es besteht ein Exportüberschuss von 0,4 Mio. t (0,05 t/E.a). In der Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2 sind die Input-, Outputbilanz für die Prozesse „Kiesgrube (KG)“ und „Steinbruch SB“ angegeben.

Tabelle 6-1: Bilanzierung des Prozesses Kiesgrube (KG)

PROZESS KIESGRUBE (KG)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	14	Abraum (KG)	KG	5.000.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	KG	Sand, Kies (14)	14	70.000.000	t
Lager	KG	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		5.000.000	t
		LAGEROUTPUT		70.000.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-65.000.000	t
	LAGERBESTAND		n.b.		

Tabelle 6-2: Bilanzierung des Prozesses Steinbruch (SB)

PROZESS STEINBRUCH (SB)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	SB	Abraum (SB)	SB	4.000.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	SB	Natursteine (14)	14	35.000.000	t
Lager	SB	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		4.000.000	t
		LAGEROUTPUT		35.000.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-31.000.000	t
	LAGERBESTAND		n.b.		

Gewinnung von Steinen und Erden (14)

Der Lagerbestand von mineralischen Rohstoffen in den Gewinnungsanlagen ist nicht bekannt. Die aus den unterschiedlichen In- und Outputflüssen resultierende Lagerveränderung von rund 1,2 Mio. t resultiert aus den großen Unsicherheiten der Daten. Die Lagerveränderung wird nicht näher untersucht, da sie nur 1 % des gesamten Inputs darstellt. Somit entspricht der Lagerinput mit rund 108 Mio. t im Wesentlichen dem Lageroutput mit rund 109 Mio. t. In der Tabelle 6-3 ist die Input-, Outputbilanz für die Prozesse „Gewinnung von Steinen und Erden (14)“ angegeben.

Tabelle 6-3. Bilanzierung des Prozesses Gewinnung von Steinen und Erden (14)

PROZESS GEWINNUNG VON STEINEN UND ERDEN (14)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	KG	Sand, Kies (14)	14	70.000.000	t
	SB	Natursteine (14)	14	35.000.000	t
	EX	Steine, Sand und Kies (IM)	14	2.520.981	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	14	Sand, Kies (26)	26	42.000.000	t
	14	Natursteine (26)	26	9.000.000	t
	14	Sand, Kies (51)	51	23.000.000	t
	14	Natursteine (51)	51	22.000.000	t
	14	Steine, Sand und Kies (EX)	EX	3.762.052	t
	14	Abraum (KG)	KG	5.000.000	t
	14	Abraum (SB)	SB	4.000.000	t
	14	Staub (ATM)	EX	n.b.	
Lager	14	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		107.520.981	t
		LAGEROUTPUT		108.762.052	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-1.241.071	t
		LAGERBESTAND			

6.1.4.2 Produktion

Im Produktionssektor⁶ sind für Sand-, Kies- und Natursteinhaushalt Österreich zwei Prozesse, nämlich die „Herstellung von Waren aus Steinen und Erden (26)“ und die „Rückgewinnung (37)“ von Bedeutung.

Herstellung von Waren aus Steinen und Erden (26)

Die abgebauten Sande und Kiese werden zu 65 % und die Natursteine zu 30 % zu mineralischen Baumaterialien (Zement, Beton, Asphalt) verarbeitet. Die Verarbeitung erfolgt im Wesentlichen durch die Zement- und die Betonindustrie. Bei der Produktion von Zement, Beton, Asphalt und anderen Waren aus Stein fallen keine mineralischen Abfälle an, da die mineralischen Rohstoffe zur Gänze verarbeitet werden. Ein massenmäßig geringer Verlust in Form von Gesteinsstaub tritt beim Brechen, Mahlen und ähnlichen Verarbeitungsvorgängen auf. Dieser ist ein Abfallfluss aus dem Produktionssektor. Die gefertigten Waren aus Stein betragen 55 Mio. t (6,8 t/E.a). In der Tabelle 6-4 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Herstellung von Waren aus Stein und Erden (26) angegeben.

⁶ Die Datenlage im Produktionssektor ist ähnlich jener der Urproduktion, da in der PRODCOM nur die Haupttätigkeiten der Betriebe verbucht sind. Aufgrund von Branchentätigkeiten und diverser Studien wurde abgeschätzt, welche Mengen an Rohstoffen zu Baustoffen (Beton, Ziegel, Bitumen) verarbeitet werden und welche direkt als Schüttmaterial eingesetzt werden.

Der Outputfluss des Prozesses Produktion kann somit nur grob abgeschätzt werden, dies zeigt sich auch in den großen Bandbreiten (\pm Faktor 2).

Tabelle 6-4: Bilanzierung des Prozesses Herstellung von Waren aus Steinen und Erden (26)

PROZESS HERSTELLUNG VON WAREN AUS STEINEN UND ERDEN (26)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	14	Sand, Kies (26)	26	42.000.000	t
	14	Natursteine (26)	26	9.000.000	t
	37	Baurestmassen (26)	26	1.000.000	t
	EX	Waren aus Stein (IM)	26	2.361.402	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	26	Waren aus Stein (51)	51	52.909.516	t
	26	Waren aus Stein (EX)	EX	1.451.886	t
	26	Staub (SE)	SE	285.000	t
Lager	26	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		54.361.402	t
		LAGEROUTPUT		54.646.402	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-285.000	t
		LAGERBESTAND		n.b.	

Die Lagerbestände von Sand, Kies und Natursteine an Produktionsstätten für Baumaterialien konnten nicht quantifiziert werden. Lagerinput und Lageroutput resultieren aus den Güterflüssen. Es wird angenommen, dass der Lagerbestand keiner wesentlichen Änderung unterliegt. Die Lagerveränderung ist zurückzuführen auf Ungenauigkeiten bei der ausschließlichen Quantifizierung der mineralischen Rohstoffe. So kann angenommen werden, dass die angeführte Staubmenge nicht ausschließlich von den mineralischen Rohstoffen stammt.

Rückgewinnung

Dieser Prozess beinhaltet die Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen. Die Baurestmassen, die einer nassen oder trockenen Aufbereitung zugeführt werden, betragen rund 4 Mio. t [Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2001]. Der Bestand an Baurestmassen, die auf Aufbereitungsanlagen zwischengelagert werden ist, nicht bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass es innerhalb eines Jahres zu keiner Lagerveränderung kommt. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Rückgewinnung (37) ist in Tabelle 6-5 angegeben.

Tabelle 6-5: Bilanzierung des Prozesses Rückgewinnung (37)

PROZESS RÜCKGEWINNUNG (37)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	90	Baurestmassen (37)	37	4.000.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	37	Baurestmassen (45)	45	3.000.000	t
	37	Baurestmassen (26)	26	1.000.000	t
	37	Störstoffe (90)	90	n.b.	t
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		4.000.000	
		LAGEROUTPUT		4.000.000	
		LAGERVERÄNDERUNG		0	
	LAGERBESTAND		n.b.		

6.1.4.3 Konsum

Im Dienstleistungssektor wird der Prozess „Handel“ als reiner Verteilungsprozess betrachtet. In den Prozessen „Bauwesen (45)“, „Baustelle (BS)“, „Bewirtschaftung von Industrie-, Gewerbe- u DL-bauten (IG)“ und „Bewirtschaftung von Netzwerken (NW)“ werden die Bautätigkeiten und im Prozess „Privater Haushalt (95)“ der Private Konsum betrachtet.

Handel (51)

Der Prozess Handel ist ein reiner Verteilungsprozess, von der Produktion hin zum Bauwesen (45). Im Prozess Handel kommt es zu keiner Lagerveränderung. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Handel (51) ist in der Tabelle 6-6 angegeben.

Tabelle 6-6: Bilanzierung des Prozesses Handel (51)

PROZESS HANDEL (51)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	26	Baumaterial (51)	51	52.909.516	t
	14	Sand, Kies (51)	51	23.000.000	t
	14	Natursteine (51)	51	22.000.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	26	Waren aus Stein (45)	45	97.909.516	t
Lager	51	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND			
		LAGERINPUT		97.909.516	t
		LAGEROUTPUT		97.909.516	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND			

Die Nutzung von mineralischen Grund- und Baustoffen innerhalb des Dienstleistungsbereiches wird durch das Bauwesen dominiert, vor allem durch die Bewirtschaftung der Industrie- und Gewerbebauten, der Netzwerke und der Privaten Wohnbauten. Die Verteilung des Inputgüterflusses auf die drei Bereiche wurde aus der Studie „Bauwerk Österreich“ übernommen. Auf diese Weise wurde auch das Aufkommen an Baurestmassen aus den drei Bereichen erhoben, das mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Aufgrund von Hochrechnungen konnten somit die österreichweiten Daten abgeschätzt werden. Amtliche Statistiken über den Einsatz von Baumaterialien sind nicht vorhanden.

Die Datenlage zur Bilanzierung des Prozesses Konsum auf Österreichebene ist schlecht, da Baustatistiken in ausreichender Genauigkeit nur auf Gemeindeebene verfügbar sind (± Faktor 2). Der Bodenaushub kann derzeit nur über Hochrechnungen grob abgeschätzt werden (± Faktor 2).

Bauwesen (45)

Die gefertigten Waren aus Stein und die unverarbeiteten Sande, Kiese und Natursteine fließen in den Prozess Bauwesen. Diese Güter werden vor allem im Tiefbau als Schüttmaterial eingesetzt. Der Prozess Bauwesen umfasst die Bautätigkeiten Neubau, Umbau, Sanierung und Abbruch. Der Verbrauch an mineralischen Baumaterialien liegt bei jährlich ca. 100 Mio. t (12 t/E.a). Diese Einsatzmenge wird jährlich in Netzwerken, in Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbauten (IGD-Bauten) und in Wohnbauten verbaut. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Bauwesen (45) ist in der *Tabelle 6-7* angegeben.

Tabelle 6-7. Bilanzierung des Prozesses Bauwesen (45)

PROZESS BAUWESEN (45)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	51	Waren aus Stein (45)	45	97.909.516	t
	BA	Bodenaushub (45)	45	177.000.000	t
	95	Baurestmassen v 95 (45)	45	1.518.000	t
	IG	Baurestmassen v IG (45)	45	2.304.027	t
	NW	Baurestmassen v NW (45)	45	6.582.973	t
Output	37	Baurestmassen (45)	45	3.000.000	t
	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Bodenaushub (BS)	BA	100.000.000	t
	45	Bodenaushub (SE)	SE	57.000.000	t
	45	Bodenaushub (90)	90	20.000.000	t
	45	Waren aus Stein (95)	95	29.374.074	t
	45	Waren aus Stein (IG)	IG	29.374.074	t
	45	Waren aus Stein (NW)	NW	44.251.852	t
	45	Baurestmassen (90)	90	6.400.000	t
	45	Mineral. Abfälle (SE)	SE	4.005.000	t
Lager	45	LAGER		Menge	Einheit
		LAGERBESTAND			
		LAGERINPUT		288.314.516	t
		LAGEROUTPUT		290.405.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-2.090.484	t
		LAGERBESTAND			

Bewirtschaftung von Netzwerken (NW)

Die Bewirtschaftung der Netzwerke umfasst die Errichtung und Instandhaltung von Ver- und Entsorgungseinrichtungen hinsichtlich Wasser und Energie, sowie Kommunikationsnetzwerke (Telefonleitungen) und erfordert den größten Einsatz (45 Mio. t=5,6 t/E.a) an mineralischen Baumaterialien. Im Lager der Netzwerke sind rund 2.380 Mio. t (294 t/E) mineralischer Baumaterialien gebunden. Der mineralische Baurestmassenanfall wird mit 6 Mio. t (0,79 t/E.a) abgeschätzt. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Bewirtschaftung von Bewirtschaftung von Netzwerken (NW) ist in der Tabelle 6-8 angegeben.

Tabelle 6-8: Bilanzierung des Prozesses Bewirtschaftung von Netzwerken (NW)

PROZESS BEWIRTSCHAFTUNG VON NETZWERKEN (NW)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Waren aus Stein (NW)	NW	44.251.852	t
Outp	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	NW	Baurestmassen v NW (45)	45	6.582.973	t
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		2.380.000.000	t
		LAGERINPUT		44.251.852	t
		LAGEROUTPUT		6.582.973	t
		LAGERVERÄNDERUNG		37.668.879	t
		LAGERBESTAND		2.417.668.879	t

Bewirtschaftung von Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbauten (IG)

IGD-Bauten (Bauwerke in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen) weisen einen Baumaterialverbrauch von rund 30 Mio. t (3,6 t/E.a), ein Lager von 670 Mio. t (83 t/E) und einen Bau-

restmassenanfall von 2,3 Mio. t (0,28 t/E.a) auf. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Bewirtschaftung von Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbauten (IG) ist in der angegeben.

Tabelle 6-9: Bilanzierung des Prozesses Bewirtschaftung von Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbauten (IG)

PROZESS BEWIRTSCHAFTUNG VON INDUSTRIE-, GEWERBE- UND DIENSTLEISTUNGSBAUTEN (IG)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Waren aus Stein (IG)	IG	29.374.074	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	IG	Baurestmassen v IG (45)	45	2.304.027	t
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		670.000.000	t
		LAGERINPUT		29.374.074	t
		LAGEROUTPUT		2.304.027	t
		LAGERVERÄNDERUNG		27.070.047	t
		LAGERBESTAND		697.070.047	t

Privater Haushalt (95)

Dieser Prozess umfasst die Bautätigkeit im Bereich Wohnbau und beschreibt den Neubau, Umbau und Abbruch. Die Materialumsätze der privaten Wohnbauten liegen in der gleichen Größenordnung wie der IGD-Bauten. Der Baumaterialverbrauch beträgt rund 30 Mio. t (3,6 t/E.a), das Lager 650 Mio. t (80 t/E) und der mineralische Baurestmassenanfall 1,5 Mio. t (0,18 t/E.a). Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Privater Haushalt (95) ist in der Tabelle 6-10 angegeben.

Tabelle 6-10: Bilanzierung des Prozesses Privater Haushalt

PROZESS PRIVATER HAUSHALT (95)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Waren aus Stein (95)	95	29.374.074	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	95	Baurestmassen v 95 (45)	45	1.518.000	t
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		650.000.000	t
		LAGERINPUT		29.374.074	t
		LAGEROUTPUT		1.518.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		27.856.074	t
		LAGERBESTAND		677.856.074	t

Baustelle (BS)

Dieser Prozess umfasst sämtliche Erd- und Gesteinsbewegungen im Zuge von Bautätigkeiten (v.a. Bodenaushub). Bodenaushub ist kein relevanter Bestandteil der Fragestellung innerhalb der Studie. Deswegen wird auf eine genauere Darstellung verzichtet. Die Input-, Outputbilanz für den Prozess Baustelle (BS) ist in der Tabelle 6-11 angegeben.

Tabelle 6-11: Bilanzierung des Prozesses Baustelle

PROZESS BAUSTELLE (BS)					
Input	Her- kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Bodenaushub (BS)	BS	100.000.000	t
	90	Boden (BS)	BS	18.000.000	t
Output	Her- kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	LIT	Bodenaushub (45)	45	177.000.000	t
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		100.000.000	t
		LAGEROUTPUT		177.000.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-77.000.000	t
		LAGERBESTAND		n.b.	

6.1.4.4 Abfall und Abwasserwirtschaft

In der Abfall- und Abwasserwirtschaft sind für Sand-, Kies- und Natursteinhaushalt Österreich zwei Prozesse, nämlich die „Abwasser- und Abfallbeseitigung (90)“ und die „Sonstige Entsorgung und Verwertung (SE)“, von Bedeutung.

Im Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) werden die Abfälle des Bauwesens dokumentiert, diese Angaben wurden für die vorliegende Studie herangezogen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die tatsächlich anfallenden Mengen bei weitem größer sind. Die tatsächlich anfallenden Baurestmassen können derzeit aus verschiedenen Gründen nicht erfasst werden:

- Baurestmassen werden zum Teil sofort wiedereingebaut (z.B. Straßenbau)
- Unkontrollierte Ablagerungen
- Unzureichende Trennung der Baurestmassen, daher auch keine ordnungsgemäße Entsorgung und Erfassung

Eine Erfassung der anfallenden Baurestmassen und deren Verbleib sind nicht gegeben, dies gilt auch für den Bodenaushub. Aufgrund von Hochrechnungen konnte der Anfall grob abgeschätzt werden (\pm Faktor 2).

Verbunden mit Bautätigkeiten, sowohl im Hochbau als auch im Tiefbau, ist der Umsatz von Bodenmaterial relevant. Das bewegte Erdmaterial wird mit rund 177 Mio. t (22 t/E.a) abgeschätzt. Davon werden rund 100 Mio. t. (12 t/E.a) auf der Baustelle wieder eingebaut oder vor Ort verfüllt. Die verbleibenden 77 Mio. t (9,5 t/E.a) fallen als Bodenaushub an und werden an andere Orte verbracht. Davon sind 20 Mio. t (2,5 t/E.a) abfallwirtschaftlich erfasst, werden verwertet oder deponiert. Diese sind in der Input-, Outputbilanz für den Prozess Abfallwirtschaft (90) in der Tabelle 6-12 angegeben. Der Rest von rund 57 Mio. t (7 t/E.a) geht den Weg der sonstigen Verwertung und Entsorgung (SE) dieser ist in der Input-, Outputbilanz in der Tabelle 6-13 angeführt.

Abfallwirtschaft (90)

Es gibt in Österreich 752 Bodenaushub- und Baurestmassendeponien. Hauptsächlich werden in diesen Anlagen Bodenaushub, mineralischer Bauschutt, Betonabbruch und Straßenabbruch abgelagert [Perz, 2001]. Es ist jedoch nicht bekannt, wie viel Material bereits abgelagert wurde, daher kann keine Lagerabschätzung durchgeführt werden. Der Lagerzuwachs

in diesen Deponien im Jahr 2001 um rund 2,4 Mio. t (exkl. Baustellenabfälle) wird angenommen.

Insgesamt fallen durch Bautätigkeiten rund 10 Mio. t (1,3 t/E.a) mineralische Baurestmassen an. Von diesen werden rund 4 Mio. t (0,49 t/E.a) verwertet und 2 Mio. t (0,25 t/E.a) deponiert. Der Rest (ca. 4 Mio. t) wird nicht über die Schienen der Abfallwirtschaft erfasst, sondern illegal entsorgt (z.B. wilde Ablagerungen auf Wald- und Wiesenflächen).

Tabelle 6-12: Bilanzierung des Prozesses Abfallwirtschaft (90)

PROZESS ABWASSER- UND ABFALLBESEITIGUNG U. SONSTIGE ENTSORGUNG (90)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Bodenaushub (90)	90	20.000.000	t
	45	Baurestmassen (90)	90	6.400.000	t
	37	Störstoffe (90)	90	n.b.	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	90	Baurestmassen (37)	37	4.000.000	
	90	Boden (BS)	BS	18.000.000	t
Lager	90	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		9.500.000	t
		LAGEROUTPUT		4.000.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		5.500.000	t
		LAGERBESTAND		n.b.	

Sonstige Entsorgung und Verwertung (SE)

Dieser Prozess beschreibt mineralische Baurestmassen (= (mineralische) Abfälle aus dem Bauwesen) und Bodenaushub, über deren Verbleib keine Daten existieren. Es handelt sich hier vor allem um illegale Ablagerung von Bauschutt und Bodenaushubmaterial.

Der Lagerbestand dieser illegalen Ablagerung von Bauschutt und Bodenaushubmaterial kann nicht erfasst werden.

Tabelle 6-13: Bilanzierung des Prozesses Sonstige Verwertung und Entsorgung

PROZESS SONSTIGE ENTSORGUNG UND VERWERTUNG (SE)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	45	Mineral. Abfälle (SE)	SE	4.005.000	t
	45	Bodenaushub (SE)	SE	57.000.000	t
	26	Staub (SE)	SE	285.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
Lager	37	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	
		LAGERINPUT		4.290.000	t
		LAGEROUTPUT		0	t
		LAGERVERÄNDERUNG		4.290.000	t
		LAGERBESTAND		n.b.	

6.1.5 Sand, Kies, Natursteinen Haushalt Österreich

In der Bilanz wird der Umsatz der Güter Sand, Kies und Naturstein betrachtet. Diese mineralischen Materialien verursachen den massenmäßig größten Güterumsatz in Österreich. Eingesetzt werden diese Güter hauptsächlich im Bauwesen.

6.1.5.1 Sand-, Kies- und Natursteinlager Österreich

Sand, Kies und Natursteine sind in Form von mineralischen Baumaterialien für den größten Lagerbestand in der Anthroposphäre verantwortlich. Insgesamt kann der Lagerbestand mit rund 3.700 Mio. t (460 t/E) angegeben werden (vgl. Studie Bauwerk Österreich): Das Lager wächst jährlich um rund 100 Mio. t. (13 t/E.a). Daher sollte eine vorausschauende abfallwirtschaftliche Planung diese Lager nutzen und vorsorgeorientiert handeln. Der Grad der Bewirtschaftung dieser Lager entscheidet, ob die derzeit noch gebundenen Baumaterialien nach dem Ende der Nutzungsdauer Abfall oder Sekundärressource werden.

6.1.5.2 Veränderungen des Sand-, Kies und Natursteinlagers in Österreich

Die Nutzung der natürlichen Ressourcen von Sand, Kies und Natursteinen im Bauwesen hat zur Folge, dass durch den Abbau dieser Güter größere „Löcher“ in der Landschaft entstehen, als diese durch die Deponierung von Abfällen wieder befüllt werden könnten. Die entnommenen Ressourcen werden in der Anthroposphäre verbaut, vergrößern damit den Lagerbestand. Der Bauwerksbestand stellt sich als zukünftiges Ressourcenpotential dar. Dieses Potential gilt es zukünftig durch eine möglichst effiziente Kreislaufführung (v.a. stoffliche Verwertung) nutzbar zu machen, damit die natürlich vorhandenen Ressourcen geschont werden können.

6.1.6 Monetäre Bewertung des Lagers in Österreich

Für die monetäre Bewertung des Lagers von Sand, Kies und Naturstein wird nur auf die Verwendungsform als Baurohstoffe eingegangen. Veredelte mineralische Baustoffe (z.B. Beton) werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Jährlich werden ca. 100 Mio. t mineralische Baumaterialien in Österreich eingesetzt. Das Lager beläuft sich auf ca. 3.700 Mio. t. Der gegenwärtige Marktpreis für mineralische Primärrohstoffe ist regional unterschiedlich und von der Qualität bzw. der Korngröße abhängig. Für die monetäre Bewertung wird eine Preisspanne von € 4,- bis € 10,- pro Tonne primären Rohstoff ([Steinbruch Harrer Betriebsges.m.b.H, 2013] bzw. [Asamer Holding AG, 2013]) angenommen. Je nach Qualität des Materials ist für sekundäre Baurohstoffe (v.a. Betonabbruch) ein Marktpreis zwischen € 0,- und € 8,- in Abhängigkeit der geographischen Lage üblich. Aufgrund der gewählten Preisspanne beträgt der Wert der in der Anthroposphäre eingelagerten Mengen (3.700 Mio. t) von Sand, Kies und Naturstein bis zu 37 Mrd. Euro.

6.1.7 Dynamische Vorhaltdauer

Der Verbrauch Sand, Kies und Naturstein ist in den letzten 50 Jahren stetig gewachsen. Ausgehend von einer Entnahme von knapp 60 Millionen Tonnen im Jahre 1960 haben sich Nachfrage und Verwendung an Baurohstoffen in den letzten 50 Jahren etwa verdoppelt. Die größte Wachstumsphase zeigt der Verbrauch an Baurohstoffen in den ersten Jahren der Datenerfassung (ab 1960) bis Mitte der 70er Jahre [Eisenmenger et al., 2011]. Der Verbrauch von Sand, Kies und Stein ist eng an das Wirtschaftswachstum und der damit eng verbundenen Bautätigkeit verbunden. In Zeiten einer prosperierenden Wirtschaft ist mit einer gestiegenen Nachfrage nach Sand, Kies und Naturstein als Baurohstoff zu rechnen. Aus geologischer Sicht ist kein Engpass mit der Versorgung der Volkswirtschaft zu erwarten, da

Sand, Kies und Naturstein ubiquitär vorhanden und abbaubar ist. Aufgrund unterschiedlicher Nutzungskonflikte wird der Abbau dieser Rohstoffe zusehends eingeschränkt [Weber, 2007]). Durch die Versiegelung von potenziellen Abbaufächen durch Siedlungsbau, Verkehrsflächen oder Landschaft- bzw. Umweltschutzzonen wird die Versorgung der Volkswirtschaft mit mineralischen Rohstoffen eingeschränkt. Umso mehr wird das Urban Mining von mineralischen Baurestmassen interessant, die eine Rohstoffquelle der Zukunft darstellen.

6.2 Kunststoffhaushalt Österreich

6.2.1 Einleitung

Zu den gesamten Kunststoffflüssen in Österreich gibt es nur eine Primärliteratur. Diese wurde 1997 vom Umweltbundesamt als Monographien Band 80 veröffentlicht. Die Datenbasis der Studie Kunststoffflüsse und Möglichkeiten der Kunststoffverwertung in Österreich [Fehring, R. & Brunner, P.H. 1997] ist 1994. Basierend auf dieser Studie hat Renata Kaps 2008 im Rahmen ihrer Dissertation ein Update mit dem Bezugsjahr 2004 erstellt und dieses mit der Situation in Polen verglichen. [Kaps, R., 2008.]

Kunststoffe sind feste organische Stoffe, die durch chemische Verfahren synthetisch erzeugt werden, in der Natur also nicht vorkommen. Im Folgenden werden alle drei Kunststoffgruppen behandelt: Thermoplaste, Duromere (Duroplaste) und Elastomere. Erdöl ist der wichtigste Rohstoff für die Kunststoffherstellung. Weltweit werden etwa 4 % des Erdöles zur Produktion von Kunststoffen verwendet.

Ein Großteil der Güterflüsse von der Rohstoffgewinnung über die chemische Industrie und der Polymer-Synthese bis zur Aufbereitung zur Formmasse findet nicht in Österreich, sondern im Ausland statt. Eine Ausnahme stellen lediglich die Polymer-Synthese und Polymerisation der Polyolefine Polyethylen und Polypropylen dar. Diese werden in Österreich im Überschuss produziert und zu ca. 85 % exportiert. Bis 1993 wurden in Österreich auch ca. 35.000 t Polyvinylchlorid hergestellt, seitdem wird dieses ebenfalls importiert [ÖKI, 1995].

Die Daten zur Erstellung der Bilanz "Kunststoffrelevantes Österreich" stammen in erster Linie vom Österreichischen Statistischen Zentralamt (ÖSTAT) sowie vom Österreichischen Kunststoffinstitut (ÖKI). Demgegenüber haben die weiteren Datenquellen (Bundesabfallwirtschaftsplan, einschlägige Fachbücher und Literatur) eine untergeordnete Rolle.

6.2.2 Systemdefinition

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen das definierte System mit Flüssen und Lagern für die Bezugsjahre 1994 und 2004.

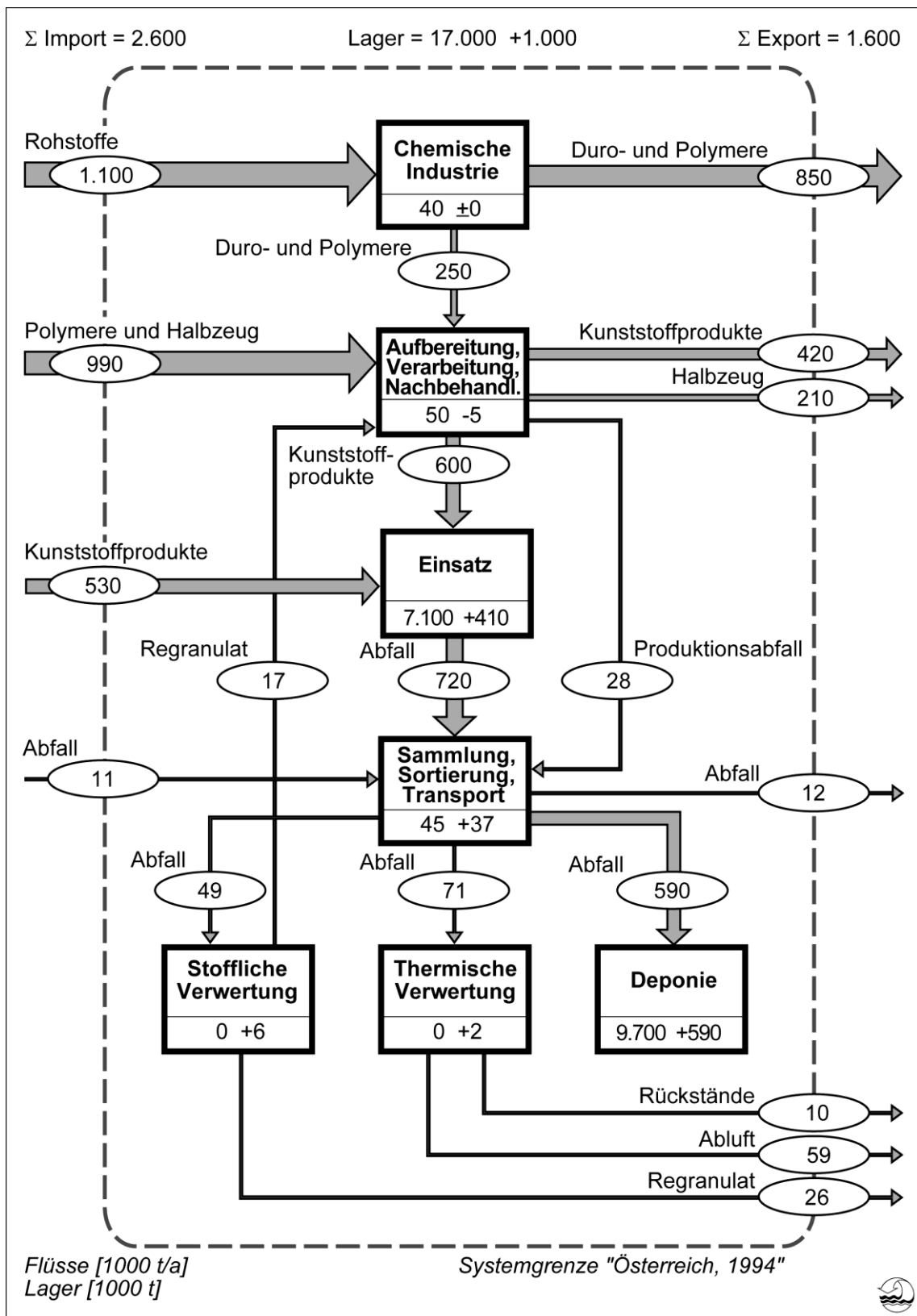


Abbildung 6-3: Kunststoffhaushalt Österreichs 1994

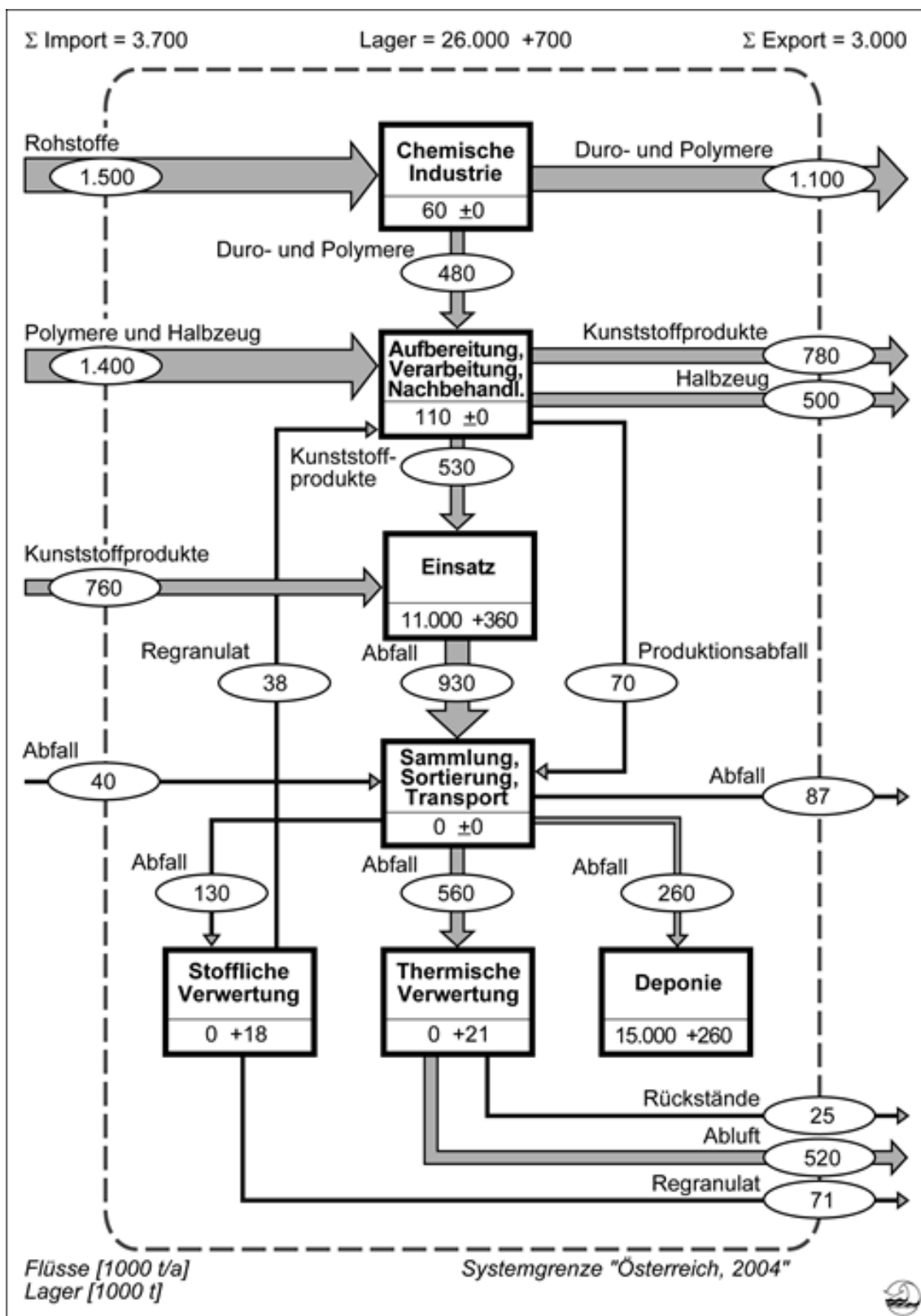


Abbildung 6-4: Kunststoffhaushalt Österreich 2004

6.2.3 Relevante Prozesse in der Kunststoffbilanz

Im Folgenden wird die Datenerfassung für die betrachteten Kunststoffflüsse, geordnet nach Prozessen, im Detail erläutert.

Die Beschreibung der Prozesse ist der Studie Kunststoffflüsse und Möglichkeiten der Kunststoffverwertung in Österreich [Fehring & Brunner, 1997] entnommen, mit aktuelleren Daten aus Kaps [2008] ergänzt und der Nomenklatur für diesen Bericht angepasst.

6.2.3.1 Rohstoffproduktion

Die heimische Förderung von Erdöl ist hinsichtlich der Kunststoffproduktion nicht relevant. Die Fördermenge deckt den Bedarf an Erdöl zu 11 % [BMWFJ, 2013].

6.2.3.2 Güterproduktion

Für die Güterproduktion sind die Prozesse "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" und "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung" relevant.

Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung

Die „Chemische Industrie“ verarbeitet *primäre* (Erdöl) und *sekundäre Rohstoffe* zu Monomeren, Polyadditions- und Polykondensationsausgangsstoffen sowie zu *Additiven* und Hilfsstoffen.

1994 wurden ca. 310.000 t Polyethylen und ca. 220.000 t Polypropylen hergestellt [ÖKI, 1996]. Dazu war ein Import des Gutes *Primäre Rohstoffe* von 530.000 t notwendig.

Als *Sekundäre Rohstoffe* werden hier Duromerausgangsstoffe und Monomere verstanden. Aufgrund der Datenlage ist eine Aufschlüsselung der Duromerausgangsstoffe und der Duromere auf die Prozesse "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" und "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung" nicht möglich und werden daher zur Gänze in diesem Prozess beschrieben.

Basierend auf dem Verbrauch von Rohformen (773.100 t) und den Verbrauch von Harz- und Duromerohformen (300.100 t) des Jahres 1989 [GUA, 1992] und mit Hilfe der Angaben über den Verbrauch von Rohformen des Jahres 1992 (947.000 t) [ÖKI, 1995] wurden die Massen für das Jahr 1992 hochgerechnet und in Anlehnung an die Steigerung der Duromerimporte nach Österreich um weitere 23 % erhöht. Als Ergebnis erhält man einen Input an Duromerausgangsstoffen von 454.300 t für das Jahr 1994.

1994 wurden 2.400 t an verschiedenen Monomeren zur Herstellung von sogenannten Nischenprodukten 2.500 t Additive und 2.400 t Hilfsstoffe importiert [ÖKI, 1995].

Der Import von Rohkautschuk und abgewandelten Naturstoffen betrug 1994 102.700 t [ÖSTAT, 1995].

In Summe erhält man einen Inputgüterfluss in den Prozess "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" von 1.094.300 t für das Jahr 1994.

Laut Fachverband der chemischen Industrie gibt es in Österreich 13 Unternehmen, die Polymere und Duromere herstellen. Der Größte unter ihnen ist die Polyolefine produzierende Borealis GmbH, deren Gesamtproduktion im Jahr 2004 730.000 t betrug [Borealis, 2005]. In Summe wurden im Jahr 2004 1,6 Mio. t Poly- und Duromere in Österreich produziert.

1994 wurden 83.600 t *Duromere*, 14.200 t Naturkautschuk, 3.200 t abgewandelte Naturstoffe und 2.600 t Additive aus Österreich exportiert [ÖSTAT, 1995].

Von den 743.300 t thermoplastischen Rohformen, hier als *Polymere, Formmasse* angegeben, waren mehr als die Hälfte ca. 470.000 t Polyolefine [ÖKI, 1995].

Das ÖKI [1996] schätzt den Anteil der Produktionsabfälle dieses Industriezweiges auf ca. 1 % der Produktion. Ca. 90 % werden innerbetrieblich verwertet oder als minderwertige Produkte vermarktet. 10 % werden deponiert.

2004 wurden mehr als 1 Mio. t Duro- und Polymere exportiert. 850.000 t davon waren Thermoplaste und davon mehrheitlich Polyethylen (275.000 t) und Polypropylen (360.000 t) [Bo-realis, 2005], [Statistik Austria, 2005].

Lager:

Das „Lager“ an *Primären und Sekundären Rohstoffen, Additiven und Naturstoffen* wird durch den Vorrat an Inputgütern gebildet und wurde für 1994 mit ca. 40.000 t abgeschätzt. Eine Lagerveränderung wird nicht angenommen.

Nachfolgend sind die obigen Berechnungen in tabellarischer Form aufgearbeitet.

Tabelle 6-14: Güterbilanz des Prozesses "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" - 1994

Inputgüter	[t/a]	Outputgüter	[t/a]
Primäre Rohstoffe	530.000	Duromere	83.600
Sekundäre Rohstoffe	456.700	Naturstoffe II	17.400
Additive I	4.900	Polymere, Formmasse	743.300
Naturstoffe I	102.700	Additive II	2.600
		Produktionsabfälle I	1.000
		Duro- und Polymere, Formmasse	246.400
Summe Input:	1.094.300	Summe Output:	1.094.300
Lager [t]	40.000	Lagerveränderung:	0

Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung

Unter „Aufbereitung“ wird hier beispielsweise das Einfärben der Granulate verstanden. Die Verarbeitung erfolgt mittels Spritzgussmaschinen, Extrudern, Pressen etc. zu Fertigteilen oder Halbzeugen die in der „Nachbehandlung“ geschweißt, lackiert, geklebt, etc. werden.

Neben der kleinen Anzahl an Unternehmen, die Polymere produzieren, bestehen mehr als 1.000 kleine und mittelgroße Unternehmen, die Polymere verarbeiten. Diese sind hauptsächlich in Ober- und Niederösterreich angesiedelt. Rund 40 % der österreichischen Produktion sind Halbfertigwaren (wie Filme, Schläuche, Profile, Tafeln) und je 17 % sind Verpackungsmaterialien und Baustoffe [FCIO, 2005].

Vom Prozess "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" erhält man einen Inputfluss *Duro- und Polymere, Formmasse* von 246.400 t im Jahr 1994. 1994 wurden 669.500

t *Polymere*, 148.600 t *Formmasse*, 153.200 t *Halbfabrikate* und 22.300 t an *Additiven III* nach Österreich importiert [ÖKI, 1995].

2004 wurden ungefähr 1 Mio. t *Polymere* nach Österreich importiert, wobei die Quantität der importierten *Halbfertigwaren* 325.000 t betrug.

Weiter 17.000 t *Regranulat* stammen vom Prozess "Stoffliche Verwertung"

In Summe gelangten 1994 1.257.000 t an Inputgütern in den Prozess "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung". Im Jahr 2004 waren es 1,9 Mio. t.

1994 wurden 211.200 t *Halbfabrikate* exportiert [ÖSTAT, 1995].

Die Quantifizierung des Outputflusses *Fertigteile* wurde über den Kunststoffanteil bei exportierten *Fertigwaren* des Österreichischen Statistischen Zentralamtes ermittelt. Diese enthält neben Waren, die zu 100 % aus Kunststoffen bestehen, auch solche, die nur zu einem Prozentsatz aus Kunststoff bestehen. Mit Hilfe der Prozentsätze wurden sie abgeschätzt. Ein Export von 401.700 t Waren aus Kunststoffen wurde ermittelt.

Tabelle 6-15: Kunststoffanteile bei exportierten Fertigwaren 1994 (Quelle: Export an Waren: [ÖSTAT, 1995], KST-Anteil: eigenen Annahmen)

ÖSTAT Nr.	Warenbenennung	Export an Waren [t]	KST- Anteil	KST- Anteil am Export [t]
62	Kautschukwaren	136.065	90 %	122.459
6514	Nähgarn aus Chemiefasern	449	90 %	404
6515	Synthetische Garne	3.437	90 %	3.093
6516	Andere synthetische Garne	2.364	90 %	2.128
6517	Künstliche Garne	7.723	90 %	6.951
6518	Garne aus Spinnfaden	43.304	90 %	38.974
653	Gewebe synthetisch oder künstlich	13.131	90 %	11.818
7	Maschinen/Fahrzeuge (ohne 78)	1.055.498	1 %	10.555
78	Straßenfahrzeuge	300.110	7 %	21.008
82	Möbel und dergleichen	95.910	10 %	9.591
84	Bekleidung Zubehör (ohne 8482)	195.136	10 %	19.514
8482	Bekleidung aus Kunststoff	2.399	100 %	2.399
85	Schuhe	13.303	30 %	3.991
893	Kunststoffwaren	122.508	100 %	122.508

894	Spiele Sportgeräte	26.182	30 %	7.855
8984	Magnetbänder leer	10.948	90 %	9.853
8986	Magnetbänder mit Aufzeichnung	592	90 %	533
8987	Schallplatten und dergleichen	8.895	90 %	8.006
89921	Blumen aus Kunststoff	39	100 %	39
	SUMME	2.038.623	20 %	401.676

Viele exportierte Waren und Materialien sind auch verpackt. Der Export an nicht deklarierten Verpackungen wurde mit 15.100 t berechnet, sodass 1994 der Outputfluss des Gutes *Fertigteile* 416.800 t betrug.

Im Jahr 2004 wurden 780.000 t an Kunststoffen und Gummiprodukten sowie etwa 500.000 t an Halbfertigwaren aus Österreich exportiert [Statistik Austria, 2005].

Die Österreichische Wirtschaftskammer [1995] gibt an, dass die kunststoffverarbeitende Industrie und das kunststoffverarbeitende Großgewerbe 1994 556.000 t Kunststoffwaren produzierten. Nach Angaben des ÖKI fallen ca. 10 % der Produktion als Produktionsabfall an; 55.600 t im Jahr 1994. Davon werden 50 % innerbetrieblich und 50 % extern verwertet. Demnach erhält man einen Outputfluss des Gutes *Produktionsabfall II* von 28.300 t für das Jahr 1994.

In Summe erhält man für den Prozess "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung" einen Outputfluss von 1.257.000 t für das Jahr 1994.

Lager:

Das „Lager“ wird durch den Vorrat an Inputgütern gebildet.

Das Österreichische Kunststoffinstitut schätzt, dass die kunststoffverarbeitenden Betriebe ein Vorratslager an *Polymeren, Formmassen, Halbzeug, Additiven, und Regranulat* für eine Produktion von ca. vier Wochen haben [ÖKI, 1996]. Bei einer Produktion von 556.000 t Kunststoffwaren [ÖWK, 1995] lässt sich das Lager mit ca. 50.000 t beziffern. Wie auch beim Prozess "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" wird angenommen, dass sich dieses Lager über ein Jahr gesehen nicht wesentlich ändert.

Tabelle 6-16: Güterbilanz des Prozesses "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung" - 1994

Inputgüter	[t/a]	Outputgüter	[t/a]
Duro- und Polymere, Formmasse	246.400	Halbzeug II	211.200
Polymere	669.500	Fertigteile II	416.800
Formmasse	148.600	Produktionsabfall II	28.300
Halbzeug I	153.200	Fertigteile I	600.700

Additive III	22.300		
Regranulat I	17.000		
Summe Input:	1.257.000	Summe Output:	1.257.000
Lager [t]	50.000	Lagerveränderung:	0

6.2.3.3 Konsum

Unter "Konsum" wird die Verwendung der *Fertigteile* verstanden. Kurzlebige Verbrauchsgüter, wie sie vor allem die Verpackungsmaterialien darstellen, verlassen diesen Prozess binnen eines Jahres als *Abfall*.

Aus der heimischen Kunststoffindustrie gelangten 1994 600.700 t an *Fertigteilen* in den Prozess "Konsum".

Weitere 414.800 t an Kunststofffertigteilen wurden 1994 nach Österreich importiert. Die Berechnung der importierten Kunststoffe erfolgte analog der Berechnung der exportierten Fertigteile mit Hilfe der Außenhandelsstatistik und der Abschätzung des Kunststoffanteils in den exportierten Waren.

Tabelle 6-17: Kunststoffanteile bei importierten Fertigwaren 1994 (Quelle: Export an Waren: [ÖSTAT, 1995], KST-Anteil: eigene Annahme)

ÖSTAT Nr.	Warenbenennung	Import an Waren [t]	KST- Anteil	KST- Anteil des Importes [t]
62	Kautschukwaren	115.685	90 %	104.116
6514	Nähgarn aus Chemiefasern	506	90 %	455
6515	Synthetische Garne	9.718	90 %	8.746
6516	Andere synthetische Garne	10.944	90 %	9.850
6517	Künstliche Garne	4.141	90 %	3.727
6518	Garne aus Spinnfaden	8.619	90 %	7.757
653	Gewebe synthetisch oder künstlich	11.998	90 %	10.798
7	Maschinen/Fahrzeuge (ohne 78)	1.001.096	1 %	10.011
78	Straßenfahrzeuge	664.615	7 %	46.523
82	Möbel und dergleichen	273.389	10 %	27.339
84	Bekleidung Zubehör (ohne 8482)	75.555	10 %	7.556

8482	Bekleidung aus Kunststoff	2.545	100 %	2.545
85	Schuhe	34.777	30 %	10.433
893	Kunststoffwaren	137.588	100 %	137.588
894	Spiele Sportgeräte	44.302	30 %	13.290
8984	Magnetbänder leer	8.559	90 %	7.703
8986	Magnetbänder mit Aufzeichnungen	2.003	90 %	1.803
8987	Schallplatten und dergleichen	4.659	90 %	4.193
89921	Blumen aus Kunststoff	357	100 %	357
	SUMME	2.420.567	17 %	414.790

Zusätzlich wurden 1994 zusammen mit den Waren und Materialien 29.400 t nicht deklarierte Kunststoffverpackungen nach Österreich importiert.

Um den aus Angaben des Bundesabfallwirtschaftsplan [1992] für 1994 hochgerechneten Konsum von ca. 186.000 t an Elastomeren zu decken, müssen weitere 82.000 t an *Elastomeren* in den Prozess "Konsum" gelangen. Anhand der vorliegenden Daten ist es aber nicht möglich zu sagen, woher diese Masse stammt. Ein möglicher Ansatz ist die Auto- und LKW-Reifenproduktion.

In Summe wurden 1994 1.126.900 t Kunststoffe konsumiert.

Für das Jahr 2004 wurde diese Masse mit 1,3 Mio. t an Kunststoffprodukten abgeschätzt, wovon 760.000 t aus dem Ausland stammten [Statistik Austria, 2005].

Da für den Kunststoffabfall in Österreich nur Daten bis zum Jahr 1992 vorliegen, wurde angenommen, dass die Kunststoffabfallmasse ähnlich wie der Verbrauch an Kunststoffen von 1992 auf 1994 ebenfalls jährlich um ca. 6,5 % gestiegen ist. 1992 fielen in Österreich ca. 638.000 t an Kunststoffabfällen an [ÖKI, 1995]. Die Hochrechnung ergibt somit einen Güterfluss von 723.200 t an *Abfällen I*, die 1994 zu verwerten und entsorgen waren.

Für 2004 wurden etwa 1 Mio. t Kunststoff- und Gummiabfälle berechnet.

Das „Lager“ wird von mittellebigen (Radio-, Küchengerätegehäuse) und vor allem von langlebigen Konsumgütern (Fenster, Rohre, im Bauwesen eingesetzte Materialien - Möbel, Bodenbeläge) gebildet, die für mehrere Jahre bis Jahrzehnte „gelagert“ bzw. benutzt werden.

Das Lager wurde aufgrund von Zeitreihen über den Verbrauch und die Abfallmassen von Kunststoffen in den Jahren von 1960 bis 1994 abgeschätzt. Demnach befanden sich 1994 ca. 7,1 Mio. t an Kunststoffwaren in Österreich im Prozess "Einsatz". Die Lagerveränderung errechnet sich aus dem Input minus Output und beträgt demnach 431.100 t für das Jahr 1994. Das bedeutet, dass im Jahr 1994 das Lager an Kunststoffwaren im Prozess "Einsatz" um 6,1 % angewachsen ist. Bei gleichbleibender Tendenz verdoppelt sich das Lager innerhalb von 11 Jahren.

Aufgrund der fehlenden Informationen zu den importierten ca. 80.000 t Elastomere darf angenommen werden, dass das Lager im Einsatz (und in der Deponie) noch um einige 100.000 t größer ist.

Die Abbildung 6-5 zeigt das Lager an Kunststoffen im Prozess "Einsatz" zwischen 1960 und 2004.

1960 wurden ca. 60.000 t an Kunststoffen verbraucht. Etwa die Hälfte davon fiel in diesem Jahr auch wieder als Abfall an. Da in den 50er Jahren die Kunststoffindustrie erst im Entstehen war und Kunststoffprodukte noch selten waren, wird angenommen, dass sich damals ca. 400.000 t an Kunststoffwaren in Österreich im Lager "Einsatz" befanden. Dies entspricht ca. jener Masse, die von 1960 bis 1965 in dieses Lager ging. Im Jahr 2004 war mehr als 11 Mio. t mächtig.

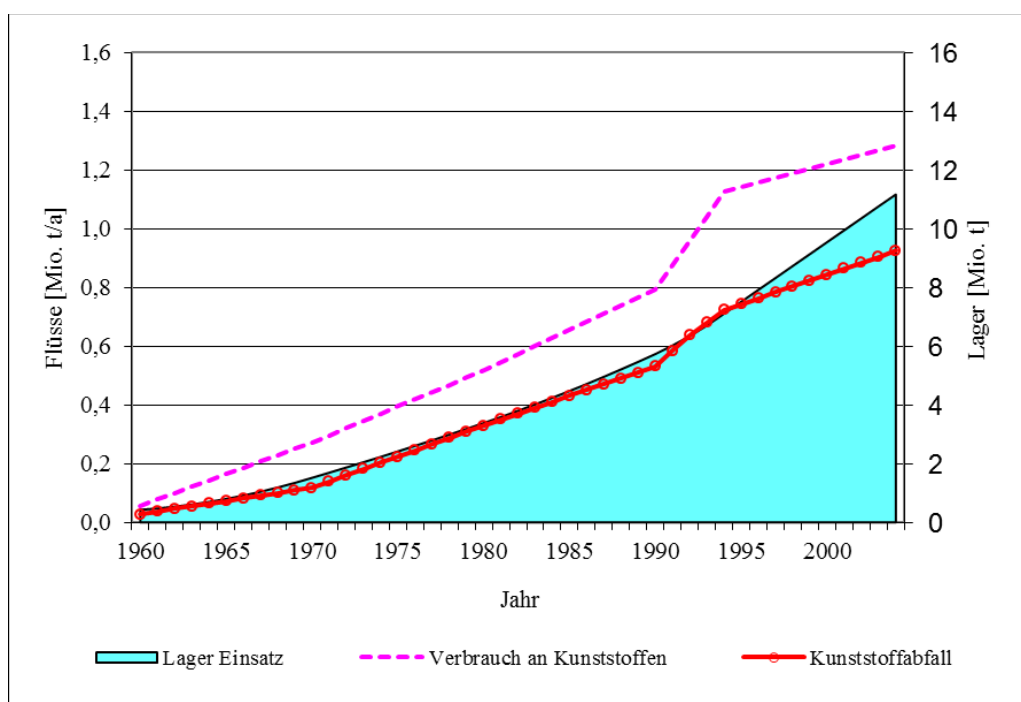


Abbildung 6-5: Lager an Fertigteilen aus Kunststoffen im Prozess "Einsatz", 1994

Die nachfolgende Tabelle zeigt die oben angeführten Berechnungen in tabellarischer Form.

Tabelle 6-18: Güterbilanz des Prozesses "Einsatz" - 1994

Inputgüter	[t/a]
Fertigteile I	600.700
Fertigteile III	444.200
Elastomere	82.000
Summe Input:	1.126.900
Lager [t]	7.100.000

Outputgüter	[t/a]
Abfall I	723.200
Summe Output:	723.200
Lagerveränderung:	+403.700

Konsumlager

Unter der Annahme, dass das Lager im Einsatz seit 2004 ähnlich angestiegen ist, wie in den Jahren vor 2004, so übersteigt das Kunststofflager im Einsatz heuer 14 Mio. t. Das bedeutet eine Verdopplung seit dem Bezugsjahr der Hauptquelle dieser Zusammenfassung. Es wird aber davon ausgegangen, dass der Zuwachs beim Kunststofflager etwas weniger stark ausgefallen ist. Für die folgenden Abschätzungen wird ein Lager von 12 Mio. t angenommen:

Basierend auf den verfügbaren Daten zum Lager 1992 wird in der folgenden Tabelle die Zusammensetzung des Lagers für 2013 hochgerechnet.

Tabelle 6-19: Zusammensetzung des Kunststofflagers im "Einsatz" 1992 und einfache Hochrechnung bis 2012

Zusammensetzung Lager Konsum [t]	1992	Hochrechnung 2012
Schaumstoffe in Blöcken und Platten	232.935	580.000
Folien	44.408	110.000
Platten	400.107	1.000.000
Rohre	1.181.633	2.950.000
Profile	89.968	220.000
Gewebe beschichtet	60.444	150.000
Papier beschichtet	28.165	70.000
Kunsthartzewebe und Papiere	6.052	20.000
technische Kunststoffteile	759.970	1.900.000
Verpackungsmaterial	3.367	10.000
Sonstige Kunststoffwaren	18.746	50.000
Harze	1.978.116	4.940.000
Summe	4.803.910	12.000.000

Die Bestimmung der Zusammensetzung ist anhand der Literaturangaben schwierig. Es gibt Daten zum Verwendungszweck, aber nicht in der Detailtiefe, dass man beispielsweise die Rohre auf die Anwendungsgebiete Gebäude oder Netze aufteilen kann.

Die Statistik Austria gibt den Bestand an Personenkraftwagen per 31.12.2012 mit 4,5 Mio. an. Unter der Annahme, dass die durchschnittliche Masse 1,1 t pro PKW beträgt und der Anteil der Kunststoffe durchschnittlich 10 % beträgt, sind heute in den PKW 500.000 t Kunststoffe vorhanden.

Tabelle 6-20: Einsatzgebiete von Kunststoffen [Härdtle et al, 1991]

Einsatzgebiete von Kunststoffen	Angaben in [Massen- %]
Bausektor	25
Verpackungssektor	21
Elektroindustrie	15
Farbenindustrie	10

Fahrzeugindustrie	7
Möbelindustrie	5
Landwirtschaft	4
Haushaltswarenindustrie	3
Sonstige Gebiete	10
Summe	100

Basierend auf obiger Tabelle wird die Zusammensetzung des Lagers in Österreich grob abgeschätzt.

Tabelle 6-21: Abschätzung zum Kunststofflager Österreichs 2013

Abschätzung des Kunststofflagers [t]	
Tiefbau	
Netze	3.000.000
Gebäude	6.500.000
Konsumgüter	
KFZ	500.000
Sonstige	2.000.000
Summe	12.000.000

Basierend auf den verfügbaren Daten darf angenommen werden, dass das Gebäude das größte Kunststofflager darstellen.

6.2.3.4 Abfall und Abwasserwirtschaft

In der Abfall- und Abwasserwirtschaft sind die Prozesse „Sammlung, Sortierung und Transport“, „stoffliche Verwertung“, „thermische Verwertung“ relevant.

Sammlung, Sortierung, Transport

In diesem Prozess werden die „Sammlung“ von Kunststoffabfällen in Müllcontainern, gelben Säcken etc., der „Transport“ zu den und die „Sortierung“ bei den verschiedenen Sortierern sowie die Weiterlieferung zu den Verwertungs- bzw. Behandlungsanlagen zusammengefasst.

Der größte Güterfluss in den Prozess "Sammlung, Sortierung, Transport" stammt aus dem Prozess "Einsatz" und beträgt 723.200 t des Gutes *Abfall I* für das Jahr 1994.

Hinzu kommen noch die *Produktionsabfälle I* und *II* aus dem Prozess "Chemische Industrie, Polymer-Synthese, Aufbereitung" mit 1.000 t und aus dem Prozess "Aufbereitung, Verarbeitung, Nachbehandlung" mit 28.300 t im Jahr 1994.

Zusätzlich zu den aus Österreich stammenden Massen wurden 1994 noch ca. 11.000 t an Kunststoffabfällen importiert [ÖSTAT, 1995], welche als Inputgut *Abfall II* ebenfalls in diesen Prozess strömen.

In Summe erhält man für den Prozess "Sammlung, Sortierung, Transport" einen Inputfluss von 763.500 t für das Jahr 1994.

Sammlung und Recycling von Kunststoffverpackungen sind in Österreich im Rahmen des ARA-Systems organisiert. Für die Sammlung von Kunststoffverpackungsabfall war 2004 die ARGEV Verpackungsverwertungs-GesmbH. verantwortlich, die Behandlung wurde vom Österreichischer Kunststoffkreislauf AG (ÖKK) und seinen 25 Partnern durchgeführt. Insgesamt wurden 115.000 t Kunststoffverpackungen zwecks Verwertung gesammelt [ÖKK, 2005].

1994 wurden weitere ca. 15.000 t/a Kunststoffabfälle vom Österreichischen Arbeitskreis Kunststoffen (ÖAKF) und vom Österreichischen Arbeitskreis Kunststoffrohr Recycling (ÖKR) gesammelt.

1994 wurden von der Altstoff Recycling Austria AG 31.800 t [ARA, 1995] und vom Verein der Kunststoff Recycler Österreichs ca. 4.300 t [VKÖ, 1995] an Verpackungskunststoffen einer stofflichen Verwertung zugeführt. Zusammen mit den Nichtverpackungskunststoffen wurden 1994 ca. 5.000 t einer gemischten stofflichen Verwertung und 44.200 t einer sortenreinen stofflichen Verwertung zugeführt [ÖKI, 1996].

In Summe wurden 1994 49.200 t einer stofflichen Verwertung zugeführt. In dieser Masse sind auch ca. 2.000 t Nichtkunststoffe (Papier, Holz, Metalle, Ballendraht etc.) inkludiert, die bei der „Stofflichen Verwertung“ vor allem zusammen mit Polyvinylchlorid aussortiert werden.

Im Jahr 1994 wurden 71.200 t thermisch verwertet. Die Bilanzierung erfolgt im Kapitel "Thermische Verwertung".

1994 wurden ca. 11.800 t an Kunststoffabfällen exportiert [ÖSTAT, 1995].

Die Bilanz aus Input in diesen Prozess und den bisher beschriebenen Outputs ergibt eine Masse von 588.900 t an *gesammeltem und/oder sortiertem und transportiertem Abfall* der 1994 deponiert wurde.

Das Lager im Prozess "Sammlung, Sortierung, Transport" war 1994 in erster Linie ein Lager auf Zeit und bestand aus Kunststoffabfällen die solange gelagert wurden, bis geeignete und/oder genügende Kapazitäten für eine Verwertung zur Verfügung standen.

Von der Altstoff Recycling Austria AG (ARA) wurden 1994 42.400 t Altkunststoffe gesammelt, und für eine spätere thermische Verwertung zwischengelagert. Der Österreichische Kunststoff Kreislauf [1996] gab die Größe des gesamten Zwischenlagers an Kunststoffen mit 44.800 t für Ende 1994 an.

Tabelle 6-22: Güterbilanz des Prozesses "Sammlung, Sortierung, Transport" - 1994

Inputgüter	[t/a]	Outputgüter	[t/a]
Abfall I	723.200	g. s. t. Abfall I	49.200
Produktionsabfall I	1.000	g. s. t. Abfall II	71.200
Produktionsabfall II	28.300	g. s. t. Abfall III	588.900
Abfall II	11.000	g. s. t. Abfall IV	11.800
Summe Input:	763.500	Summe Output:	721.100
Lager [t]	44.800	Lagerveränderung:	+42.400

Stoffliche Verwertung

Unter der stofflichen Verwertung werden alle Verfahren zusammengefasst, die aus den sortierten Kunststoffabfällen, eventuell nach Reinigung und Aussortierung von *Fremdstoffen* oder Fremdkunststoffen, über die Schmelze mit möglicher anschließender Aufbereitung mit *Additiven Regranulat* (wiederverwendbare Formmasse) herstellen.

1994 wurden 49.200 t des Gutes *gesammelter und/oder sortierter und transportierter Abfall I* vom Prozess "Sammlung, Sortierung, Transport" in den Prozess "Stoffliche Verwertung" übergeführt [ÖKI, 1995].

1994 wurden bei der gemischten stofflichen Verwertung ca. 500 t und bei der sortenreinen stofflichen Verwertung ca. 6.200 t an Aufgabebandabfällen, Reststoffen, Waschabfällen und so weiter aussortiert. Zusammen wurden demnach 1994 bei den stofflichen Verwertern 6.700 t, hier als Outputgut *Fremdstoffe* bezeichnet, aussortiert [ÖKI, 1995].

Von den 42.500 t an Regranulat, die 1994 in Österreich produziert wurden, waren ca. 60 % für den Export aus Österreich und ca. 40 % für den Verbrauch in Österreich bestimmt [ÖKI, 1995]. Somit erhält man zwei Outputströme des Gutes *Regranulat I* und *II* in der Größe von 17.000 t beziehungsweise 25.500 t für 1994.

Von den 115.000 t Kunststoffverpackungen wurden 2004 fast 50 % - vor allem saubere thermoplastische Polymere - rezykliert. Der Rest wurde hauptsächlich thermisch verwertet [ARGEV, 2005]. Nach Angaben der Kunststoffrecycler wurde die Mehrheit des produzierten Regranulates aus Österreich exportiert.

Tabelle 6-23: Güterbilanz des Prozesses "Stoffliche Verwertung" - 1994

Inputgüter	[t/a]	Outputgüter	[t/a]
g. s. t. Abfall I	49.200	Regranulat I	17.000
		Regranulat II	25.500
		Fremdstoffe	6.700
Summe Input:	49.200	Summe Output:	49.200
Lager [t]	0	Lagerveränderung:	0

Thermische Verwertung

Unter der thermischen Verwertung wird in dieser Studie die Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen, Fernwärmeheizwerken, Drehrohröfen der Zementindustrie etc. aus Gründen der Ausnutzung des Energiegehaltes von Kunststoffen, Ersetzen von fossilen Energieträgern und der Reduzierung des Restmülls verstanden.

Inputgüter:

1994 fand in Österreich noch keine thermische Verwertung von Kunststoffverpackungsabfällen im Sinne der Verpackungsverordnung statt. Die hier beschriebenen Massen sind demnach ausschließlich die thermische Verwertung von Kunststoffanteilen im Hausmüll, der in Müllverbrennungsanlagen thermisch verwertet wird und dem Einsatz von Altreifen und Gummiabfällen in der österreichischen Zementindustrie. 1994 wurden 44.200 t Kunststoffabfälle zusammen mit dem Hausmüll thermisch verwertet. Weitere 27.000 t Altreifen und

Gummiabfälle wurden 1994 in der österreichischen Zementindustrie einer thermischen Verwertung zugeführt [Braun, 1996].

Die Umsetzung der Deponieverordnung, die eine Vorbehandlung von Abfall vor der Deponierung vorschreibt, trug wesentlich zum Anstieg der energetisch genutzten Kunststoffabfallmenge bei. Die Menge der Kunststoffabfälle, die in Müllverbrennungsanlagen sowie in industriellen Mitverbrennungsanlagen (z.B. in der Zementindustrie) thermisch genutzt wurde, betrug 2004 564.000 t.

Die bei der Verbrennung entstehende Abluft - hauptsächlich in Form von CO₂ und H₂O - betrug 1994 etwa 59.600 t. Aus den Müllverbrennungsanlagen wurden 1994 über Filterkuchen und Schlacke etwa 2.500 t deponiert.

Aus heutiger Sicht wurden 1994 etwa 100 t bei der Verbrennung der Altreifen in Zementdrehrohrröfen in den Klinker eingebunden. Die in der Studie angegebenen 8.100 t dürften falsch sein, da der Eisenanteil der Altreifen nicht in der Inputmasse Kunststoff berücksichtigt hätte werden dürfen.

Tabelle 6-24: Güterbilanz des Prozesses "Thermische Verwertung" - KST

Inputgüter	[t/a]	Outputgüter	[t/a]
g. s. t. Abfall II	71.200	Deponiegut	2.500
		Abluft	59.600
		Abwasser	1.000
		Produkt (Zementklinker)	8.100
Summe Input:	71.200	Summe Output:	71.200
Lager [t]	0	Lagerveränderung:	0

6.2.3.5 Halden und Deponien

Der Prozess „Deponie“ ist der einzige im System, der eine Senke darstellt, d.h., dass es nur Inputgüter, aber keine Outputgüter gibt.

Das „Lager“ wird durch die jährlich deponierten Kunststoffe *g. s. t. Abfall III* gebildet und wächst ständig an. Beim Lagerzuwachs wird davon ausgegangen, dass Kunststoffe in der „Deponie“ nicht abgebaut werden. Obschon diese Annahme falsch ist, darf sie hier verwendet werden, da der Abbau langsam vor sich geht. Weiters wird das „Lager“ durch *Fremdstoffe* und *Deponiegut* gebildet.

Das Lager an Kunststoffen im Prozess "Deponie" wurde genauso berechnet wie jenes an Fertigteilen im Prozess "Einsatz". Für diese Studie standen erst ab dem Jahr 1960 Daten über den Verbrauch und die Abfallmassen von Kunststoffen zur Verfügung haben. Die Größe des Lagers im Prozess "Deponie" wurde für das Jahr 1960 mit 400.000 t angenommen. Das entspricht ca. jener Masse, die von 1960 bis 1965 deponiert wurde.

Das Lager an Kunststoffabfällen in Deponien stieg 1994 um 590.000 t. Aufgrund der Deponieverordnung wurden 2004 „nur mehr“ 260.000 t Kunststoffabfälle deponiert. Das Kunst-

stoffabfalllager, das sich seit den 1960er-Jahren in der Deponie akkumuliert hat, beträgt fast 15 Mio. t.

In der Abbildung 6-6 sind neben dem Verbrauch an Kunststoffen, den gesamten Kunststoffabfallmassen und den jährlich deponierten Kunststoffabfällen auch die Lager an Kunststoffen im Einsatz und auf der Deponie bis zum Jahr 2004 dargestellt.

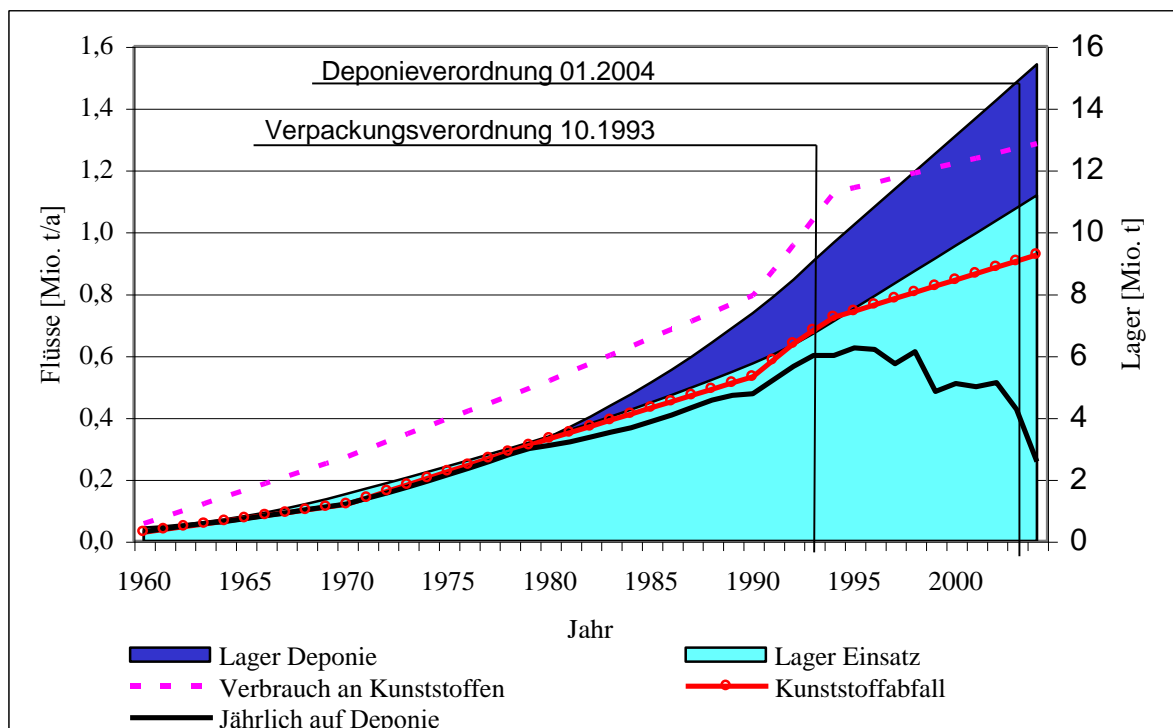


Abbildung 6-6: Verbrauch an Kunststoffen, Kunststoffabfälle und Kunststofflager in Österreich

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Input- und Outputgüter des Prozesses "Deponie".

Tabelle 6-25: Güterbilanz des Prozesses "Deponie" - 1994

Inputgüter	[t/a]
g. s. t. Abfall III	588.900
Fremdstoffe	6.700
Deponiegut	2.500
Summe Input:	598.100
Lager [t]	9.700.000

Outputgüter	[t/a]
Summe Output:	0
Lagerveränderung:	+598.100

Im Jahr 2004 betrug das Lager an Kunststoffen in Deponien 15,4 Mio. t. Aufgrund der Deponieverordnung und der damit verbotenen Deponierung von heizwertreichen Abfällen ist dieses Lager bis heute nur mehr unwesentlich gewachsen. Es darf davon ausgegangen werden, dass das Lager an Kunststoffen in Deponien heute etwa 16 Mio. t beträgt.

6.2.4 Monetäre Bewertung des Kunststofflagers in Österreich

Der Durchschnittspreis von Altkunststoffen (Standardkunststoffe PE, PP, PS, PVC und PET) in den Qualitäten Granulat und Ballenware schwankte in den letzten 2 Jahren zwischen 560 und 510 €/t. Technische Kunststoffe haben einen Preis von über 1.000 €/t (New Media Publisher GmbH, 2013).

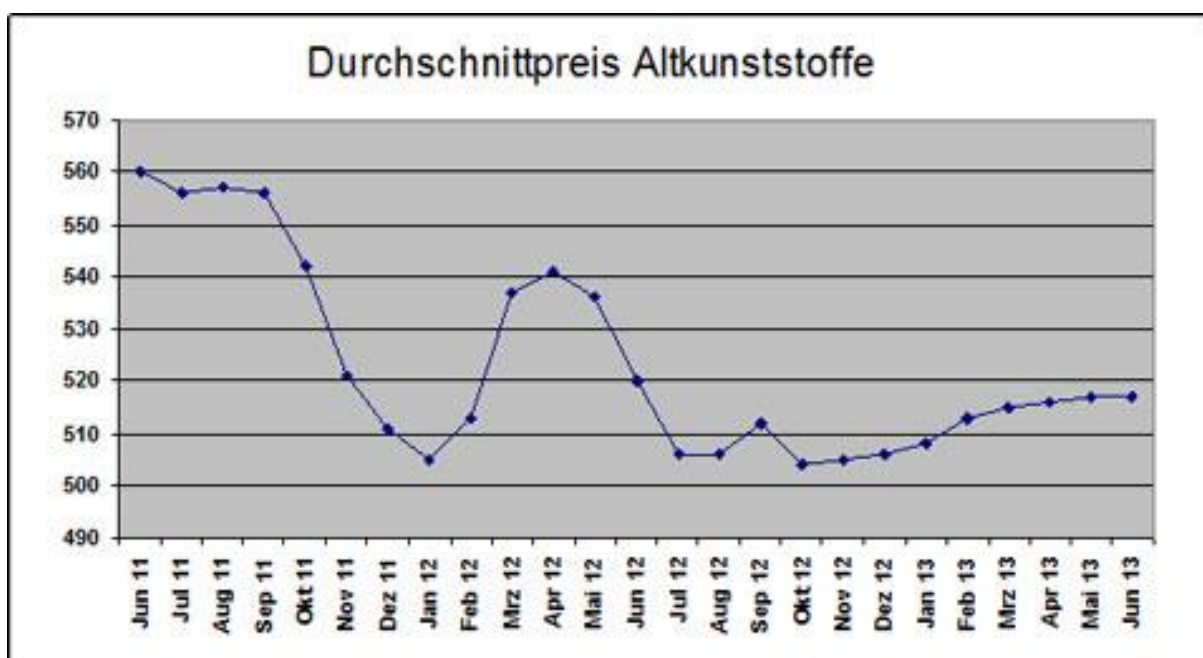


Abbildung 6-7: Durchschnittspreise von Altkunststoffen

Dabei ist zu beachten, dass die Kunststoffe sortenrein und sauber sein müssen. Sofern diese Kriterien erfüllt werden können, können € 100.- und mehr je Tonne Altkunststoff erzielt werden. Eine vorsichtige Schätzung reicht demnach von einem Wert der Kunststofflager von 0 bis zu 1 Mrd. Euro.

Tabelle 6-26: Monetäre Bewertung der Kunststofflager

Kunststofflager	Hochrechnung 2012	Wert [€ / t]		Wert [Mio. €]	
		min	max	min	max
Konsum					
Schaumstoffe in Blöcken und Platten	580.000	-	50	-	29
Folien	110.000	-	100	-	11
Platten	1.000.000	-	100	-	100
Rohre	2.950.000	-	100	-	295
Profile	220.000	-	100	-	22
Gewebe beschichtet	150.000	-	-	-	-
Papier beschichtet	70.000	-	-	-	-
Kunstharzgewebe und Papiere	20.000	-	-	-	-
technische Kunststoffteile	1.900.000	-	250	-	475
Verpackungsmaterial	10.000	-	100	-	1
Sonstige Kunststoffwaren	50.000	-	10	-	1
Harze	4.940.000	-	-	-	-
Deponien	16.000.000	-	1	-	16
Summe	28.000.000			-	950

6.2.5 Dynamische Vorhaltdauer

Im Jahr 2010 lagen die weltweiten Erdölreserven bei 217.000 Millionen Tonnen, die weltweiten Ressourcen bei 298.000 Millionen Tonnen bei einer Förderung von 3.940 Millionen Tonnen⁷. Die statische Vorhaltdauer reicht somit für die Reserven bis ins Jahr 2065, für Reserven und Ressourcen bis ins Jahr 2141. Die dynamische Vorhaltdauer reicht unter der Voraussetzung eines jährlichen Wachstums von 2% für die Reserven bis ins Jahr 2048, für Reserven und Ressourcen bis ins Jahr 2075.

⁷ DERA (2011)

6.3 Eisenhaushalt Österreich

6.3.1 Einleitung

Ausgangslage der vorliegenden Untersuchung ist die 2001 durchgeführte Stoffflussanalyse „Projekt ABASG II – Güter“. Zusammenfassend werden die relevanten Maßnahmen und die davon betroffenen Güter, Prozesse und Lager identifiziert, die für die Beschreibung des Fe-Haushaltes Österreichs relevant sind.

6.3.2 Systemdefinition

Fe-Erz ist der Rohstoff für die Fe- und Stahlprodukte, eines der wichtigsten Welthandelsgüter nach Erdöl. Der Fe-Erzabbau in Österreich am steirischen Erzberg ist in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen, sodass der Hauptanteil (ca. 70 %) des benötigten Fe-Erzes importiert wird.

In der Bilanz werden ausgehend von Fe-Erz auch die Folgeprodukte Fe und Stahl erfasst. Fe-Erz sind Gesteine, die mehr als 20 % Fe enthalten, in Österreich ist dies Siderit, ein Karbonatgestein. Fe kommt in der Natur nie elementar vor. Abhängig vom Kohlenstoffgehalt unterscheidet man Fe, Roh-Fe und Stahl (enthält ca. 1 % Kohlenstoff).

Der Fe-Haushalt Österreichs umfasst den Weg des importierten und rezyklierten Fe von der Refinerie über die Gießerei und Halbzeugfertigung und Güterproduktion, über den Konsum Fe-haltiger Güter bis zu deren Entsorgung am Ende der Lebensdauer inklusive der Rückführung von Fe-Schrotten in die Sekundärproduktion. Das Bilanzjahr ist, soweit Daten verfügbar sind, das Jahr 2001.

In der Abbildung 6-8 ist der Fe-Haushalt Österreichs grafisch dargestellt.

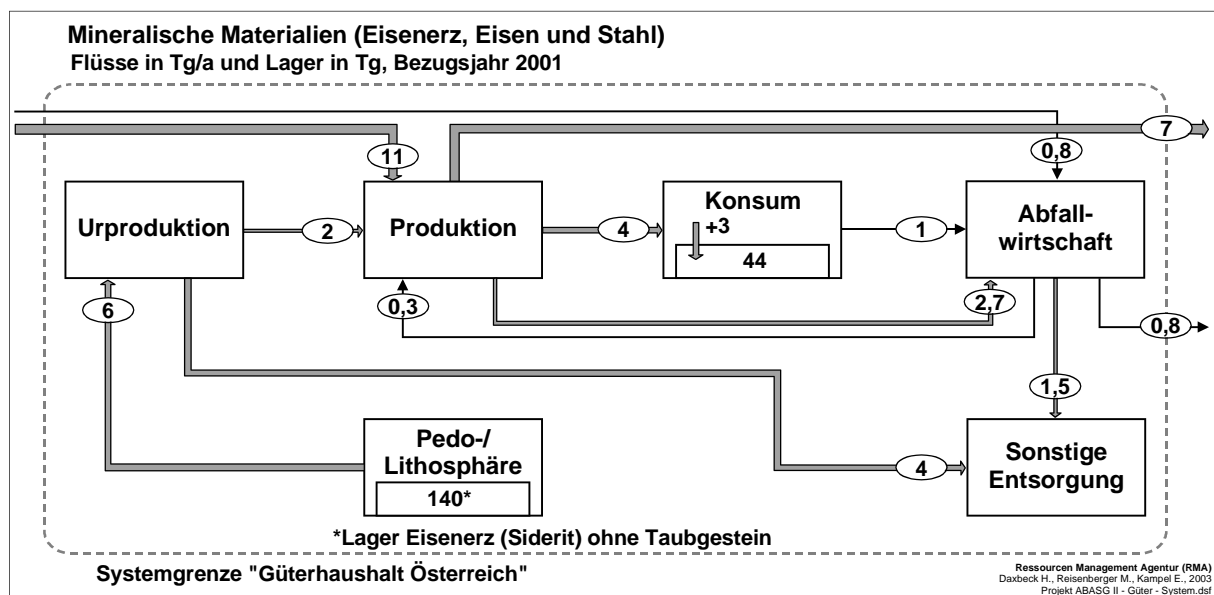


Abbildung 6-8: Eisenhaushalt Österreich {Daxbeck et al., 2003}⁸

⁸ Um die Lesbarkeit der Darstellung zu erhöhen, wurden die Zahlen gerundet.

6.3.3 Relevante eisenhaltige Güter

Nur wenige Betriebe in Österreich sind in der Fe-Verarbeitung tätig. Das größte Unternehmen mit der größten Produktpalette ist die voestalpine AG, kleinere Unternehmen haben sich durchwegs auf ein Produktsortiment, wie z.B. Edel- oder Baustahl, spezialisiert.

Der Einsatzzwecke und das Anwendungsgebiet von Fe-haltigen Güter sind weitreichend. Beispielhaft sei angeführt:

- Kraftfahrzeuge-Industrie: Getriebe, Ketten, Verkleidungen, ...
- Bauindustrie: Stahlträger, Fensterrahmen, Verkleidungen, ...
- Maschinenbau: Ventilatoren, Rolltreppen, landwirtschaftliche Maschinen, ...
- Möbelproduktion: Tische, Türschnallen, Griffe, Lampen, ...
- Werkzeugfertigung: Schrauben, Nägel, Draht, ...
- Haushaltsgeräteherstellung: Besteck, Kochtöpfe, Pfannen, Kleiderhaken, ...

6.3.4 Relevante eisenverarbeitende Prozesse

6.3.4.1 Urproduktion

Im Urproduktionssektor sind für den österreichischen Fe- und Stahlhaushalt drei Prozesse von Bedeutung:

- der „Erzberg (EB)“
- der „Erzbergbau (13)“
- die „Bereitstellung von sonst. Gütern (14 bzw. 27⁹)“

Erzberg (EB)

Die Daten für die Urproduktion können gut abgeschätzt werden, da es in Österreich nur eine Abbaustätte, den Erzberg gibt. Bei der Lagerabschätzung werden jedoch größere Bandbreiten gesetzt, da die Größe der Lagervorkommen auch unter wirtschaftlichen Aspekten zu betrachten ist. Das bei der Erzgewinnung anfallende Taubgestein wird über die Masse der Erze abgeschätzt und unterliegt folglich ebenfalls einer größeren Bandbreite.

Das massenmäßige Lager des Prozesses „*Urproduktion*“ basiert auf einem ökonomisch berechneten Wert. Es handelt sich um die ökonomisch abbaubare Masse an Fe-Erz. Der Outputfluss an Fe-Erz ist annähernd ($\pm 30\%$) bekannt.

In Österreich wird nur in der Steiermark Fe-Erz abgebaut und dies mit einer Jahresmenge von ca. 1,9 Mio. t. Das Fe-Erz liegt im Verbund mit Taubgestein vor, das bei der Sprengung aus dem Berg mitherausgelöst wird. Insgesamt werden für die Gewinnung von Fe-Erz rund 5,7 Mio. t Bergmaterial bewegt. Das Verhältnis Fe-Erz zu Taubgestein beträgt etwa 1:2. Das abgebaute Fe-Erz hat einen durchschnittlichen Fe-Gehalt von 65 %¹⁰ In der Tabelle 6-27 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess „*Erzberg*“ angegeben.

⁹ Europäisches System im Bereich der Produktionsstatistiken für Bergbau und des verarbeitenden Gewerbes bzw. der Herstellung von Waren für die Statistik der Industrieproduktion in der EU (z.B. 14 – Gewinnung von Steinen und Erden; 27 – Metallherzeugung und -bearbeitung) Diese Systematik wird auch in den folgenden Prozessen angewendet.

¹⁰ Kremser, 2003a

Tabelle 6-27: Bilanzierung des Prozesses „Erzberg“ (EB)

PROZESS ERZBERG (EB)					
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	EB	Erz, Taubgestein (13)	13	5.700.000	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND			
		LAGERINPUT		0	t
		LAGEROUTPUT		5.700.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-5.700.000	t
		LAGERBESTAND		140.000.000	t

Erzbergbau (13)

Bei der Aufbereitung des gesprengten Bergmaterials wird das Fe-Erz vom Taubgestein gelöst. Pro Tonne Fe-Erz fallen ca. 2 t Taubgestein an, das auf einer Halde abgelagert wird¹¹, es handelt sich dabei um insgesamt rund 3,8 Mio. t Taubgestein. Das Taubgestein wird nicht zurück auf den Erzberg verbracht, sondern wird in der näheren Umgebung des Aufbereitungsortes auf Halden abgelagert.

Der Lagerbestand wird mit rund 140 Mio. t Siderit (Fe-Karbonat) angegeben¹² und berücksichtigt somit nicht den Bestand an Ganggesteinen. Die jährliche Lagerentnahme an Fe-Erz und Taubgestein beträgt rund 5,7 Mio. t. Es kommt zu keinem Lagerzuwachs. In der Tabelle 6-28 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Erzbergbau angegeben.

Tabelle 6-28: Bilanzierung des Prozesses „Erzbergbau“ (13)

PROZESS ERZBERGBAU (13)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	EB	Erz, Taubgestein (13)	13	5.700.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	13	Eisenerz (27)	27	1.900.000	t
	13	Taubgestein (SE)	SE	3.800.000	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND			
		LAGERINPUT		5.700.000	t
		LAGEROUTPUT		5.700.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG			t
		LAGERBESTAND		140.000.000	t

Bereitstellung von sonst. Gütern (14 bzw. 27)

Die Bilanzierung dieses Prozesses und die Erfassung der Güterflüsse erfolgen innerhalb der Erfassung des Guts Natursteine bzw. des Guts Kohle. Der Vollständigkeit halber wird aufgrund der nicht unbedeutlichen Masse „Kalk (27)“, als Teil des Güterflusses, berücksichtigt. „Natursteine (14)“ – ein Outputfluss aus dem Prozess „Gewinnung von Steinen und Erden“. „Koks (27)“ entspricht dem gebundenen Kohlenstoff im Stahl. Es wird von durchschnittlich

¹¹ Wernsperger, 2003,;

¹² Bundesministerium für Bildung Wissenschaft und Kultur, 1996,;

1 % Kohlenstoffgehalt des produzierten Stahles ausgegangen. Das entstehende Abgas durch den Fluss „Koks (27)“ wird in der Bilanz Kohle bilanziert.

Diese Flüsse sind für die Fragestellung im Bericht nicht relevant und werden nicht weiter behandelt.

6.3.4.2 Produktion

Im Produktionssektor sind für den Fe- und Stahlhaushalt Österreichs drei Prozesse, nämlich die „Produktion von Fe- und Stahlwaren (PR)“, die „Metallerzeugung und -bearbeitung (27)“ und die „Rückgewinnung (37)“ von Bedeutung.

Metallerzeugung- und bearbeitung (27)

Die Inputdaten können als qualitativ „gut“ bezeichnet werden. Sowohl die Massenflüsse, resultierend aus dem Bergbau, als auch die importierten Mengen an Fe und Stahl, sind gut dokumentiert (Schwankungsbreite ($\pm 10\%$)). Die Outputdaten werden den Materialienbänden zum Bundesabfallwirtschaftsplan (Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011 entnommen (Schwankungsbreite bis $\pm 30\%$)).

Von den 11 Mio. t (1,3 t/E.a) importierten Fe-Erz und den 2 Mio. t (0,23 t/E.a) aus der heimischen Gewinnung verbleiben lediglich 4 Mio. t (0,47 t/E.a) in der österreichischen Wirtschaft. 7 Mio. t (0,89 t/E.a) Fe- und Stahlprodukten werden exportiert. Der Rest von 2,7 Mio. t (0,33 t/E.a) sind überwiegend Abfallprodukte wie z.B. Aschen und Schlacken, die in den Abfallbereich gelangen. Es werden Schrottteile in der Höhe von 0,3 Mio. t (0,03 t/E.a) an das Stahlwerk rückgeführt, wo sie im Hochofen mit eingeschmolzen werden. In der Tabelle 6-29 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Metallerzeugung und -bearbeitung angegeben.

Tabelle 6-29: Bilanzierung des Prozesses „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (27)

PROZESS METALLERZEUGUNG UND -BEARBEITUNG (27)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	13	Eisenerz (27)	27	1.900.000	t
	EX	Eisenerz (IM)	27	5.345.341	t
	37	Schrott (27)	27	273.169	t
	14	Kalk (27)	27	701.726	t
	23	Koks (27)	27	60.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	27	Rohstahl (PR)	PR	5.892.000	t
	27	Schlacke (90)	90	2.260.635	t
	27	Verarbeitungsabfälle (90)	90	134.300	t
	27	Schrott (90)	90	83.191	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		750.000	t
		LAGERINPUT		8.280.236	t
		LAGEROUTPUT		8.370.126	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-89.890	t
		LAGERBESTAND		n.b.	t

Produktion von Eisen- und Stahlwaren (PR)

Der Import und Output Güterfluss von Fe- und Stahlwaren umfasst Metallwaren (SITC Code 69), Kraftfahrzeuge (SITC Code 78) und Maschinen (SITC Code 71-74). Der Fe- bzw. Stahlgehalt in Kraftfahrzeuge und Maschinen wird mit 70 % angenommen. Insgesamt beträgt der

Import an Fe- und stahlhaltigen Waren 5,3 Mio. t¹³. Der Exportanteil von Fe- und Stahl ist höher als der Importanteil; er beträgt ca. 7,2 Mio. t¹⁴.

Der Güterfluss von Fe- und Stahlwaren wird über die österreichische Produktion, sowie über den internationalen Handel berechnet. In Österreich werden demnach rund 3,8 Mio t Fe jährlich abgesetzt.

Die Fe- und Stahlabfälle werden mit 0,21 Mio. t unter Abfallschlüsselnummer 351 angeführt. Sie stammen aus dem Prozess „Produktion von Fe- und Stahlwaren“. Zunder, ist eine Oxidschicht, die sich beim Glühen, Walzen oder Schmieden von Stahl auf seiner Oberfläche bildet. In der Tabelle 6-30 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Produktion von Fe- und Stahlwaren angegeben.

Tabelle 6-30: Bilanzierung des Prozesses „Produktion von Eisen und Stahlwaren“ (PR)

PROZESS PRODUKTION VON EISEN- UND STAHLWAREN					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	27	Rohstahl (PR)	PR	5.892.000	t
	EX	Eisen und Stahlwaren (IM)	PR	5.329.628	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	PR	Eisen- und Stahlwaren (EX)	EX	7.208.345	t
	PR	Eisen- und Stahlwaren (51)	51	3.800.283	t
	PR	Eisen- und Stahlabfälle (90)	90	213.000	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		11.221.628	t
		LAGEROUTPUT		11.221.628	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND		n.b.	

Rückgewinnung (37)

Der Prozess Rückgewinnung umfasst die Verarbeitung von Fe- und Stahlschrott sowie von gebrauchten und ungebrauchten Metallerzeugnissen zu Sekundärrohstoffen.

Schrott:

Der Güterfluss von Schrott beträgt: 231.219 t und setzt sich zusammen aus:

- Schrott - Nettoimport: 79.419 t¹⁵
- Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen: daraus abgetrennte Fe-Metalle, die als Schrott verwertet werden: 6.000 t¹⁶
- Fe-Anteile in Haushalts- und haushaltsähnlichen Abfällen: 50.000 t¹⁷

¹³ Statistik Österreich, 2002b

¹⁴ Statistik Österreich, 2002b

¹⁵ Statistik Österreich, 2002b

¹⁶ Domenig, 2001

¹⁷ Hauer et al., 2002

- Gesammelte Weißblech,- und Stahlverpackungen zur Wiederverwendung in der Stahlindustrie: 25.800 t¹⁸
- Fe und Stahl aus Altfahrzeugen: 70.000 t Fahrzeugschrott wurden einer rechtskonformen Aufbereitung durch Shredderanlagen geführt¹⁹.
- Fe- und Stahlteile aus Baurestmassen, die einer Wiederverwendung zugeführt werden: ca. 32.000 t²⁰.

Der angelieferte Fe- und Stahlschrott wird bei Verschrottungsanlagen zwischengelagert, um hierauf aufbereitet zu werden. Diese Lagerstätten konnten nicht quantifiziert werden. Gemäß [BMLFUW, 2006] gibt es 6 Autoschredder-Anlagen in Österreich. Fünf Anlagen gaben ihre Verarbeitungskapazitäten an, die insgesamt 335.000 t betragen. Dies erlaubt jedoch keinen Rückschluss auf die Lagermengen. In der Tabelle 6-31 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Rückgewinnung angegeben.

Tabelle 6-31: Bilanzierung des Prozesses Rückgewinnung (37)

PROZESS RÜCKGEWINNUNG (37)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	90	Baurestmassen (37)	37	32.000	t
	90	Schrott (37)	37	231.219	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	37	Schrott (27)	27	273.169	t
	37	Störstoffe	90	n.b.	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		263.219	t
		LAGEROUTPUT		273.169	t
		LAGERVERÄNDERUNG		-9.950	t
		LAGERBESTAND		n.b.	t

6.3.4.3 Konsum

Im Dienstleistungssektor werden der Prozess „Handel“ als reiner Verteilungsprozess und die beiden Prozesse „Private Haushalte“ und „Sonstige Branchen“ betrachtet.

Der einzige Inputfluss kommt von der Produktion von Fe- und Stahlwaren (PR). Dieser Materialfluss wird errechnet aus der Differenz aus produziertem und exportiertem Stahl und kann somit gut abgeschätzt werden. Die Outputflüsse werden aus Angaben aus den Materialbänden zum Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) abgeschätzt. Die Input- und Outputdaten können gut ($\pm 30\%$) abgeschätzt werden.

Der Konsum ist dadurch gekennzeichnet, dass von 4 Mio. t (0,47 t/E.a) der jährlich erworbenen Fe- und Stahlprodukten 3 Mio. t (0,35 t/E.a) dem Lager zugeführt werden und davon nur

¹⁸ Domenig, 2001

¹⁹ Neubacher, 2000

²⁰ Glenck et al., 1997

1 Mio. t (0,12 t/E.a) jährlich im Bereich der Abfallwirtschaft als Abfälle gelangen. Das über die Jahrzehnte aufgebaute Lager beläuft sich auf rund 44 Mio. t (5,4 t/E)²¹.

Private Haushalte (95)

44 % der Waren aus Fe und Stahl werden in privaten Haushalten verwendet. Davon ergeben sich 1,7 Mio. t. Fe- und stahlhaltige Abfälle aus privaten Haushalten, die durch Altstoffsammlungen, dem aus Rest- und Sperrmüll oder durch eine getrennte Sammlung (z.B. Alt-Kraftfahrzeuge) erfasst werden. Gesamt fallen in privaten Haushalten Abfälle aus Fe und Stahl von ca. 300.000 t an. Fe- und Stahlabfälle, die aus der Bautätigkeit stammen, werden im Prozess „Sonstige Branchen“ berücksichtigt.

Die Abfälle entsprechen dem Lageroutput, wobei jedoch die Fe-haltigen Baurestmassen aus den privaten Haushalten in den sonstigen Branchen miterfasst werden. Die Abschätzung des Baulagers in den privaten Haushalten wird im Rahmen des Projektes „Bauwerk Österreich“²² durchgeführt. Es wird mit 2,7 Mio. t beziffert. Gemeinsam mit dem hier erhobenen PKW-Bestand (geschätzte Annahme: 60 % in den privaten Haushalten, wobei davon ein Fe-Anteil von 70 % angenommen wird, was insgesamt 2,6 Mio t ergibt) wird ein Lager von 5,3 Mio. t abgeschätzt.

Der Lagerbestand in den privaten Haushalten wird durch langlebige Waren aus Fe und Stahl aufgebaut. Darunter fallen Anwendungen im Baubereich (z.b. Stahlträger, Fensterrahmen, Stahlbeton, Haushaltsgeräte, Zäune) sowie PKW. Zu den kurzlebigen Gütern zählen Verpackungen (Nutzungsdauer unter einem Jahr). Der Lagerbestand wird daher vorwiegend determiniert von Fe- und Stahleinsatz im Wohnbau und in Kraftfahrzeugen. In der Tabelle 6-32 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess „Private Haushalte“ von Fe und Stahlwaren angegeben.

Tabelle 6-32: Bilanzierung des Prozesses „Private Haushalte“ (95)

PROZESS PRIVATE HAUSHALTE (95)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	PR	Eisen- und Stahlwaren (95)	95	1.687.326	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	95	Abfälle (95)	90	303.515	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		5.300.000	t
		LAGERINPUT		1.687.326	t
		LAGEROUTPUT		303.515	t
		LAGERVERÄNDERUNG		1.383.811	t
	LAGERBESTAND		6.683.811	t	

Sonstige Branchen (SB)

56 % der Waren aus Fe und Stahl werden in „sonstigen Branchen“ (z.B. Bauwesen, Landverkehr) eingesetzt, dies ergibt eine Menge von 2,1 Mio. t. Fe- und stahlhaltige Abfälle aus „Sonstigen Branchen“ setzen sich zusammen aus Alt-Kraftfahrzeuge und getrennt gesammelten Verpackungen aus Fe. Insgesamt machen sie knapp 0,1 Mio. t aus. Der Fe-Fluss aus

²¹ Projekt „Bauwerk Österreich“ (GUA & Vogel-Lahner, 2003)

²² GUA & Vogel-Lahner, 2003

dem Bauwesen wird berechnet über eine Angabe in einer Studie über Baurestmassen in Oberösterreich und beträgt rund 0,56 Mio. t²³.

Der Lagerbestand des Prozesses „sonstige Branchen“ wird vorwiegend bestimmt von Fe- und Stahleinsatz im Bau und in Kraftfahrzeugen. Die Abschätzung des Lagers in Bauwerken wird im Rahmen des Projektes „Bauwerk Österreich“²⁴ durchgeführt und mit 37,1 Mio. t. beziffert. Gemeinsam mit dem erhobenen PKW-Bestand (angenommen werden 40% in „Sonstigen Branchen“, wovon die Fe-Bestandteile mit 70 % bewertet werden, was sohin 1,7 Mio. t Fe ergibt) wird ein Lager von 38,8 Mio. t abgeschätzt. In der Tabelle 6-33 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess „Sonstige Branchen“ von Fe und Stahlwaren angegeben.

Tabelle 6-33: Bilanzierung des Prozesses „Sonstige Branchen“ (SB)

PROZESS SONSTIGE BRANCHEN (SB)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	PR	Eisen- und Stahlwaren (SB)	SB	2.112.402	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	SB	Abfälle (SB)	90	96.677	t
	SB	Baurestmassen (SB)	90	560.000	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		38.800.000	t
		LAGERINPUT		2.112.402	t
		LAGEROUTPUT		656.677	t
		LAGERVERÄNDERUNG		1.455.725	t
		LAGERBESTAND		40.255.725	t

6.3.4.4 Abfall und Abwasserwirtschaft

Die Inputdaten stammen aus unterschiedlichen Publikationen, können aber generell in Übereinstimmung gebracht werden. Die größte Datenunsicherheit stammt aus dem Fluss der Baurestmassen. Die Outputflüsse in die „Rückgewinnung (37)“ und in die „Sonstige Entsorgung (SE)“ stammen ebenfalls aus unterschiedlichen Publikationen, können aber ebenfalls gut abgeschätzt werden. Die Schätzung der Input – und Outputdaten ist auf $\pm 30\%$ möglich.

Sonstige Verwertung und Entsorgung (SE)

Dieser Prozess umfasst Halden, auf denen das Taubgestein aus der Erzgewinnung abgelagert wird, sowie die stoffliche Verwertung von Hüttenbaustoffen.

Der Lageraufbau und der Lagerbestand werden ausschließlich durch das Taubgestein bestimmt. Seit Beginn des Erzabbaus wurden rund 235 Mio. t Erz gewonnen, woraus sich ein Aufkommen an Taubgestein von 470 Mio. t ergibt. Der Lagerzuwachs beträgt rund 3,8 Mio. t. Das Taubgestein wird teilweise für Straßen- und Uferverbauung verwendet bzw. in der Natursteinindustrie und Zementverarbeitung gezielt gewonnen. In der Tabelle 6-34 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess „Sonstige Entsorgung“ von Fe und Stahlwaren angegeben.

²³ Glenck et al., 1997,;

²⁴ GUA & Vogel-Lahner, 2003,;

Tabelle 6-34: Bilanzierung des Prozesses „Sonstige Verwertung und Entsorgung“ (SE)

PROZESS SONSTIGE VERWERTUNG UND ENTSORGUNG					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	13	Taubgestein (SE)	SE	3.800.000	t
	90	Hüttenbaustoffe (SE)	SE	1.532.966	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	90	Baumaterial	EX	1.532.966	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		470.000.000	t
		LAGERINPUT		3.800.000	t
		LAGEROUTPUT		1.532.966	t
		LAGERVERÄNDERUNG		2.267.034	t
		LAGERBESTAND		473.800.000	t

Abwasser- und Abfallbeseitigung (90)

Insgesamt gelangen jährlich rund 4,5 Mio. t (0,55 t/E.a) an fe- und stahlhaltige Abfälle in die Abfallwirtschaft (90). Davon werden ungefähr 0,3 Mio. t (0,03 t/E.a) in die Stahlproduktion wiedereingesetzt und 1,5 Mio. t (0,19 t/E.a) als Hüttenbaustoffe verwendet. Der Materialluss der Hüttenbaustoffe geht von der „Abfallwirtschaft“ in die „Sonstige Entsorgung“ (1,5 Mio. t=0,19 t/E.a). Er ist auf Schlacken aus der Stahlproduktion zurückzuführen, die in der Zementindustrie und im Straßenbau eingesetzt werden. Etwa 0,8 Mio. t (0,1 t/E.a) Schrott werden jährlich jeweils importiert und auch exportiert.

Ein Vergleich der Abfallflüsse (ca. 1 Mio. t=0,12 t/E.a), ohne Hüttenbaustoffen) mit den Recyclingflüssen (aus 0,3 Mio. t=0,03 t/E.a) rückgeführtem Schrott) zeigt, dass die Recyclingquote etwa 33 % beträgt. Nicht mit eingerechnet ist der Schrotteinsatz in der voestalpine AG selbst, da dieser in der Bilanz nicht aufscheint. Für die anfallenden Aschen und Schlacken beläuft sich die Verwertungsquote auf rund 60 %.

Das Lager im Prozess Abfallwirtschaft (90) wird durch die Ablagerung von Abfällen bestimmt. Getrennt gesammelte Abfälle werden verwertet. Die Fe-Mengen im Restmüll werden zum Teil direkt abgelagert oder zuvor thermisch verwertet. Die größten Materialflüsse in den Abfallbereich stammen aus der Produktion, gefolgt von Baurestmassen. Die Ressourcenbewirtschaftung der Baurestmassen erfordert eine Trennung der Materialien. Es ist davon auszugehen, dass die Fe- und Stahlanteile, die sich in den Baurestmassen befinden, zum Großteil deponiert werden, da die Baurestmassen an sich zum Großteil deponiert werden. Der Schrottanfall beträgt 1 Mio. t, wovon nur 13 % nachweislich verwertet werden. Aus der Bilanzierung von Fe und Stahl geht hervor, dass das Lageraufkommen jährlich um rund 2,1 Mio. t größer wird. Jedoch ist davon auszugehen, dass das tatsächlich deponierte Massenaufkommen geringer ist, da nicht quantifizierte Massenflüsse anderweitig verwertet oder abgelagert werden

Die tatsächliche Menge von Fe und Stahl auf den Deponien ist rechnerisch nicht bekannt. In der Tabelle 6-35 ist die Input-, Outputbilanz für den Prozess Abwasser- und Abfallbeseitigung von Fe und Stahlwaren angegeben.

Tabelle 6-35: Bilanzierung des Prozesses „Abwasser- und Abfallbeseitigung“ (90)

PROZESS ABWASSER- UND ABFALLBESEITIGUNG (90)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	27	Schlacke (90)	90	2.260.635	t
	27	Verarbeitungsabfälle (90)	90	134.300	t
	27	Schrott (90)	90	83.191	t
	PR	Eisen- und Stahlabfälle (90)	90	213.000	t
	95	Abfälle (95)	90	303.515	t
	SB	Abfälle (SB)	90	96.677	t
	SB	Baurestmassen (90)	90	560.000	t
	EX	Schrott (IM)	90	833.907	t
	37	Störstoffe	90	n.b.	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	90	Hüttenbaustoffe (SE)	SE	1.532.966	t
	90	Schrott (37)	37	231.219	t
	90	Baurestmassen (37)	37	32.000	t
	27	Schrott (EX)	EX	754.488	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		4.485.225	t
		LAGEROUTPUT		2.550.673	t
		LAGERVERÄNDERUNG		1.934.552	t
		LAGERBESTAND		n.b.	t

6.3.5 Zusammenfassung Eisenerz/Eisen und Stahl Haushalt Österreich

Die Bilanz Fe-Erz, Fe/Stahl beschreibt den Weg des Minerals Fe-Erz von der Gewinnung aus der Erdkruste über seine massenmäßig wichtigste Verwendung im Wirtschaftsgut Stahl bis in die Entsorgung bzw. bis zur Rückgewinnung von Schrott im Hochofen.

Der wichtigste Umschlagplatz von Fe und Stahl in Österreich ist die voestalpine AG. Dort werden sowohl die inländischen als auch die importierten Fe-Erze zur Fe- und Stahlerzeugung eingesetzt, um zu einem beträchtlichen Teil wieder exportiert zu werden.

Insgesamt werden in Österreich jährlich (Bezugsjahr 2001) 13 Mio. t (1,6 t/E.a) an Fe-Erzen, Fe und Stahl massenmäßig umgesetzt. Zusätzlich fällt bei der Inlandsförderung Taubgestein in der Höhe von 4 Mio. t (0,47 t/E.a) an.

6.3.5.1 Eisenerz/Eisen- und Stahllager Österreich

Das anthropogene Lager stellt in Bezug auf den Fe-/Stahl-Bereich das größte – derzeit noch ungenutzte – Ressourcenpotential dar. Dieses Lageraufkommen wird größenmäßig in 15 Jahren höher sein, als das derzeit noch vorhandene geogene Lager in Österreich. Insgesamt kann der Lagerbestand mit rund 44 Mio. t (5,4 t/E.a) abgeschätzt werden. Die jährliche Zunahme beträgt ca 3 Mio. t (0,35 t/E.a).

Tabelle 6-36: Verteilung des Eisenerz/Eisen- und Stahllagers Österreich

Prozess	Fe-Erz/ Fe und Stahl Lagerabschätzung 2003 [t]	Jährlicher Zuwachs

	Min	Max	Min	Max
Erzberbau	140.000.000		-5.700.000	
Private Haushalte	2.650.000	10.600.000	300.000	
Sonstige Branchen	9.700.000	155.200.000	700.000	
Abwasser- und Abfallbeseitigung	n.b.		1.500.000	2.500.000
Anthropogenes Lager	44.000.000		3.000.000	

Die Verteilung der für den Verbrauch in Österreich bestimmten Fe und Stahlwaren wird über den Außenumsatz (Geschäftsjahr 2000/2001) der voestalpine AG ermittelt (siehe: Tabelle 6-37). Die einzelnen Positionen wurde über Verteilung zwischen den Kategorien „Private Haushalte“ und „Sonstige Branchen“ abgeschätzt und daraus der Verbrauch errechnet. Aus der eigenen Berechnung ergibt sich, dass 44 % der Güter in privaten Haushalten konsumiert werden, und 56 % in den sonstigen Branchen. Vom Verbrauch ausgehend lassen sich Rückschlüsse auf den Lageraufbau ziehen.

Tabelle 6-37: Verteilung der Eisen- und Stahlgüter auf den Prozess „Private Haushalte“ und „Sonstige Branchen“

Einsatz von Stahl und Fe	%-Anteil	abs. Menge	Verteilung PHH:SB	Verbrauch PHH	Verbrauch SB
Kraftfahrzeuge	30 %	1.140.085	60:40	684.051	456.034
Bauwesen	23 %	874.065	20:80	174.813	699.252
Stahl- und Maschinenbau	18 %	684.051	10:90	68.405	615.646
Hausgeräte	14 %	532.040	100:0	532.040	0
Förder- und Lagertechnik	3 %	114.009	0:100	0	114.009
Sonstiges	12 %	456.034	50:50	228.017	228.017
Fe- und Stahlwaren	100 %	3.800.284	44:56	1.687.326	2.112.958

6.3.5.2 Veränderungen des Eisen/Stahl Lagers in Österreich

Das anthropogene Fe/Stahl Lager ist nicht im Fließgleichgewicht, es wächst jährlich um 7 %. Die Verwendung langlebiger Wirtschaftsgüter hat einen Lageraufbau in der Anthroposphäre zur Folge. Große Mengen an Fe und Stahl sind in Jahren hindurch in Gebäuden, Netzwerken und langlebigen Konsumgütern gebunden. Eine Bewirtschaftung dieser Lager ist notwendig, um auch langfristig das Ziel der Ressourcenschonung zu erreichen. Der Fe- und

Stahlsatz zeichnet, wie eine Wiederverwendung von 33 % des in den Abfallbereich gelangenden Schrotts aus. Zu prüfen ist, ob diese Wiederverwendungsquote gleichbleibenden Qualitätsansprüchen erhöht werden kann.

Die rechtlichen Eingriffsmöglichkeiten der Abfallwirtschaft in den Fe- und Stahlhaushalt sind beschränkt. Das Verhältnis der abfallwirtschaftlichen zu den volkswirtschaftlich geregelten Materialflüssen verhält sich 34:5,5, d.h. dass 16 % des Massenflusses von Fe und Stahl durch die Abfallwirtschaft gelenkt werden können.

6.3.6 Monetäre Bewertung des Lagers in Österreich

Der gegenwertige Marktpreis von Stahl liegt bei ca. 475 EUR/t. Aufgrund des Tageskurs von Stahl (€ 470-480,- am 06. Mai 2013 Quelle: <http://www.stahlpreise.eu/2013/03/Stahlpreise-aktuell-Stahlpreisentwicklung.html>) errechnet sich bei einem Lager von 44.000.000 t Stahl welche in der Anthroposphäre Österreichs gespeichert sind, eine volkswirtschaftlicher Wert von 20,9 Mrd. EUR.

Durch den Export von Stahlschrotten gehen der österreichischen Wirtschaft ein Teil der Wertschöpfung welche durch die Aufbereitung und Wiederverwendung erzielt werden könnte verloren, dieser Anteil ist mit den vorhandenen Statistiken nicht gesichert zu berechnen.

In der *Tabelle 6-38* bis *Tabelle 6-40* sind die Preise für Fe-Schrotte von unterschiedlichen Quellen angegeben. Diese Preise sind tagesabhängig und dienen daher nur als Richtwert. Das Lager lässt sich unter der vorliegenden Datenlage nicht näher spezifizieren. Es werden je Fraktion unterschiedliche Preise für eisenhaltige Abfälle gezahlt, die monetäre Bewertung ist nur eine grobe Abschätzung und dient als Vergleichswert.

Tabelle 6-38 Preise für Eisenschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 1

Eisenhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
Quelle: <u>Steeldeal B.V.</u> <u>Klipperweg 24</u> <u>6222 PC Maastricht</u> <u>Niederlande</u>		Stand: 10.06.2013
	[Steeldeal Metall- und Schrotthandel GmbH, 2013]	
Träger, Guss Schrott	Bauträger, gegossene Fe-Teile	€ 0,2
Bremsscheiben		€ 0,2
Fe-Späne		€ 0,175
Karossen	Autokarosserien mit/ohne Motor ohne Flüssigkeiten und gefährlichen Abfällen	€ 0,14

Tabelle 6-39: Preise für Eisenschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 2

Eisenhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
Quelle: Altmetalle Kranner Dresdner Straße 26a 1200 Wien		Stand: 10.06.2013
Persönliche Mitteilung Brigitte Kranner http://www.altmetall.at/		
Fe gem.	dünnes Alteisen, ink. Verzinktem Fe	€ 0,11

Tabelle 6-40: Preise für Eisenschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 3

Eisenhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
Quelle: Altmetallhandel Markus Außerwöger Höhenstrasse 31 4111 Walding		Stand: 25.05.2013
http://www.alt-tra.at/preisliste%20metall.pdf		
Fe gem.	Fe- und Blechschrott	€ 0,07

Für das errechnete Lager wird ein minimaler und maximaler monetärer Wert berechnet, diese Werte sind in der Tabelle 6-41 zusammengefasst. Es wird der Schrottpreis für Fe-Abfälle von 110 €/t herangezogen.

Tabelle 6-41: Lagerabschätzung für Eisen und Stahl für das Jahr 2003 inkl. minimaler und maximaler monetärer Bewertung

Prozess	Eisen und Stahl Lagerabschätzung 2003 [t]		Monetäre Bewertung	
	Min	Max	Minimalannahme mit Schrottpreis (Kranner) und Min. Annahme (110 €/t)	Rohstoffpreis, mit Maximalwerten (475 €/t)
Private Haushalte	2.650.000	10.600.000	291.500	503.500.000
Sonstige Branchen	9.700.000	155.200.000	1.067.000.000	73.720.000.000

Prozess	Eisen und Stahl Lagerabschätzung 2003 [t]		Monetäre Bewertung	
	Min	Max	Minimalannahme mit Schrottpreis (Kraner) und Min. Annahme (110 €/t)	Rohstoffpreis, mit Maximalwerten (475 €/t)
Anthropogenes Lager		44.000.000	1.067.291.500	74.223.500.000

Der Gegenwert der gesamten Lagermenge von 44.000.000 t Fe/Stahl in der Anthroposphäre kann mit 4,8 bis 20,9 Mrd. EUR angenommen werden.

6.3.7 Dynamische Vorhaltdauer

Österreich ist mit dem Steirischen Erzberg in Besitz einer aktiven Abbaustelle für Eisenerz. 2012 wurden am Steirischen Erzberg 2,2 Mio. t Eisenerz abgebaut. Insgesamt lagern 140 Mio. t Siderit (Eisenkarbonat) am Standort. Bis 2020 werden die wirtschaftlich nutzbaren Lagerstätten erschöpft sein [VA Erzberg GmbH, 2013].).

Die globalen Reserven von Eisenerz belaufen sich gemäß USGS auf mehr als 800 Mrd. t mit einem Eisenanteil von 230 Mrd. t ([U.S. Geological Survey, 2012]. Weltweit wird pro Jahr eine Menge von 2,4 Mrd. t Eisenerz abgebaut mit einem Roheisenanteil von ca. 1,1 Mrd. t [Wirtschaftsvereinigung Stahl, 2013]). Ausgehend von diesen Statistiken ergibt sich eine Vorhaltdauer von Eisen von ca. 200 Jahren.

6.4 Aluminiumhaushalt Österreich

6.4.1 Einleitung

Ausgangslage der vorliegenden Untersuchung ist die für 2003 durchgeführte Stoffflussanalyse von Al im Rahmen des Projekts RALLES ("Verknüpfung Rohstofflager - anthropogene Lager - letzte Senken"²⁵). Darin werden mit Hilfe der Methode der Stoffflussanalyse (siehe Kapitel 3.2) sind die relevanten Güter, Prozesse und Lager identifiziert, die für die Beschreibung des Al-Haushaltes Österreichs von Bedeutung sind. Diese werden zusammenfassend in den folgenden Kapiteln beschrieben.

6.4.2 Systemdefinition

Der Al-Haushalt Österreichs umfasst den Weg des importierten und rezyklierten Al von der reinen Sekundärproduktion über die Herstellung von Rohprodukten und Gütern bis hin zum Konsum Al-haltiger Güter und deren Entsorgung am Ende der Lebensdauer. Berücksichtigung findet des Weiteren die Rückführung von Al-Schrotten in die Sekundärproduktion sowie die Exporte von Rohprodukten, Gütern und Al-haltigen Abfällen. Das Bilanzjahr ist, soweit Daten verfügbar sind, das Jahr 2003.

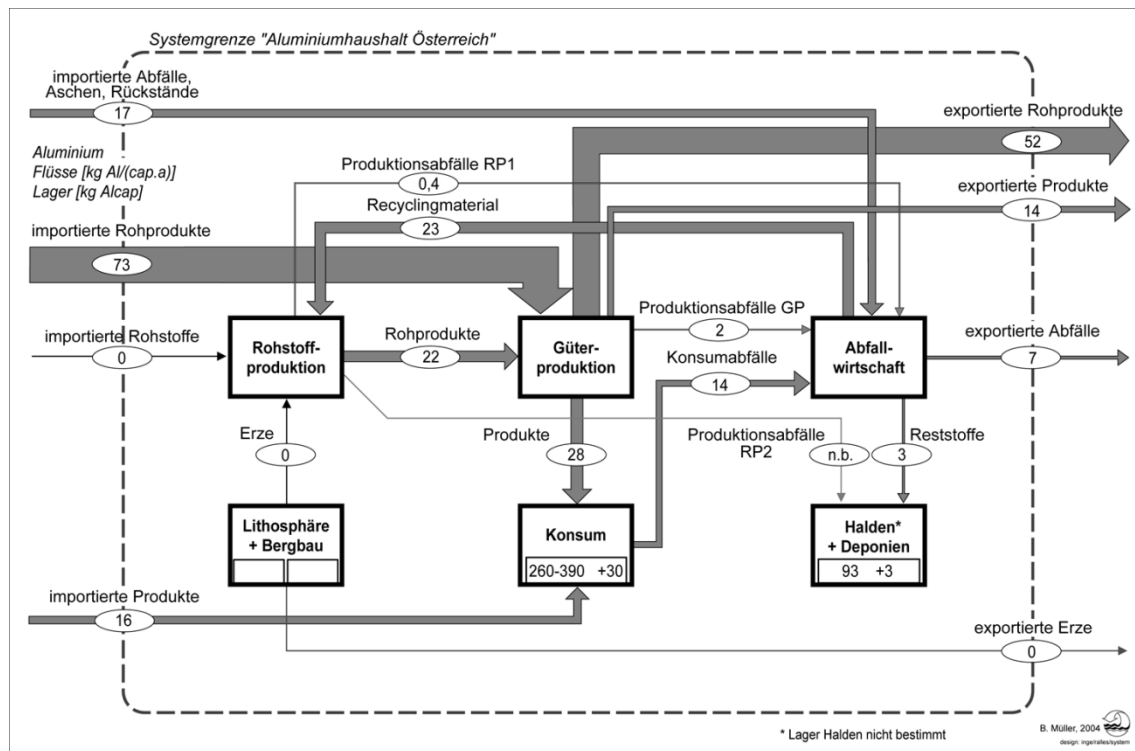


Abbildung 6-9: Al-Haushalt Österreichs (in kg Al pro Einwohner und Jahr); Bilanzungenauigkeiten sind auf gerundete Werte zurückzuführen²⁶

²⁵ [Döberl et al., 2005]

²⁶ Döberl et al., 2005

6.4.3 Aluminiumhaltige Güter und Waren²⁷

Zur Bestimmung der Flüsse werden in einem ersten Schritt auf Grundlage der Außenhandelsstatistik die relevanten Al enthaltenden Gütergruppen erhoben:

- Al und Waren daraus (KN 76)²⁸
- Büro- und EDV-Maschinen (SITC²⁹ 75)
- Nachrichtengeräte (SITC 76)
- Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g. (SITC 77)
- Haushaltsgeräte (SITC 775)
- PKW, einschl. Kombi (SITC 781)
- LKW, Spezial-Kraftfahrzeuge (SITC 782)
- Straßenfahrzeuge a.n.g. (SITC 783)
- Kraftfahrzeuge-Teile und Zubehör (SITC 784)
- Schienenfahrzeuge (SITC 791)
- Wasserfahrzeuge u.ä. (SITC 793)
- Aschen und Rückstände, überwiegend Al enthaltend (KN 26)

Sofern keine andere Angabe im Text erfolgt, werden die Al-Konzentrationen wie folgt festgelegt:

Für folgende Waren (KN 76) wird die Al-Konzentration mit 99 % festgelegt

- Al in Rohform
- Halbzeug und Rohprodukte (Stangen, Stäbe etc.)
- Waren wie Behälter, Nägel, Drähte, Folien etc. aus Al
- Haushaltsartikel, Hauswirtschaftsartikel, Sanitär-, Hygiene- oder Toilettenartikel aus Al

Al-Legierungen:

Die durchschnittlichen Zusammensetzungen von Al-Legierungen nach ÖNORM (M3429, bzw. M3430) sind in Tabelle 6-42 dargestellt. Sofern in der Datenquelle keine Bezeichnung der Legierung angegeben ist, wird ein Durchschnittswert des Al-Gehaltes von 92 % verwendet.

²⁷ Kombinierte Nomenklatur 2013 - Kapitel 76, 1.1 Aluminium und Waren daraus

Quelle: <http://www.aussenhandel.biz/wn/2013/76>

²⁸ Die Kombinierte Nomenklatur (KN) ist eine EG-einheitliche achtstellige Warenomenklatur für den Außenhandel im Rahmen der Gemeinsamen Handelspolitik, im Besonderen den Gemeinsamen Zolltarif, sowie die Statistik seitens Eurostats und der nationalen statistischen Ämter.

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Kombinierte_Nomenklatur

²⁹ SITC: Internationales Warenverzeichnis für den Außenhandel (Standard International Trade Classification). Dient der Einordnung von Gütern im Rahmen der Außenhandelsstatistik.

Tabelle 6-42: Zusammensetzung von Aluminiumlegierungen in % der Masse³⁰

	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Ni	Pb	Sn	Cr	Bi/ V/ Zr
Gusslegierungen	87	5- 13,5	0,3- 1	0,1- 4,5	0- 0,5	0,1- 1,3	0- 1	0,15- 0,2	0- 1,3	0- 0,3	0- 0,3	0	0
Gusslegierungen mit hohen Festigkeiten	93	0,12- 10	0,12- 0,3	0,05- 4,9	0,05- 1	0,03- 1	0,03- 0,3	0,03- 0,3	0	0	0	0- 0,15	0
Gusslegierungen- korrosionsbest. und/oder anodisierbar	93	0,3-6	0,3- 0,8	0,03- 0,05	0-0,5	0,4- 7,5	0,1	0- 0,2	0	0	0	0	0
Knetlegierungen	95	0,06- 0,8	0,08- 1	0- 6	0- 1,5	0- 5,6	0,05- 6,1	0- 0,2	0	0- 0,6	0	0- 0,35	0- 0,2 5
Desoxidations-Al	97,5	n.b.											

Sonstige Güter:

- Folien und Bänder aus Al, auf Unterlage (KN 76): 50 % Al
- Abfälle und Schrott aus Al (KN 76; ÖPRODCOM 27.42.32.00): 90 % Al
- Aschen und Rückstände, überwiegend Al enthaltend (KN 26): 60 % Al
- Büro- und EDV-Maschinen (SITC 75): 4,9 % Al³¹
- Nachrichtengeräte (SITC 76): 4,9 % Al³²
- Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g. (SITC 77): 4,9 % Al³³
- Straßenfahrzeuge (SITC 781-784): 9 % Al³⁴
- Schienenfahrzeuge (SITC 791): 9 % Al
- Wasserverkehrsmittel u.ä. (SITC 793): 9 % Al

Eine Verknüpfung der Massenflüsse der Außenhandelsstatistik mit den Konzentrationen ergibt folgende Al-Flüsse:

³⁰ Durchschnittswerte, bzw. min. und max. Werte; verändert aus [Datta, 2002]

³¹ [Morf & Taverna, 2004]

³² [Morf & Taverna, 2004]

³³ [Morf & Taverna, 2004]

³⁴ Der Al-Gehalt sämtlicher Fahrzeuge wurde hochgerechnet aus [International Aluminium Institute, 2001]; [Hadley et al., 2000]; [Vaporean, 2001] und [Dahlström et al., 2004];

Tabelle 6-43: Zusammenfassung der berechneten Aluminiumflüsse aus Daten der österreichischen Außenhandelsstatistik³⁵

Außenhandel gesamt	Import	Export	Import	Export
	[t Al]	[t Al]	[kg Al/cap]	[kg Al/cap]
Al in Rohform	310.029	96.207	39	12
Al und Waren daraus (Außenhandel KN 76)	270.840	318.202	34	40
Al und Waren daraus (Außenhandel KN 76) - Abfälle	124.017	47.183	16	5,9
Maschinen und Fahrzeuge (Außenhandel SITC 7)	131.312	109.195	16	14
Summe	836.198	570.787	105	71

6.4.4 Relevante Prozesse in der Aluminiumbilanz

Im Folgenden wird die Datenerfassung für die betrachteten Al-Flüsse, geordnet nach Prozessen, im Detail erläutert. Prozesse, die in Österreich mangels vorhandener Primärproduktion nicht relevant sind (Bergbau, Halden), werden nicht besprochen.

Die Beschreibung der Prozesse ist dem Projekt RALLES³⁶ entnommen.

6.4.4.1 Rohstoffproduktion

In Österreich findet ausschließlich eine Produktion von Sekundär-Al und Verarbeitung von Al in entsprechenden Guss-, Walz- und Presswerken statt.

Die österreichische Sekundärproduktion aus Al-Schrott lag zu Zeiten des Projekts RALLES zwischen 150.000 und 190.000 t³⁷. Die Erzeugung von Sekundär-Al untergliederte sich in die Schrottvorbehandlung, wie Sortierung und Aufbereitung in Shredderanlagen und in den Schmelzprozess. In Österreich sind 6 Shredderanlagen in Betrieb³⁸.

Die Sekundärschmelzwerke unterscheidet man nach Al-Schmelzhütten (Refiner), die vorwiegend Sammelschrotte zu Gusslegierungen und Desoxidations-Al verarbeiten, und Umschmelzwerke (Remelter), die nur Knetlegierungen aus sortenreinem Schrott herstellen.

Die Sekundärproduktion der österreichischen Schmelzwerke, die zur Berechnung des Flusses „Rohprodukte“ herangezogen wird, beträgt 178.000 t Al pro Jahr³⁹.

Bei der Sekundärproduktion fallen als Produktionsabfälle neben Salzschlacke, Ofenausbruch, Krätze und Filterstaub an. Deren Gesamtmasse beträgt etwa 3.000 t Al pro Jahr⁴⁰.

In Tabelle 6-44 ist eine Zusammenfassung der Stoffflüsse im Prozess „Rohstoffproduktion“ ersichtlich.

³⁵ [Statistik Austria, 2004a]

³⁶ Döberl et al., 2004,

³⁷ Boin et al., 2000, Newman, 2002,

³⁸ Pilz et al., 2003,

³⁹ berechnet aus [Boin et al., 2000]

⁴⁰ berechnet aus [Boin et al., 2000]

Tabelle 6-44: Zusammenfassung der Aluminiumflüsse im Prozess Rohstoffproduktion⁴¹

Rohstoffproduktion				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohstoffe	-	Rohstoffproduktion
	Lithosphäre + Bergbau	Erze	-	Rohstoffproduktion
	Abfallwirtschaft	Recyclingmaterial	181	Rohstoffproduktion
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Rohstoffproduktion	Rohprodukte	178	Güterproduktion
	Rohstoffproduktion	Produktionsabfälle RP1	3	Abfallwirtschaft
	Rohstoffproduktion	Produktionsabfälle RP2	n.b.	Halden + Deponien

6.4.4.2 Güterproduktion

Die Materialflüsse „importierte Rohprodukte“, „exportierte Rohprodukte“, „importierte Produkte“ und „exportierte Produkte“ werden der Außenhandelsstatistik⁴² entnommen. Da der Anteil, der in Österreich produzierten Rohprodukten am Export aus vorhandenen Datenquellen nicht eruiert war, wird der Materialfluss „exportierte Rohprodukte“ als Output der Güterproduktion dargestellt. In den Rohprodukten sind Al in Rohform und Produkte, bzw. Teile davon mit hohem Gehalt an Al enthalten. Der Fluss „exportierte Produkte“ beinhaltet Waren mit geringeren Al-Konzentrationen (unter 10 %).

Die Daten für die Berechnung des Flusses „Produktionsabfälle GP“ werden der Konjunkturstatistik 2003 (Statistik Austria, 2004; ÖPRODCOM 27.42.32.00 Abfälle und Schrott aus Al) entnommen.

Der Materialfluss „Produkte“ (= produzierte Güter) ergibt sich aus der Bilanzgleichung des Prozesses (siehe Tabelle 6-45).

Tabelle 6-45: Zusammenfassung der Aluminiumflüsse im Prozess Güterproduktion

Güterproduktion				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohprodukte	581	Güterproduktion
	Rohstoffproduktion	Rohprodukte	178	Güterproduktion
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Güterproduktion	Produkte	222	Konsum
	Güterproduktion	Produktionsabfälle GP	13	Abfallwirtschaft
	Rohstoffproduktion	exportierte Rohprodukte	414	Prozess außerhalb des Systems
	Güterproduktion	exportierte Produkte	109	Prozess außerhalb des Systems

⁴¹ Das bekannte geogene Lager an Al in Österreich beträgt 32,2 Mio. t.

⁴² Statistik Austria, 2004a

6.4.4.3 Konsum

MATERIALFLÜSSE IM KONSUMBEREICH

Der Materialfluss „importierte Produkte“ wird aus der Außenhandelsstatistik⁴³ berechnet und enthält Waren mit geringem Anteil an Al (unter 10 %). Die Masse an konsumiertem Al beläuft sich auf ca. 350.000 t/Jahr, bzw. 44 kg/Kopf und Jahr.

Für den Fluss „Konsumabfälle“ werden Daten über die verschiedenen Fraktionen der Abfallwirtschaft verwendet. Da die gesamten Konsumabfälle laut Tabelle 6-46 in Relation zum Konsuminput sehr gering ausfallen, ist anzunehmen, dass in dieser Berechnung nicht alle Konsumabfälle erfasst werden. Darüber hinaus ergeben sich systemimmanent bei der Bilanzierung des Prozesses Abfallwirtschaft fehlende Inputs. Es wurde die Annahme getroffen, dass diese fehlenden Abfallmengen den Konsumabfällen hinzuzuschlagen sind.

Tabelle 6-46: Berechnung des jährlichen Konsumabfallaufkommens⁴⁴

Konsumabfälle	[t]	Al-Anteil [%]	[t Al]	Quelle Abfallaufkommen
E-Schrott	100.000	4,9	4.900	Truttmann et al., 2005
Kraftfahrzeuge	150.000	9	13.500	BMLFUW, 2001
Restmüll (1999)			16.100	Daxbeck et al., 2000
Baurestmassen (ohne Bodenaushub und in situ rückgeführte Materialien)	14.800.000	0,05	7.400	BMLFUW, 2001; Al-Anteil: Vogel-Lahner, 2003
Verpackungen (ARA-System)	2.750	99	2.723	Daxbeck et al., 2000
Getränkeverbundkartons (ARA-System)	17.500	3	525	Aufkommen und Al-Anteil: Daxbeck et al., 2000
Sperrmüll	219.000	0,1	219	BMLFUW, 2001; Al-Anteil: eigene Abschätzung
Summe			45.367	
Fehlende Abfallmengen im Prozess Abfallwirtschaft			66.691	

Der Lagerzuwachs im Prozess Konsum errechnet sich aus der Bilanzgleichung. Eine Zusammenfassung der Konsumflüsse ist in Tabelle 6-50 ersichtlich.

KONSUMLAGER

Bedeutende Al-Lager treten in der Anthroposphäre sowohl in Immobilien und Mobilien als auch in Deponien und Bergbauhalden auf. Im Allgemeinen handelt es sich bei den Lagern in Immobilien um „Langzeitlager“, während in den Mobilien die Umsatzraten höher sind („Kurzzeitlager“).

⁴³ Statistik Austria, 2004c

⁴⁴ Falls nicht anders angegeben, werden die Quellen für Al-Anteile wie in Kapitel 6.4.4.1. verwendet

Im Bereich der Immobilien sind für das Al-Lager vor allem die Gebäudeinfrastruktur, und in geringerem Ausmaß die so genannte Netzinfrastruktur (Elektrizitäts-, und Transportnetze) von Bedeutung.

Immobilien - Gebäudeinfrastruktur

Al wird seit den 1960er Jahren im Hochbau in Form von Fassadenverkleidungen, Fensterprofilen und Türrahmen verwendet. Zur Gebäudeinfrastruktur des Hochbaus zählen die Gebäude privater Haushalte (PHH) sowie sämtliche Gebäude aus den Sektoren Industrie, Gewerbe und Dienstleistung (IGDL). Das gegenwärtige Lager liegt bei ca. 800.000 t⁴⁵.

Immobilien - Netzinfrastruktur

Die enthaltenden Al-Mengen in Stromleitungen und Straßeninfrastruktur werden der Studie von Vogel-Lahner (2003) entnommen. Bei der Straßeninfrastruktur sind Autobahnen, Bundes- und Landesstrassen sowie Brücken beinhaltet.

Das im Eisenbahnnetz enthaltene Al basiert auf Angaben der ÖBB AG und Statistik Austria (2005). Al ist in der Verstärkungsleitung, im Erdrückleiter, sowie in Druck-, Trag- und Strebenrohren enthalten. Die Länge des elektrisch betriebenen österreichischen Eisenbahnnetzes (öffentlich und privat) beträgt etwa 3.800 km. Die Gesamtlänge des Straßenbahnnetzes in den Städten Wien, Graz, Linz und Innsbruck beläuft sich auf ca. 350 km. In der gesamten Netzinfrastruktur sind sohin ca. 360.000 t Al (s.d. Tabelle 7-8) enthalten.

Tabelle 6-47: Anthropogenes österreichisches Aluminiumlager in Netzwerken

Netzwerke		Masse [t]	Al-Gehalt [%]	Al-Lager [t]	Al-Lager [kg/cap]
Stromleitungen ⁴⁶		6.800.000	2,50	170.000	21
Straßeninfrastruktur		1.406.261.300	0,004	56.250	7
Bahn ⁴⁷	Al-Litzen in Leitungen	565	95	537	0,07
	Rohre	144.367	95	137.149	17
Summe				363.936	45

Das gesamte Al-Lager im Bereich der Gebäude und Netzwerke beträgt somit ca. 1,1 Mio. t oder 142 kg/Einwohner.

Mobilien/Konsumgüter länger als 1 Jahr in Gebrauch

Für die Bestimmung des Al-Lagers im Bereich Mobilien und Konsumgüter mit einer Lebensdauer länger als ein Jahr werden zum überwiegenden Teil Kraftfahrzeuge⁴⁸ und in geringerem Ausmaß Elektrogeräte sowie Möbel definiert. Das in Elektrogeräten und Möbel enthaltene Al-Lager wird jährlich über die anfallenden Mengen an Elektroaltgeräten und Sperrmüll

⁴⁵ Vogel-Lahner, 2003

⁴⁶ [Stark et al., 2003]

⁴⁷ Bahnlänge: [Statistik Austria, 2005]; Leitungen und Rohre: [ÖBB, 2005]

⁴⁸ Daten über den Bestand an Fahrzeugen werden der Statistik Austria (2004) entnommen.

und anhand der durchschnittlichen Nutzungsdauer dieser Mobilien und Konsumgüter berechnet. Darüber hinausgehend werden Geräte und Einrichtungen des Bausektors miteinbezogen⁴⁹. Tabelle 6-48 zeigt die ungefähren Schätzungen für diese Mobilien- und Konsumgüter. Das gesamte Al-Lager im Bereich der Mobilien und Konsumgüter beträgt ca. 0,9 Mio. t oder 114 kg/Kopf. Aufgrund mangelnder Datentransparenz von Gerätschaften aus Gewerbe und Industrie ist anzunehmen, dass das Mobilienlager etwas unterschätzt wird.

Tabelle 6-48: Anthropogenes, österreichisches Aluminiumlager in Mobilien⁵⁰

Mobilien	Stück	Masse [t]	Al-Lager [t]	Al-Lager [kg/cap]
PKW/Kombi	3.873.574	5.035.646	453.208	57
LKW	326.087	2.445.653	220.109	28
Triebfahrzeuge	1.524	121.920	6.096	1
Zugmaschinen	439.637	2.637.822	131.891	16
Anhänger	566.866	283.433	25.509	3
Geräte- und Baustelleneinrichtungen (ohne LKWs)		435.926	21.796	3
E-Schrott		100.000	49.000	6
Sperrmüll		219.000	4.380	1
Summe			911.989	114

Alternative Berechnungsmethode für das Aluminiumlager im Prozess „Konsum“ und „langlebige Konsumgüter“

Anhand von Abschätzungen über den durchschnittlichen „pro Kopf“ Verbrauch an Al, des Anteils der verschiedenen Al-haltigen Güter am Gesamtverbrauch und deren Lebensdauer besteht die Möglichkeit das gegenwärtige Konsumlager zu bewerten. Der durchschnittliche Verbrauch an Al in Österreich beträgt 30 kg/Kopf und Jahr⁵¹. Der Verbrauch stieg in Westeuropa in den letzten 35 Jahren um ca. 60 % an. Für die Berechnung des Lagers wird der gleiche Veränderungsanstieg der Al-Verwendung für Österreich angenommen. Darüber hinaus wird ein linearer Anstieg, gleichmäßig verteilt auf alle Sektoren verwendet. Die Ergebnisse

⁴⁹ Vogel-Lahner, 2003,;

⁵⁰ **Datenquellen:**

Kraftfahrzeuge, LKW, Triebfz., Zugmaschinen, Anhänger: Anzahl: [Statistik Austria, 2005]; durchschnittliche Masse: [Graedel et al., 2002] und eigene Annahmen; Al-Gehalt: hochgerechnet aus [International Aluminium Institute, 2001], [Hadley et al., 2000], [Vaporean, 2001] und [Dahlström et al., 2004]; (PKW, LKW, Anhänge: 9 %, übrige: 5 %); Geräte- und Baustelleneinrichtungen: Masse: [Stark et al., 2003]; Al-Gehalt: 5 %, eigene Annahme

E-Schrott: Masse: [Truttmann et al., 2005]; Al-Gehalt: [Morf & Taverna, 2004]; Lebensdauer: 10 Jahre, eigene Annahme; Sperrmüll: Masse: [BMLFUW, 2001]; Al-Gehalt: eigene Annahme; Lebensdauer: 20 Jahre, eigene Annahme

⁵¹ European Aluminium Association, 2003; International Aluminium Institute, 2001

der Berechnungen sind in Tabelle 6-49 dargestellt. Abbildung 6-10 zeigt die gegenwärtige Verteilung des Konsums in Europa zwischen den verschiedenen Sektoren.

Tabelle 6-49: Aluminiumlager im Prozess Konsum und langlebige Konsumgüter nach Sektoren

	Lebensdauer [Jahre]	Lager [t Al]	Lager [kg/cap]
Transport	15	1.002.077	125
Bauwesen	35	1.546.061	193
Elektrotechnik	10	306.025	38
Sonstige	20	281.834	35
Gesamt		3.135.997	392

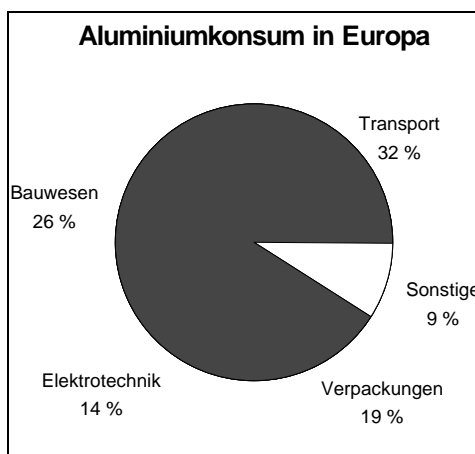


Abbildung 6-10: Aluminiumkonsum nach Sektoren⁵²

Aufgrund der beiden Berechnungen ist anzunehmen, dass das tatsächliche Konsumlager zwischen 2 und 3 Mio. t, bzw. 260 und 390 kg/Kopf liegt (siehe Tabelle 6-50).

⁵² European Aluminium Association, 2003

Tabelle 6-50: Zusammenfassung der Aluminiumflüsse und –lager im Prozess Konsum

Konsum				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
		Güterproduktion	Produkte	222
	Prozesse außerhalb des Systems	importierte Produkte	131	Konsum
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Konsum	Konsumabfälle	112	Abfallwirtschaft
Lager	Bestand, Input, Output		Masse [1.000 t]	
		LAGERBESTAND BEGINN	2.050 - 3.100	
		LAGERINPUT	353	
		LAGEROUTPUT	112	
		LAGERVERÄNDERUNG	241	
		LAGERBESTAND ENDE	2.291 - 3.341	

6.4.4.4 Abfall und Abwasserwirtschaft

Die Materialflüsse „importierte Abfälle“ und „exportierte Abfälle“ werden aus der Außenhandelsstatistik errechnet. Die Hauptmenge der Reststoffe⁵³ setzt sich aus Al im Restmüll zusammen. Da es in Österreich zurzeit keine Primäraluminiumproduktion gibt, gibt es keinen Lagerzuwachs in Halden.

Eine Zusammenfassung der Flüsse ist in Tabelle 6-51 dargestellt.

Tabelle 6-51: Zusammenfassung der Aluminiumflüsse im Prozess Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft					
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess	
		Prozesse außerhalb des Systems	importierte Abfälle	133	Abfallwirtschaft
		Rohstoffproduktion	Produktionsabfälle RP1	3	Abfallwirtschaft
		Güterproduktion	Produktionsabfälle GP	13	Abfallwirtschaft
	Konsum	Konsumabfälle	112	Abfallwirtschaft	
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess	
	Abfallwirtschaft	Recyclingmaterial	181	Rohstoffproduktion	
	Abfallwirtschaft	Reststoffe	27	Halden + Deponien	
	Abfallwirtschaft	exportierte Abfälle	53	Prozess außerhalb des Systems	

6.4.4.5 Halden und Deponien

Der bestehende Lagerbestand in den historischen Halden wurde/wird nicht mehr erhoben.

Der Lagerbestand in Deponien beträgt ca. 740.000 t, bzw. 93 kg/Kopf⁵⁴ (siehe Tabelle 7-13).

⁵³ Die Daten für den Fluss „Reststoffe“ (in den Prozess Deponie) werden aus Pilz et al. (2003) entnommen

⁵⁴ Pilz et al., (2003),;

Tabelle 6-52: Zusammenfassung der Aluminiumflüsse- und lager im Prozess Deponien

Halden + Deponien					
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess	
		Rohstoffproduktion	Produktionsabfälle RP2	n.b.	Halden + Deponien
		Abfallwirtschaft	Reststoffe	27	Halden + Deponien
Lager Halden	Bestand, Input, Output		Masse [1.000 t]		
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.		
		LAGERINPUT	n.b.		
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.		
Lager Deponie	Bestand, Input, Output		Masse [1.000 t]		
		LAGERBESTAND BEGINN	740		
		LAGERINPUT	27		
		LAGERBESTAND ENDE	767		

6.4.5 Aluminiumhaushalt Österreich

Abbildung 6-9 zeigt die Al-Flüsse und –lager in Österreich im Bezugsjahr 2003. Da es in Österreich keine Rohstoff herstellenden Betriebe gibt, konzentrieren sich die wichtigsten Massenflüsse um den Stoffprozess Güterproduktion. Insgesamt stellen Importe und Exporte die größten Materialflüsse dar.

In Österreich wird der Bedarf an Al zu ca. 30 % von Sekundär-Al gedeckt⁵⁵. Betrachtet man die Inputs der Güterproduktion, stellen die Rohprodukte aus österreichischer Sekundärproduktion einen Anteil von ca. 24 % dar. Unter der Annahme, dass sämtliche Rohprodukte aus österreichischem Recycling in Österreich konsumiert werden und die Verluste der Güterproduktion zu vernachlässigen sind, würde der Anteil des inländisch produzierten Sekundär-Al 50 % des Konsums betragen. Zu beachten ist jedoch, dass mehr als die Hälfte der Inputs in die Abfallwirtschaft aus importierten Abfällen besteht.

6.4.5.1 Aluminiumlager in Österreich

Aufgrund der guten Recycling- und Wiederverwendungseigenschaften von Al könnte theoretisch die Hälfte des österreichischen Bedarfs an eigener Sekundärproduktion gedeckt werden. Jedoch wird zurzeit in Österreich beinahe 3-mal so viel an Al verbraucht, wie gleichzeitig in die Abfallwirtschaft gelangt. Daraus ergibt sich folglich der Aufbau eines großen Al-Lagers im Konsumbereich. Das gesamte Lager beträgt zurzeit ca. 2,8 Mio. t.

Tabelle 6-53 zeigt die Zusammensetzung des Al-Lagers. Das größte Lager befindet sich in Kraftfahrzeugen mit ca. 840.000 t. und in Gebäuden mit ca. 780.000 t. Für die Aufteilung auf die verschiedenen Kategorien wurde die alternative Berechnung gemäß Kapitel 6.4.4.3 nicht verwendet, da keine Aufteilung auf Kategorien zur Verfügung stand.

Tabelle 6-53: Aluminiumlager Österreichs 2003 – inkl. prozentueller Aufteilung des gesamten Lagers und die Verteilung innerhalb der Kategorien

Al – Lager	Lagerabschätzung 2003 [t]	Prozentueller Anteil am Gesamtlager	Prozentueller Anteil innerhalb der Kategorie

⁵⁵ Kammer, 2002/

Al-Fassaden	?		
Fensterprofile	?		
Türrahmen	?		
Einsatzgebiet Gebäude	780.000	28%	
Stromleitungen	170.000	6%	47%
Bahn	138.000	5%	38%
Straßeninfrastruktur	56.000	2%	15%
Einsatzgebiet Netzwerke	364.000	13%	
PKW, LKW, Triebfahrzeuge und Zugmaschinen	837.000	30%	92%
Geräte und Baustellen- einrichtung	22.000	1%	2%
Elektrogeräte	49.000	2%	5%
Möbel	4.000	0,1%	0,4%
Einsatzgebiet langlebige Konsumgüter	912.000	33%	
Deponie	740.000	26%	
Lager insgesamt	2.800.000	100%	

Die in Tabelle 6-53 genannten Güter sind für den Al-Verbrauch in den Kategorien hauptverantwortlich. Sie zeigen die relevanten Einsatzgebiete für die Veränderung des Al-Lagers. Im Gebäude ist Al in Fassaden, Fensterprofilen und Türrahmen verbaut. Die genaue Aufteilung ist nicht bekannt. Stromleitungen weisen im Infrastrukturbereich den größten Einsatz aus bzw. Fahrzeuge bei den langlebigen Konsumgütern.

6.4.5.2 Veränderungen des Aluminiumlagers in Österreich

Das anthropogene Al-Lager ist nicht im Fließgleichgewicht, es wächst jährlich um 8 - 12 %. Der Einsatz langlebiger Güter hat einen Lageraufbau in der Anthroposphäre zur Folge. Damit werden große Mengen des Al für Jahre bis Jahrzehnte in den langlebigen Konsumgütern und in den Gebäude- und Netzwerklagern gebunden. Eine Bewirtschaftung dieser Lager ist notwendig, um auch langfristig das Ziel der Ressourcenschonung zu erreichen. Der Al-Haushalt Österreich zeigt, dass die Ressource Al äußerst effizient genutzt wird. Von dem in die Abfallwirtschaft gelangenden Al gelangen 90 % in diverse Recyclingprozesse im Inland als auch im Ausland. Rund 10 % des Al wird auf Deponien abgelagert und wird somit auch einem zukünftigen Recycling entzogen.

6.4.6 Monetäre Bewertung des Aluminiumlagers in Österreich

Der gegenwertige Marktpreis von Al liegt bei ca. 1.400 EUR/t. Angaben basieren auf einem Tageskurs für Al von 1.812 USD/t⁵⁶. Daraus errechnet sich bei einem Lager von knapp 2.800.000 t Al, welche in der Anthroposphäre Österreichs gespeichert sind, eine volkswirtschaftlicher Wert von rund 4 Mrd. EUR.

Durch den Export von Al-Schrotten gehen der österreichischen Wirtschaft ein Teil der Wertschöpfung welche durch die Aufbereitung und Wiederverwendung erzielt werden könnte verloren, dieser Anteil ist mit den vorhandenen Statistiken nicht gesichert zu berechnen.

In der Tabelle 6-54 und Tabelle 6-55 sind die Preise für Al-Schrotte von unterschiedlichen Quellen angegeben. Diese Preise sind tagesabhängig und dienen daher nur als Richtwert. Das Lager lässt sich unter der vorliegenden Datenlage nicht näher spezifizieren. Es werden je Fraktion unterschiedliche Preise für Al-haltige Abfälle gezahlt, die monetäre Bewertung ist nur eine grobe Abschätzung und dient als Vergleichswert.

Tabelle 6-54: Preise für Al-Schrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 1

Aluminiumhaltiger Abfall	Preis [€/kg]
Quelle: Steeldeal B.V. Klipperweg 24 6222 PC Maastricht Niederlande http://www.moers-schrott.de/metallhandel/kupferschrott/	Stand: 30.06.2013
Felgen	€ 1,16
Profile	€ 1,25
Geschirr	€ 0,90

⁵⁶ <http://www.finanzen.net/rohstoffe/aluminiumpreis>, 5. Juli 2013

Tabelle 6-55: Preise für Al-Schrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 2

Aluminiumhaltiger Abfall	Preis [€/kg]
Quelle: Altmetallhandel Markus Außerwöger Höhenstrasse 31 4111 Walding http://www.alt-tra.at/preisliste%20metall.pdf	Stand: 30.06.2013
Gemischt	€ 0,60
Gussteile	€ 0,55
Felgen	€ 0,80
Bleche	€ 0,70

Für die Berechnung des Lagerwertes wird ein Schrottpreis für Al-Abfälle von 600 EUR/t herangezogen. Daraus errechnet sich bei einem Lager von knapp 2.800.000 t Al, welche in der Anthroposphäre Österreichs gespeichert sind, ein volkswirtschaftlicher Wert von rund 1,65 Mrd. EUR.

Der Gegenwert der gesamten Lagermenge von 2.800.000 t Al in der Anthroposphäre kann somit mit 1,65 bis 4 Mrd. EUR angenommen werden.

6.4.7 Dynamische Vorhaltdauer

Im Jahr 2011 lagen die weltweiten Bauxitreserven bei 28.000 Millionen Tonnen, die weltweiten Ressourcen bei 65.000 Millionen Tonnen bei einer Förderung von 259 Millionen Tonnen⁵⁷. Die statische Vorhaltdauer reicht somit für die Reserven bis ins Jahr 2119, für Reserven und Ressourcen bis ins Jahr 2370. Die dynamische Vorhaltdauer reicht unter der Voraussetzung eines jährlichen Wachstums von 5% für die Reserven bis ins Jahr 2048, für Reserven und Ressourcen bis ins Jahr 2071.

⁵⁷ USGS (2013)

6.5 Kupferhaushalt Österreich

6.5.1 Einleitung

Ausgangslage der vorliegenden Untersuchung ist die 2006 durchgeführte Stoffflussanalyse „Projekt ABASG III – Kupfer“. Zusammenfassend werden die relevanten Maßnahmen und die davon betroffenen Güter, Prozesse und Lager identifiziert, die für die Beschreibung des Cu-Haushaltes Österreichs relevant sind.

6.5.2 Systemdefinition

Der Cu-Haushalt Österreichs umfasst den Weg des importierten und rezyklierten Cu von der Refinerie (reine Sekundärproduktion) über die Gießerei und Halbzeugfertigung sowie Güterproduktion, über den Konsum Cu-Haltiger Güter bis zu deren Entsorgung am Ende der Lebensdauer inklusive der Rückführung von Cu-Schrotten in die Sekundärproduktion. Das Bilanzjahr ist, soweit Daten verfügbar sind, das Jahr 2003.

Für das System „Cu-Haushalt Österreich“ werden **8 Prozesse** und **34 Güterflüsse** ausgewählt. Die Aufteilung ermöglicht es, die Massenflüsse und deren Lager in einzelnen Prozessen durch das System „Cu-Haushalt Österreich“ zu verfolgen und ihre Bedeutung in den einzelnen Prozessen zu beurteilen.

Jeder Prozess wird mit einem Kürzel versehen, das aus zwei Buchstaben besteht (GP = „Güterproduktion“; Ausnahme „Privater Haushalt – PHH“). Die Bezeichnung der Güterflüsse wird jeweils durch das Kürzel des Zielprozesses erweitert. Ausnahme sind Flüsse in bis aus der Abfallwirtschaft (AWS), die das Kürzel des Herkunftsprozesses aufweisen. Güterflüsse über die Systemgrenzen hinweg erhalten das Kürzel (IM) für Import oder (EX) für Export. Dadurch können alle Güterflüsse eindeutig bestimmt werden.

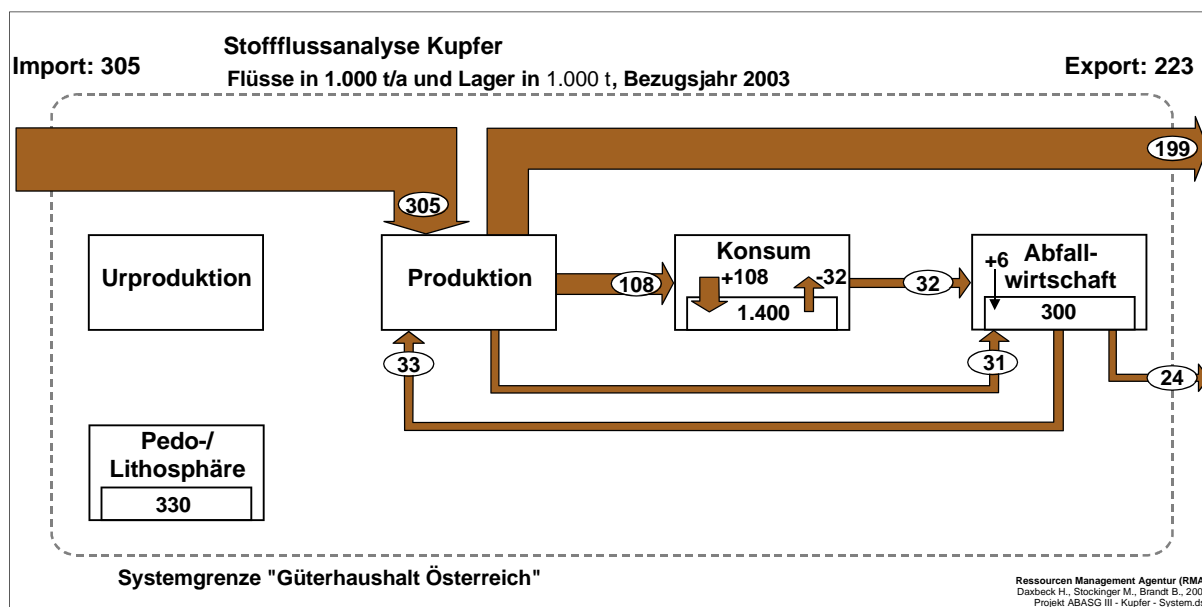


Abbildung 6-11: Kupferhaushalt Österreich [Daxbeck et al., 2006]⁵⁸

⁵⁸ Um die Lesbarkeit der Darstellung zu erhöhen, wurden die Zahlen gerundet.

6.5.3 Relevante kupferhaltige Güter

Die massenmäßig relevantesten Güter werden identifiziert⁵⁹:

- Importierter Cu-Schrott
- Rohre
- Litzen, Kabel, Seile
- Drähte
- Bleche
- Elektrische Leiter und Kabel
- Kraftfahrzeuge
- Elektro- und Elektronikgeräte

Die Cu-Schrotte sind im Prozess Raffination zu finden und deshalb relevant, da diese zu 80 % importiert und zu 20 % aus dem Inland entnommen werden. Der importierte Cu-Schrott besteht zum Großteil aus Abfällen und Schrott aus dem Ausland. Derzeit werden etwa 38 % des in die Abfallwirtschaft fließenden Cu (= Cu-Schrott) ins Ausland exportiert. Die oben genannten Güter Rohre, Litzen, Kabel, Seile, Drähte und Bleche werden dem Konsum (in privaten Haushalten und sonstigen Branchen) zugeordnet. Diese Güter sind deshalb mengenmäßig relevant, da sie in der Errichtung und Sanierung von Gebäuden (Hochbau) eingesetzt werden. Ein Bereich, der mit mehr als 50 % Anteil das Cu-Lager Österreich dominiert. Elektrische Leiter und Kabel werden nicht nur in Gebäuden verwendet, sondern ebenfalls im Bereich der Netzwerke (Elektrizität, Telekommunikation, Eisenbahn).

Langlebige Konsumgüter:

Die langlebigen Konsumgüter machen mit 20 % am österreichischen Lager nur einen geringeren Anteil des Cu-Haushalt Österreichs aus. Besonders Altkabel (60% Exportanteil), Elektroaltgeräte, und Altfahrzeuge sind vom Export betroffen. Hier besteht Potential, diese Ineffizienten durch die Verringerung des Exportaufkommens durch Recycling in Österreich zu verbessern und dadurch wieder dem Cu-Haushalt Österreichs zuzuführen.

6.5.4 Relevante kupferverarbeitende Prozesse

6.5.4.1 Urproduktion

In Österreich findet kein Cu-Bergbau (KB) und keine Cu-Verhüttung mehr statt. Das bekannte geogene Lager (d.h. das unter technisch-wirtschaftlichen Überlegungen abbaufähige Lagerstätten) an Cu in Österreich beträgt ca. 330.000 t Cu.

Die Bilanzierung des Prozesses „Cu-Bergbau“ ist in *Tabelle 6-56* dargestellt.

⁵⁹ Daxbeck et al., 2006

Tabelle 6-56: Bilanzierung des Prozesses „Cu-Bergbau“ (KB)

PROZESS KUPFERBERGBAU (KB)					
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
		KB	Kupfererze (RF)	RF	0
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		330.000	t
		LAGERINPUT		-	t
		LAGEROUTPUT		0	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND NEU		330.000	t

6.5.4.2 Produktion

Im Produktionssektor sind für den Cu-Haushalt Österreich drei Prozesse, nämlich die „Raffination“, die „Gießerei und Halbzeugfertigung“ und die „Güterproduktion“ von Bedeutung.

Raffination (RF)

Für die Cu-Gewinnung werden ausschließlich Cu-Schrotte verwendet. Das in der „Raffination“ eingesetzte Cu von 65.000 t wird zu 80 % importiert (52.000 t Cu). Der importierte Cu-Schrott stammt vor allem von Abfällen und Schrott aus raffiniertem Cu. 20 %, also 13.000 t, stammen aus der Rückführung von Cu-Schrotten über die inländische Abfallwirtschaft (AW) (Sekundärrohstoffhandel). Rezyklierte Cu-Schrotte in der „Raffination“ stammen zu 50 % aus Baurestmassen. Die restlichen 50 % entfallen auf Elektroaltgeräte, Alt-PKW's und die Altmetallsammlung.

Die Bilanzierung des Prozesses „Raffination“ wird in Tabelle 6-57 dargestellt.

Tabelle 6-57: Bilanzierung des Prozesses „Raffination“ (RF)

PROZESS RAFFINATION (RF)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	IM	Kupfererze (IM)	RF	0	t
	KB	Kupfererze (RF)	RF	0	t
	IM	Kupferschrotte (IM1)	RF	52.000	t
	AW	Kupferschrotte (RF)	RF	13.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	RF	Reinkupfer (GH)	GH	19.000	t
	RF	Reinkupfer (EX)	EX	46.000	t
	RF	Sandstrahlmittel (EX)	EX	160	t
	RF	Raffinationsabfälle (RF)	AW	40	t
	KV	Emissionen Atmosphäre (RF)	AT	0,76	t
	KV	Emissionen Pedo-/Hydrosphäre (RF)	PH	0	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		65.000	t
		LAGEROUTPUT		65.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND NEU		n.b.	t

Gießerei und Halbzeugfertigung (GH)

Der gesamte Umsatz der „Gießerei und Halbzeugfertigung“ beträgt jährlich 98.000 t Cu, wobei 30.000 t Rein-Cu (31 %) importiert werden (davon 28.000 t raffiniertes Cu, sohin Rohprodukt). Der Rest verteilt sich auf Cu-Zink Legierungen, Rohprodukt und 19.000 t Rein-Cu (19 %) die aus der „Raffination“ stammen. 10.000 t Cu (10 %) Cu-Halbzeuge werden von der „Gießerei und Halbzeugfertigung“ zur Weiterverarbeitung an die „Güterproduktion (GP)“ geliefert, 1.000 t Cu (1 %) kommen als Produktionsabfälle direkt aus der „Güterproduktion“ zurück. Der Großteil, 84.000 t (86 %) wird exportiert. Der Materialfluss besteht im Wesentlichen aus 26.000 t Cu-Rohre, 24.000 t Cu-Formate und der Rest entfällt auf Cu-Stangen, Cu-Drähte, Cu-Bleche und -bänder. In die „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ gelangen 4.000 t Cu-Abfälle (≈ 4 %).

Die Bilanzierung des Prozesses „Gießerei und Halbzeugfertigung“ wird in Tabelle 6-58 dargestellt.

Tabelle 6-58: Bilanzierung des Prozesses „Gießerei und Halbzeugfertigung“ (GH)

PROZESS GIESSEREI & HALBZEUGFERTIGUNG (GH)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	IM	Reinkupfer (IM)	GH	30.000	t
	RF	Reinkupfer (GH)	GH	19.000	t
	IM	Kupferschrotte (IM2)	GH	28.000	t
	AW	Kupferschrotte (GH)	GH	20.000	t
	RF	Produktionsabfälle (GP2)	GH	1.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	GH	Kupferhalbzeuge (GP)	GP	10.000	t
	GH	Kupferformate und -halbzeuge (EX)	EX	84.000	t
	GH	Produktionsabfälle (GH)	AW	4.000	t
	GH	Emissionen Atmosphäre (GH)	AT	n.b.	t
	GH	Emissionen Pedo-/Hydrosphäre (GH)	PH	n.b.	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		98.000	t
		LAGEROUTPUT		98.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND NEU		n.b.	t

Güterproduktion (GP)

Der Umsatz des Prozesses „Güterproduktion“ beläuft sich auf jährlich 205.000 t Cu, davon werden 195.000 t Cu importiert. Dies entspricht ungefähr 64 % der gesamten Cu-Importe. Den größten Importanteil stellt die Produktgruppe Drähte sowie elektrische Leiter und Kabel mit zusammen 110.000 t Cu dar. 10.000 t Cu (5 %) stammen aus der inländischen Gießerei und Halbzeugfertigung. 69.000 t Cu in Cu-Waren (34 %) werden exportiert, davon sind 44.000 t Cu in elektrischen Leitern und Kabeln. Etwa 108.000 t Cu-Waren (53 %) verbleiben im Inland. Davon sind 33.000 t Cu in „Elektrischen Leitern und Kabeln“, weitere 25.000 t Cu befinden sich in „Rohren“ und 14.000 t Cu sind in „Blechen und Bändern“ enthalten. In die „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ gelangen 27.000 t Cu-Abfälle (13 %).

Insgesamt gelangen in den Produktionssektor 340.000 t Cu, wovon knapp 200.000 t (59 %) exportiert werden. In der Produktion fallen etwa 9 % Cu-Haltige Abfälle an, die über die Ab-

fallwirtschaft einer Verwertung zugeführt werden. Die restlichen 108.000 t Cu (32 %) gelangen in den Konsum.

Die Bilanzierung des Prozesses „Güterproduktion“ ist in Tabelle 6-59 dargestellt.

Tabelle 6-59: Bilanzierung des Prozesses „Güterproduktion“ (GP)

PROZESS GÜTERPRODUKTION (GP)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	IM	Kupferwaren (IM)	GP	97.000	t
	IM	Kupferhalbzeuge (IM)	GP	98.000	t
	GH	Kupferhalbzeuge (GP)	GP	10.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	GP	Kupferwaren (HA)	HA	108.000	t
	GP	Kupferwaren (EX)	EX	69.000	t
	GP	Produktionsabfälle (GP1)	AW	27.000	t
	GP	Produktionsabfälle (GP2)	GH	1.000	t
	GP	Emissionen Atmosphäre (GP)	AT	n.b.	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		n.b.	t
		LAGERINPUT		205.000	t
		LAGEROUTPUT		205.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		0	t
		LAGERBESTAND NEU		n.b.	t

6.5.4.3 Konsum

Im Dienstleistungssektor werden der Prozess „Handel (HA)“ als reiner Verteilungsprozess sowie die beiden Prozesse „Private Haushalte (PHH)“ und „Sonstige Branchen (SB)“ betrachtet.

Der gesamte Cu-Umsatz im Dienstleistungssektor beträgt jährlich 108.000 t und stammt aus dem Prozess „Güterproduktion“. Der gesamte Fluss teilt sich zu 51 % zwischen die „Privaten Haushalte“ (55.000 t Cu) und zu 49 % auf die „Sonstigen Branchen“ (53.000 t Cu) auf.

Private Haushalte (PHH)

Der Input in den Prozess „Private Haushalte“ beträgt 55.000 t. Dieser Cu-Fluss besteht im Wesentlichen aus 16.000 t Cu in „Elektrischen Leitern und Kabeln“, 12.000 t Cu in „Rohren“ und jeweils ca. 7.100 t Cu in „Blechen und Bändern“ und 6.900 t Cu im „PKW“. Aus den Haushalten gelangen rd. 16.000 t Cu (29 %) in Form von Konsumabfällen in die Abfallwirtschaft. Der Großteil (71 %), das sind sohin 39.000 t Cu, wird in den Privaten Haushalten (PHH) langfristig genützt und vergrößern das bereits vorhandene Lager.

Eine Zusammenfassung der im Prozess „Private Haushalte“ abgesetzten Cu-Waren inklusive prozentueller Aufteilung auf die wichtigsten Güter wird in Tabelle 6-60 dargestellt.

Tabelle 6-60: Aufteilung der kupferhaltigen Güter im Prozess „Private Haushalte“

Gut	Cu im Gut [t/a]	Anteil [%]
Elektrische Leiter, Kabel	16.000	29
Rohre	12.000	22
Bleche, Bänder	7.100	13
PKW	6.900	13
Litzen, Kabel, Seile	5.800	11
Elektro- und Elektronikgeräte	3.200	6
Rest	3.900	< 7
Gesamt (Wert gerundet)	55.000	100

Das anthropogene Lager im Bereich „Private Haushalte“ umfasst ca. 590.000 t Cu, wovon der Anteil der Gebäude 440.000 t Cu beträgt. Das Cu-Lager in Gebäuden setzt sich vor allem aus „elektrischen Leitern und Kabeln“, „Rohren“ sowie „Blechen und Bändern“ als Fassaden- und Dachabdeckelementen zusammen. Das restliche Lager (150.000 t Cu) umfasst die langlebigen Konsumgüter und besteht im Wesentlichen aus den PKWs und den Elektro- und Elektronikgeräten. Der Lagerzuwachs beläuft sich auf jährlich 39.000 t Cu, sodass es unter Annahme eines konstanten Konsums in rund 15 Jahren zu einer Verdoppelung des Cu-Lagers in den „Privaten Haushalten“ kommen wird.

Die Bilanzierung des Prozesses „Private Haushalte“ wird in Tabelle 6-61 dargestellt.

Tabelle 6-61: Bilanzierung des Prozesses „Private Haushalte“ (PHH)

PROZESS PRIVATE HAUSHALTE (PHH)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	HA	Kupferwaren (PHH)	PHH	55.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	PHH	Konsumabfälle (PHH)	AW	16.000	t
	PHH	Emissionen Atmosphäre (PHH)	AT	n.b.	t
	PHH	Emissionen Pedo-/Hydrosphäre (PHH)	PH	170	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		590.000	t
		LAGERINPUT		55.000	t
		LAGEROUTPUT		16.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		39.000	t
	LAGERBESTAND NEU		630.000	t	

Sonstige Branchen (SB)

Der Input in den Prozess „Sonstige Branchen“ beläuft sich auf 53.000 t Cu. Der Cu-Input besteht vor allem aus 17.000 t Cu in „Elektrischen Leitern und Kabeln“, 13.000 t Cu in „Rohren“, 7.400 t Cu in „Blechen und Bändern“ und 6.000 t Cu in „Litzen, Kabeln und Seilen“. Den Prozess verlassen rd. 16.000 t Cu (30 %) in Form von Konsumabfällen in die Abfallwirtschaft. Die restlichen 37.000 t Cu (70 %) vergrößern das anthropogene Lager der „Sonstigen Branchen“.

Eine Zusammenfassung der in den sonstigen Branchen abgesetzten Cu-Waren inklusive prozentueller Aufteilung auf die wichtigsten Güter wird in Tabelle 6-62 dargestellt.

Tabelle 6-62: Aufteilung der kupferhaltigen Güter im Prozess „Sonstige Branchen“

Gut	Cu im Gut [t/a]	Anteil [%]
Elektrische Leiter, Kabel	17.000	32
Rohre	13.000	25
Bleche, Bänder	7.400	14
Litzen, Kabel, Seile	6.000	11
Elektro- und Elektronikgeräte	3.200	6
Rest	6.200	12
Gesamt (Wert gerundet)	53.000	100

Eine zusammenfassende Darstellung des Lagers im Prozess „Sonstige Branchen“ wird in Tabelle 6-63 angeführt.

Tabelle 6-63: Zusammenfassung des Lagers im Prozess „Sonstige Branchen“

Lager	SB - Lager [t Cu]	Anteil in Prozent
Mobilien		
PKW	20.000	3 %
LKW	9.800	1 %
Elektrogeräte	52.000	7 %
Eisenbahn	16.000	2 %
Kraftfahrzeuge – T. und Z.	3.000	<1 %
Immobilien		

Lager	SB - Lager [t Cu]	Anteil in Prozent
Mobilien		
Gebäude	450.000	58 %
Netze		
Elektrizität	92.000	12 %
Telekom.	120.000	15 %
Eisenbahn	16.000	2 %
Summe (Werte gerundet)	780.000	100 %

Die Bilanzierung des Prozesses „Sonstige Branchen“ wird in Tabelle 6-64 dargestellt.

Tabelle 6-64: Bilanzierung des Prozesses „Sonstige Branchen“ (SB)

PROZESS SONSTIGE BRANCHEN (SB)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	HA	Kupferwaren (SB)	SB	53.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	SB	Konsumabfälle (SB)	AW	16.000	t
	SB	Emissionen Atmosphäre (SB)	AT	n.b.	t
	SB	Emissionen Pedo-/Hydrosphäre (SB)	PH	600	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		780.000	t
		LAGERINPUT		53.000	t
		LAGEROUTPUT		17.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		36.000	t
		LAGERBESTAND NEU		816.000	t

6.5.4.4 Abfall und Abwasserwirtschaft

In den Prozess „Abfall- und Abwasserwirtschaft (AW)“ gelangen jährlich 63.000 t Cu. Die größte Menge an Cu-Abfälle wird mit 31.000 t Cu (49 %) im Produktionssektor generiert. 27.000 t Cu stammen aus dem Prozess „Güterproduktion“ und 4.000 t Cu aus dem Prozess „Gießerei und Halbzeugfertigung. Die Konsumabfälle beinhalten 32.000 t Cu (51 %), wovon jeweils 16.000 t Cu aus den Prozessen „Private Haushalte“ und „Sonstige Branchen“ stammen.

Von den jährlich in Österreich anfallenden 63.000 t Cu in den Abfällen, werden etwa 33.000 t (52 %) im Inland rezykliert, 24.000 t (38 %) exportiert. Die Cu-Fracht in den deponierten Abfällen beträgt 6.000 t Cu (10 %) und vergrößert das Deponielager.

Das Lager von Cu in Deponien beträgt ca. 300.000 t. Der Lagerzuwachs beträgt jährlich ca. 6.000 t Cu, sodass es, unter Annahme eines konstanten Konsums, in rund 50 Jahren zu einer Verdoppelung des Cu-Lagers kommen wird.

Die Bilanzierung des Prozesses „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ wird in Tabelle 6-65 dargestellt.

Tabelle 6-65: Bilanzierung des Prozesses „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ (AW)

PROZESS ABFALL- UND ABWASSERWIRTSCHAFT (AW)					
Input	Her-kunft	INPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
		RF	Raffinationsabfälle (RF)	AW	40
	GH	Produktionsabfälle (GH)	AW	4.000	t
	GP	Produktionsabfälle (GP1)	AW	27.000	t
	PHH	Konsumabfälle (PHH)	AW	16.000	t
	SB	Konsumabfälle (SB)	AW	16.000	t
Output	Her-kunft	OUTPUT GÜTER	Ziel	Menge	Einheit
	AW	Kupferschrotte (RF)	RF	13.000	t
	AW	Kupferschrotte (GH)	GH	20.000	t
	AW	Kupferschrotte (EX)	EX	18.000	t
	AW	Kupferabfälle (EX)	EX	6.000	t
	AW	Emissionen Pedo-/Hydrosphäre (AW)	PH	n.b.	t
Lager	Her-kunft	LAGER	Ziel	Menge	Einheit
		LAGERBESTAND		300.000	t
		LAGERINPUT		63.000	t
		LAGEROUTPUT		57.000	t
		LAGERVERÄNDERUNG		6.000	t
		LAGERBESTAND NEU		310.000	t

6.5.5 Zusammenfassung Cu-Haushalt Österreich

Der Cu-Haushalt Österreich ist geprägt von einem großen Materialfluss an importierten, aber auch exportierten, Cu. Insgesamt werden nach Österreich jährlich 305.000 t Cu importiert. Im gleichen Zeitraum gelangen 223.000 t in den Export. Somit verbleiben 82.000 t Cu pro Jahr in Österreich. Unter Berücksichtigung des in Österreich anfallenden Sekundär-Cu werden jährlich 110.000 t Cu umgesetzt.

Aus den Daten der Ausgangslage können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

Da in Österreich kein Cu-Erzbergbau mehr stattfindet sowie keine Cu-Erze importiert werden, wird der Großteil des Cu importiert (ca. 305.000 t Cu), im Inland veredelt und danach exportiert. Sogar wird der gesamte Cu-Bedarf Österreichs (ca. 340.000 t Cu) durch Sekundär-Cu gedeckt.

6.5.5.1 Cu-Lager Österreich

Das anthropogen aufgebaute Cu-Lager von Cu beträgt in Österreich ca. 1.700.000 t Cu, davon sind 890.000 t Cu in den Gebäuden gelagert. Das restliche Lager besteht aus der Netzwerkverwendung (Elektrizität, Telekommunikation, Eisenbahn) und den langlebigen Konsumgütern (Elektrogeräte, Kraftfahrzeuge, Eisenbahn) sowie in den Deponien. Das anthropogene Cu-Lager ist nicht im Fließgleichgewicht, da es jährlich um 6 – 8 % wächst.

Das anthropogene Cu-Lager ist das größte Rohstofflager für die Ressource Cu in Österreich. Es beträgt, ohne das Deponielager, etwa 1.400.000 t Cu und setzt sich zu rund 80 % aus dem Gebäude- und dem Netzwerklager und zu rund 20 % aus dem Lager der langlebigen Konsumgüter zusammen. Im Vergleich dazu ist das Cu-Deponielager und jenes in den natürlichen Cu-Lagerstätten Österreichs mit jeweils ca. 300.000 t Cu ca. um das Vierfache kleiner.

In der Tabelle 6-66⁶⁰ ist das vorhandene Lager im Bereich Cu für Österreich mit der prozentuellen Aufteilung in Bezug auf das Gesamtlager und der Verteilung innerhalb der jeweiligen Kategorien dargestellt.

Tabelle 6-66: Cu-Lager Österreichs 2003 – inkl. prozentueller Aufteilung des gesamten Lagers und mit der Verteilung innerhalb der Kategorien

Cu – Lager	Lagerabschätzung 2003 [t]	Prozentueller Anteil am Gesamtlager	Prozentueller Anteil in- nerhalb der Kategorie
Dachbereich	364 000	22 %	41 %
Stromanlage	268 000	16 %	30 %
Heizungsanlage	150 000	9 %	17 %
Sanitäranlage	99 000	6 %	11 %
Telekomanlage	9 000	<1 %	1 %
Einsatzgebiet Ge- bäude	890.000	53 %	
Kabel	161 000	10 %	70 %
Telekommunikation	35 000	2 %	15 %
Transformatoren	20 000	1 %	8 %
Freileitungen	11 000	1 %	5 %
Transport	4 000	<1 %	2 %
Einsatzgebiet Inf- rastruktur	230 000	14 %	
PKW, LKW, PKW T und Z	125 800	8 %	50 %
Elektrogeräte	104 000	6 %	41 %
Eisenbahn	16 000	1 %	6 %

⁶⁰ Daxbeck et al., 2006; Die Einteilung in Gebäude und Infrastruktur wird von Wittmer, 2006 übernommen und adaptiert.

Cu – Lager	Lagerabschätzung 2003 [t]	Prozentueller Anteil am Gesamtlager	Prozentueller Anteil in- nerhalb der Kategorie
Münzen	6 700	<1 %	3 %
Einsatzgebiet langlebige Kon- sumgüter	250 000	15 %	
Deponie	300 000	18 %	
Lager insgesamt	1.673 000		

Die Tabelle 6-66 zeigt die relevanten Einsatzgebiete für die Veränderung des Cu-Lagers. Im Gebäudebereich sind großen Massen im Dachbereich, in Stromanlagen sowie im Heizungs- und Sanitärbereich eingebaut und verbaut. Der Kabeleinsatz macht im Infrastrukturbereich den Großteil (70%) des Einsatzes aus. Bei den langlebigen Konsumgütern sind die Kraftfahrzeuge und die Elektrogeräte maßgeblich für den Lageraufbau. Die oben genannten Güter sind für den Cu-Verbrauch in den Kategorien maßgeblich.

6.5.5.2 Veränderungen des Cu-Lagers in Österreich

Das anthropogene Cu-Lager ist nicht im Fließgleichgewicht, da es jährlich um 6 - 8 % zunimmt. Der Einsatz langlebiger Güter hat einen Lageraufbau in der Anthroposphäre zur Folge. Damit werden große Mengen des Cu für Jahre bis Jahrzehnte in den langlebigen Konsumgütern und in den Gebäude- und Netzwerklagern gebunden. Eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser Lager ist notwendig, um auch langfristig das Ziel der Ressourcenschonung zu erreichen. Der Cu-Haushalt Österreich zeigt, dass die Ressource Cu in Teilbereichen effizient genutzt wird. Von dem in die Abfallwirtschaft gelangenden Cu kommen 90 % in diverse Recyclingprozesse im In- und Ausland. Knapp 10 % des Cu wird auf Deponien abgelagert und wird sohin dem zukünftigen Recycling entzogen.

Der Cu-Haushalt Österreich zeigt, dass die im Produktionssektor anfallenden Cu-hältigen Abfälle entweder unmittelbar recycelt werden oder über die Abfallwirtschaft einem Recyclingprozess zugeführt werden. Praktisch die gesamte Menge an Cu-hältigen Produktionsabfällen wird in Form von Cu-Schrotten recycelt und wieder der Produktion zugeführt oder exportiert, um im Ausland in der Produktion verwendet zu werden. Im Produktionssektor ist, da keine rechtlichen Cu-Frachten verloren gehen, die Ressourcennutzung sehr hoch, es gehen keine wesentlichen Cu-Frachten verloren.

Knapp 10 % des in die Abfallwirtschaft fließenden Cu wird auf Deponien abgelagert. Dieser Cu-Fluss beträgt etwa 5 % des jährlich in Österreich eingesetzten Cu (ohne Berücksichtigung der exportierten Cu-Mengen). Damit geht wenig Cu verloren, die Recyclingrate liegt bei über 90 %. Ein potentiell ungenutztes Ressourcenpotential findet sich Baurestmassen. Um dieses Massenpotential beurteilen zu können, wäre die Cu-Fracht in Baurestmassen zu bestimmen.

6.5.6 Monetäre Bewertung des Cu-Lagers in Österreich

Der gegenwertige Marktpreis von Cu liegt bei ca. 7 500 EUR/t. Aufgrund des Tageskurs von Cu (€ 7.510,-; 15. April 2013 Quelle: [finanzen.net GmbH, 2012]) errechnet sich bei einem Lager von 1,673.000 t Cu welche in der Anthroposphäre Österreichs gespeichert sind, eine volkswirtschaftlicher Wert von 12,5 Mrd. EUR.

Durch den Export von Cu-Schrotten 2010 von 52.702 t (Quelle:{Daxbeck, 2012 #4319}) geht ein Teil der Wertschöpfung welche durch die Aufbereitung und Wiederverwendung erzielt werden könnte verloren, dieser Anteil ist mit den vorhandenen Statistiken nicht gesichert zu berechnen.

Tabelle 6-67: Preise für Kupferschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 1

Kupferhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
Quelle: <u>Steeldeal B.V.</u> <u>Klipperweg 24</u> <u>6222 PC Maastricht</u> <u>Niederlande</u>		Stand: 10.06.2013
	[Steeldeal Metall- und Schrotthandel GmbH, 2013]	
Cu-Schrott	v.a. Cu-Rohre, Cu-Bleche	€ 4,50
Cu-Schrott Millberry	Sauberer Cu Draht ohne Rückstände	€ 5,10
Cu-Kabel	Ummantelte Kabel z.B. aus Haushaltsgeräten	€ 1,80

Tabelle 6-68: Preise für Kupferschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 2

Kupferhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
Quelle: Altmetalle Kranner Dresdner Straße 26a 1200 Wien		Stand: 10.06.2013
	Persönliche Mitteilung Brigitte Kranner http://www.altmetall.at/	
Cu	alte Cu-Rohre, rein (keine Messinganhaftungen)	€ 4,21

Tabelle 6-69: Preise für Kupferschrotte unterschiedlicher Qualitäten Quelle 3

Kupferhaltiger Abfall	Beschreibung	Preis [€/kg]
-----------------------	--------------	-----------------

Quelle: Altmetallhandel Markus Außerwöger Höhenstrasse 31 4111 Walding		Stand: 25.05.2013
	http://www.alt-tra.at/preisliste%20metall.pdf	
Cu-Schrott Millberry	Sauberer Cu-Draht ohne Oxidationsrückstände	€ 3,90
Cu-Schrott Berry	Cu-Rohre, Cu-Bleche mit Oxidationsschicht	€ 3,65
Altkabel	Ummantelte Kabel z.B. aus Haushaltsgeräten	€ 1,40

Kupferschrott Millberry

Als Cu-Schrott Millberry gilt blanker und glänzender Cu-Draht, der ohne Anhaftungen und sonstigen Schmutz ist. Cu mit einer grünlichen Schicht, die umgangssprachlich fälschlicherweise als Grünspan bezeichnet wird und beim Beizen und durch Korrosion entsteht, ist hier nicht erlaubt.

Kupferschrott Berry

Unter die Kategorie Cu-Schrott Berry fällt Kupferdraht der nicht mehr glänzt und schon leicht oxidiert sein kann. Durch Korrosion kann dieser Cu-Schrott grünlich oder schwarz aussehen.

Kupfer-Raff

Die schlechteste Qualitätsstufe die üblicherweise noch angekauft wird, nennt sich Cu-Raff. Sie besteht aus verunreinigtem Cu, das dennoch eine Reinheit von mindestens 95 bis 96 Prozent aufweisen sollte. Mögliche Verunreinigungen sind etwa Korrodierungen, Lötstellen, Farbe, Lacke und Fette.

Tabelle 6-70: Kupferlager Österreichs 2003 – inkl. prozentueller Aufteilung des gesamten Lagers inkl. grobe Zuteilung in Schrottklassen

Cu – Lager	Lagerabschätzung 2003 [t]	Schrottklasse	Schrottpreis [gesamt]
Dachbereich	364 000	[2] Berry	1.328.600.000
Stromanlage	268 000	[3] Altkabel	375.200.000
Heizungsanlage	150 000	[2] Berry	547.500.000
Sanitäranlage	99 000	[2] Berry	361.350.000
Telekomanlage	9 000	[3] Altkabel	12.600.000
Einsatzgebiet Ge- bäude	890.000		2.625.250.000

Cu – Lager	Lagerabschätzung 2003 [t]	Schrottklasse	Schrottpreis [gesamt]
Kabel	161 000	[1] Millberry	627.900.000
Telekommunikation	35 000	[3] Altkabel	49.000.000
Transformatoren	20 000	[3] Altkabel	28.000.000
Freileitungen	11 000	[3] Altkabel	15.400.000
Transport	4 000	[3] Altkabel	5.600.000
Einsatzgebiet Inf- rastruktur	230 000		725.900.000
PKW, LKW, PKW T&Z	125 800	[3] Altkabel	176.120.000
Elektrogeräte	104 000	[3] Altkabel	145.600.000
Eisenbahn	16 000	[3] Altkabel	22.400.000
Münzen	6 700	[2] Berry	24.455.000
Einsatzgebiet langlebige Kon- sumgüter	250 000		368.575.000
Deponie	300 000	[2] Berry	1.095.000.000
Lager insgesamt	1.673 000		4.814.725.000

Der Gegenwert des in der Anthroposphäre gelagerten Cu liegt zwischen 4,8 und 2,5 Mrd. EUR, je nachdem, ob der gegenwärtige Cu-Preis für reines Cu, oder der Preis für Cu-Schrotte herangezogen wird. Eine herausragende Stellung hat in dem System der Bereich „Hochbau“ und davon die Unterkategorie „Dachbereich“. Hier ist Cu im Gegenwert von ca. 1,3 Mrd. EUR (Schrottpreis) gespeichert.

6.5.7 Dynamische Vorhaltdauer

In Österreich wird seit Jahrzehnten kein Kupfererzbergbau mehr betrieben. Das letzte Kupfererzbergwerk wurde 1977 in Mitterberg bei Liezen still gelegt. Weitere größere Kupfervorkommen sind in der Umgebung von Kitzbühel bekannt. Insgesamt wird die abbaubare Men-

ge in diesen Lagerstätten auf 334.000 t geschätzt. Dies entspricht dem 3-fachen Jahresbedarf an Kupfer in Österreich [Daxbeck et al., 2006]. Die weltweit verfügbaren Kupferressourcen (d.h. wirtschaftlich und technisch heute abbaubar) belaufen sich auf ca. 470 Mio. t, Kupferreserven auf ca. 3,7 Mrd. t [Christoph Heinrich et al., 2012]). Der weltweite Verbrauch von neu bergmännisch gewonnenem Kupfer liegt bei ca. 16 Mio. t [Deutsches Kupferinstitut, 2013]. Unter Annahme einer gleichbleibenden Entnahme halten die Kupferressourcen ca. 30 Jahre, die Kupferreserven ca. 230 Jahre.

7 Zusammenfassende Darstellung der Lager

Eine Darstellung der Größe der anthropogenen Lager der ausgewählten Güter entlang der Prozesskette folgt bei Bearbeitung des Arbeitspaketes 6 – SWOT Analyse im November 2013.

8 Literaturverzeichnis

- Angerer, G.; Mohring, A.; Marscheider-Weidemann, F.; Wietschel, M. (2010) Kupfer für Zukunftstechnologien. Fraunhofer ISI. Karlsruhe.
- ARA (1995): ARA-System, Der Report 1994, Altstoff Recycling Austria AG (Hrsg.), Schottenfeldgasse 29, 1072 Wien, Wien
- ARGEV GmbH (2005): Leistungsbericht 2004
http://www.ara-system.at/fileadmin/user_upload/download/lb2004.pdf
- Asamer Holding AG (2013) Stein, Kies. <http://www.asamer.at/>. 19.09.2013.
- Baccini, P.; Brunner, P. H. (1991) Metabolism of the Anthroposphere. Hrsg. v. Springer-Verlag. Berlin, New York.
- Baccini, P.; Bader, H.-P. (1996) Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Hrsg. v. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- BAWP Bundesabfallwirtschaftsplan 1992 (1992): Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hrsg.), Wien
- BAWP Bundesabfallwirtschaftsplan 1995 (1995): Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hrsg.), Wien
- BMWFJ (2009): „Mineralische Rohstoffe - Ein Leben ohne Bergbau“, <http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Schaubergwerke%20Format%20600x400%20mm.pdf>, Wien
- BMLFUW (2001): Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Bundesabfallwirtschaftsbericht 2001. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMLFUW (2011) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011. Hrsg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.
- BMWFJ (2013): „Energierohstoffe“, <http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/MineralischeRohstoffe/Seiten/Energierohstoffe3.aspx>
- Boin, U., Linsmeyer, T., Neubacher, F. & Winter, B. (2000): Stand der Technik in der Sekundäraluminiumerzeugung im Hinblick auf die IPPC-Richtlinie. Umweltbundesamt (Hrsg.), Wien.
- Borealis (2005): E-Mails von Frau Halwachs und Frau Jäger-Bergaus, Borealis GmbH
- Braun, H. (1996): telefonische Auskunft von Herrn Braun, ehemals bei der Perlmooser Zementwerke AG, 18.06.1996. Wien
- Bundesministerium für Bildung Wissenschaft und Kultur (1996) AEIOU-Lexikon Österreich. Institut für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien. 15.04.2003.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2001) Bundes-Abfallwirtschaftsplan. Bundesabfallbericht 2001. Abteilung III/3. Wien.
- Christoph Heinrich; Rainer Kündig; Werner Leu; Schenker, F. (2012) Rohstoffe der Erde. ETH Zürich. Zürich.

- Dahlström, K., Ekins, P., He, J., Davis, J. & Clift, R. (2004): Iron, Steel and Aluminium in the UK: material flows and their economic dimensions. Policy Studies Institute, London, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, www.psi.org.uk/publications/.
- Datta, J. (2002): Aluminium-Schlüssel. 6. Auflage, Aluminium-Verlag, Düsseldorf.
- Daxbeck, H.; Brauneis, L.; Buschmann, H.; Gassner, A. (2012) Operationalisierung der Ergebnisse des Cu-Haushalt Österreichs als Beitrag für ein Kupfer- Ressourcenmanagement in Österreich. Projekt ReMa-AT. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- Daxbeck, H.; Brunner, P. H. (1993) Stoffflußanalysen als Grundlagen für effizienten Umweltschutz. In: Oesterreichische Wasserwirtschaft. 45. 3/4. S. 90-96.
- Daxbeck, H.; Gassner, A.; Neumayer, S.; Ehrlinger, D. (2010) Stoffflussanalyse PHOSPHOR Österreich. Projekt P-STRAT. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- Daxbeck, H.; Reisenberger, M.; Kappel, E. (2003) Güterhaushalt Österreich. "Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements - welches sind die wichtigsten Güter- und Abfallflüsse?". Projekt ABASG II - Güter. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung Wien.
- Daxbeck, H.; Stockinger, M.; Brandt, B. (2006) Beitrag der Abfallwirtschaft zum Kupferhaushalt Österreichs. Projekt ABASG III - Kupfer. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- DERA (2011): DERA Rohstoffinformationen - Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011. DERA Deutsche Rohstoffagentur, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover.
- Deutsches Kupferinstitut (2013) Wirtschaftliche Bedeutung der Kupferindustrie in Deutschland. http://www.kupferinstitut.de/front_frame/frameset.php3?client=1&lang=1&idcat=34&parent=14. 19.09.2013.
- Döberl G., Fehring R., Müller B., Brandt B. & Brunner Paul H. (2005): Verknüpfung Rohstofflager - anthropogene Lager - letzte Senken (Projekt RALLES); TU-Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), Wien.
- Eder, M.; Obernosterer, R.; Brunner, P. H.; Daxbeck, H.; Döberl, G.; Fehring, R.; Huber, R.; Lampert, C.; Rechberger, H.; Schachermayer, E. (2000) Untersuchungen über die Möglichkeiten der Ausrichtung der Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten. Projekt ABASG. Endbericht - Hauptband. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Schriftenreihe des BMLFUW. Bd. 19/2001. Hrsg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.
- Eisenmenger, N.; Schaffartzik, A.; Krausmann, F. (2011) Ressourcennutzung in Österreich. BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium); BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend. Wien.

- European Aluminium Association (2003), <http://www.eaa.net/>.
- FCIO (2005): Kunststoffwirtschaft, Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs
<http://www.kunststoffe.fcio.at/branche/index.htm>
- Fehringer, R. & Boguzka, R. (2008) „Vergleich der Kunststoffflüsse und -abfälle in Österreich und Polen“, Müll und Abfall, 01/08. Schwerpunkt-Hefte (Stoffströme in der Abfallwirtschaft, internationale Abfallwirtschaft etc.), Deutschland
- Fehringer, R., Brunner, P. H. (1996) "Kunststoffflüsse und die Möglichkeiten der Verwertung von Kunststoffen in Österreich", In: UBA-Monographie. Hrsg. Umweltbundesamt Wien, 80, Umweltbundesamt Wien, Wien.
- finanzen.net GmbH (2012) Aktueller Kupferpreis in Dollar je Tonne.
<http://www.finanzen.net/rohstoffe/kupferpreis>. 15.04.2013.
- Frischenschlager, H.; Karigl, B.; Lampert, C.; Pölz, W.; Schindler, I.; Tesar, M.; Wiesenberger, H.; Winter, B. (2010) Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich. Umwelt Bundesamt GmbH. Wien.
- Geologische Bundesanstalt (2009) "Geologie ist unter uns" von Thomas Hofmann,
http://www.geologie-ist-alles.at/PDFs_Raum/RAUM7309_Thema-Art1.pdf, Wien
- Graedel, T.E., Bertram, M., Fuse, K., Gordon, R.B., Lifset, R., Rechberger, H. & Spatari, S. (2002): The contemporary European copper cycle: The characterization of technological copper cycles. Ecological Economics, 42, 9-26.
- GUA (1992) Mittelfristiges Strategiekonzept für die Verwertung gebrauchter Kunststoffe in Österreich. Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung GesmbH, Studie im Auftrag des Fachverbandes der chemischen Industrie Österreichs und der Bundeskammer der Gewerblichen Wirtschaft. Wien
- GUA; Vogel-Lahner, T. (2003) Ausrichtung der Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten - Bauwerk Österreich. GUA - Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH & T. Vogel-Lahner. Wien.
- Hackl, A.; Mauschitz, G. (2001) Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie III. Jahresreihe 1997-1999. Technische Universität Wien. Institut für Verfahrens-, Brennstoff- und Umwelttechnik. Weitra, Wien.
- Hadley, S.W., Das, S. & Miller, J.W. (2000): Aluminum R&D for automotive uses and the Department of Energy's role. Lockheed Martin Energy Research Corporation.
www.ornl.gov/psr/.
- Härdtle, G., Marak, K., Bilitewski, B., Kijewski, K. (1991): Recycling von Kunststoffabfällen, Grundlagen - Technik - Wirtschaftlichkeit. Beiheft zu Müll und Abfall Heft 27. 2. Auflage, Erich Schmidt Verlag Berlin, Deutschland
- Hintringer, A. (2012) Persönliche Mitteilung. Amstetten
- Huschke, R. (2012) Smart City. In: Lombard Media Themenzeitung. 03/2012.
- International Aluminium Institute (2001), <http://www.world-aluminium.org/>.
- Kaps, R. (2008): „Comparative environmental evaluation of plastic waste management at national level on example on Polish and Austrian systems“ Doctoral Thesis, Poznan University of Economics. Poland 2008
- Klell, M.; Cona, P. (2009) Wirkungsgrade und CO₂-Emissionen verschiedener Energieketten Hydrogen Center Austria Graz.

- Kössler, W. (2012) Persönliche Mitteilung. Montanwerke Brixlegg. Brixlegg.
- Kranner, F. (2012) Persönliche Mitteilung. Altmetalle Kranner. Wien.
- Montanwerke Brixlegg (2011) Nachhaltigkeitsbericht.2010. Brixlegg.
- New Media Publisher GmbH (2013): "plasticker, bvse-Marktbericht Kunststoffe - Juli 2013",
Kaarst, Deutschland
<http://plasticker.de/preise/marktbericht2.php?j=13&mt=7&quelle=bvse>,
- Morf, L. & Taverna, R. (2004): Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott, Stoffflussanalyse. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.), Schriftenreihe Umwelt Nr. 374.
- Newman, H.R. (2002): The mineral industry of Austria. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Mineral Resources Program. <http://minerals.usgs.gov/>.
- ÖBB (2005): Unveröffentlichte Regelblätter „Rohre, Oberleitungen“.
- Obernosterer, R.; Reiner, I. (2003) Stickstoffbilanz Österreich - "Beitrag der Abfallwirtschaft zum Stickstoffhaushalt Österreich". Projekt ABASG II - N. Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Villach.
- OECD (2008) "Globaler Abbau und Förderung von natürlichen Ressourcen nach Regionen" in Natural Resources, what are they?, World Resources Forum (WRF), St. Gallen Schweiz, <http://www.worldresourcesforum.org/issue>
- ÖKI (1995): Österreichisches Kunststoffinstitut. schriftliche, Fax, telefonische Mitteilungen von Herrn Dr. H. Baumann, Wien
- ÖKI (1996): Österreichisches Kunststoffinstitut. schriftliche, Fax, telefonische Mitteilungen von Herrn Dr. H. Baumann, Wien
- ÖKK (1995): Österreichischer Kunststoffkreislauf GesmbH. Ausdruck der Verwertungsmengen 1994, Wien
- ÖKK (1996): Österreichischen Kunststoffkreislauf GesmbH. telefonische Auskunft von Hr Zeinitzer vom 26.06.1996, Wien
- ÖN S 2096-1 (2005) Stoffflussanalyse. Teil 1: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Begriffe. 01. 01. 2005.
- ÖN S 2096-2 (2005) Stoffflussanalyse. Teil 2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik. 01. 01. 2005.
- ÖSTAT Österreichisches Statistisches Zentralamt (1995): Der Außenhandel Österreichs 1994, Wien
- Osvald, W. (2012) Persönliche Mitteilung. Fachverband Bergwerke und Stahl, Fachverband, NE-Metallindustrie, Wirtschaftskammer Österreich. Wien.
- ÖWAV (2003) Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. ÖWAV-Regelblatt 514. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Regelblätter des Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV). Wien.
- Perz, K. (2001) Aufkommen, Verwertung und Behandlung von Abfällen in Österreich - Materialien zum Bundesabfallwirtschaftsplan 2001. Umweltbundesamt. Monographien Bd. 138. Klagenfurt.

- Pilz, H.; Kletzer, E.; Neubacher, F. (2003) Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs. Teilprojekt 4 im Gesamtprojekt "Ausrichtung der Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten - 2. Teil". GUA Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH. UV & P - Umweltmanagement-Verfahrenstechnik Neubacher & Partner GmbH. Hrsg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.
- Reininger, H. (2003) Persönliche Mitteilung. Gesellschaft zur Pflege der Straßenbautechnik mit Asphalt (GESTRATA). Wien.
- SERI (2008) "Globaler Abbau und Förderung von natürlichen Ressourcen" in Natural Resources, what are they?, World Resources Forum (WRF), St. Gallen Schweiz, <http://www.worldresourcesforum.org/issue>
- Stark, W., Vogel-Lahner, T. & Frühwirth, W. (2003): Bauwerk Österreich – Management von Baurestmassen nach den Gesichtspunkten der optimalen Ressourcennutzung und des langfristigen Umweltschutzes anhand der Güter- und Stoffbilanz des „Bauwerks Österreich“. Bericht im Auftrag des BMLFUW, GUA GmbH, Wien.
- Statistik Österreich (1995) Systematik der Wirtschaftstätigkeiten ÖNACE 1995. <http://wwwold.statistik.gv.at/oenace/>.
- Statistik Austria (2002) Konjunkturerhebung im Produzierenden Bereich 2001. Band 2 - Produktionsergebnisse nach CPA 1996 und ÖPRODCOM. Kommissionsverlag. Wien.
- Statistik Austria (2004a): Der Außenhandel Österreichs 2003. Serie 1 – Spezialhandel nach Waren und Ländern. Teil 1 und 2, Wien.
- Statistik Austria (2004c): Konjunkturstatistik 2003, ÖPRODCOM 27.42.32.00 Abfälle und Schrott aus Al, Wien.
- Statistik Austria (2005b): Österreichische Verkehrsstatistik 2003
- Statistik Austria (2011) KFZ - Bestand seit 1948. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html. 27.09.2012.
- Statistik Austria (2012a) Bevölkerungsprognosen http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html#index1. 07.02.2013.
- Statistik Austria (2012b) Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik 2005 bis 2011 nach Klassen (ÖNACE 2008). Wien.
- Statistik Austria (2013): „Fahrzeug-Bestand am 31.12.2012 nach Fahrzeugarten“
- Steeldeal Metall- und Schrotthandel GmbH (2013) Kupferschrott. <http://www.steeldeal.de/de/Altmetall/kupferschrott.html>. 10.06.2013.
- Steinbruch Harrer Betriebsges.m.b.H (2013) Produktpalette http://www.harrerbeton.at/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=2 7. 19.09.2013.
- Tritthart, G. (2003) Elektronische Mitteilung. Lafarge Perlmooser. Wien.
- Truttmann, N., Fellner, J., Cencic, O. & Rechberger, H. (2005): Technisch-naturwissenschaftliche Grundlagen zur Auswahl von Bewirtschaftungsszenarien für Elektroaltgeräte. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien, im Auftrag der MA 48, in Ausarbeitung.

-
- Umweltbundesamt (2005) Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung Dessau.
- United Nations (2012) Commodity Trade Statistics Database. UN Data.
- U.S. Geological Survey (2012) IRON ORE.
http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/mcs-2012-feore.pdf.
19.09.2013.
- USGS (2013): Bauxite and Alumina. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries.
- Wagner, H.; Ebner, F.; Weber, F.; Nötstaller, R.; Köppl, A.; Pfaffermayr, M.; Pichl, C. (1997) Untersuchung der Versorgung Österreichs mit mineralischen Rohstoffen aus heimischen Vorkommen. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten. Wien.
- Weber, L. (2007) Der österreichische Rohstoffplan als Werkzeug einer langfristigen Rohstoffsicherung. Österreichischer Bergbautag 2007. Leoben. 252.
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2013) Weltweite Stahlerzeugung.
- Wittmer, D. (2006) Cu im regionalen Ressourcenhaushalt. Ein methodischer Beitrag zur Exploration urbaner Lagerstätten. Dissertation. ETH Zürich. Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG). Zürich.
- ÖWK (1992): Österreichische Wirtschaftskammer, Aussendung, Wien
- VA Erzberg GmbH (2013) Zahlen und Fakten <http://www.vaerzberg.at/unternehmen/zahlen-a-fakten.html>. 19.09.2013.
- VKÖ (1994): Verein der Kunststoff Recycler Österreichs. Aussendung, Wien