



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

INSTITUT FÜR WASSERGÜTE,
RESSOURCENMANAGEMENT UND
ABFALLWIRTSCHAFT

INSTITUTE FOR WATER QUALITY,
RESOURCES AND
WASTE MANAGEMENT



Verknüpfung Rohstofflager – anthropogene Lager – letzte Senken im Bundesland Steiermark RALLES STMK

Endbericht

Gerald Schöller
Christian Oberleitner
Roland Fehringer
Gernot Döberl
Paul H. Brunner

Auftraggeber
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 19D



Wien, im Februar 2006



Projektleitung

Paul H. Brunner

Projektbearbeitung

Paul H. Brunner

Gernot Döberl

Roland Fehringer

Christian Oberleitner

Gerald Schöller

Grafik

Inge Hengl

Impressum

Technische Universität Wien

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft

A-1040 Wien, Karlsplatz 13 / E226

Tel.: +43 1 58 801 226 41 und 42 (Sekretariat)

Fax.: +43 1 504 22 34

E-Mail: aws@iwa.tuwien.ac.at

<http://www.iwa.tuwien.ac.at>



Kurzfassung

Ziel dieses Projektes war es, erstens für ausgewählte anthropogene Stoffe Quellen, Bestände und Senken innerhalb des Bundeslandes Steiermark zu quantifizieren, und zweitens die Bedeutung der Stoffflüsse und -lager für die Ressourcennutzung und den langfristigen Umweltschutz zu beurteilen.

Die zu untersuchenden Stoffe wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber nach den Kriterien Rohstoff- und Schadstoffpotential für die Steiermark, sowie Verallgemeinerbarkeit aufgrund chemisch-physikalischer Eigenschaften ausgewählt. Ein weiteres Kriterium bestand in der Datenverfügbarkeit zur Bestimmung der anthropogenen Flüsse, Lager und Senken. Aus diesen Gründen wurden die vier Metalle Eisen, Kupfer, Zink und Cadmium sowie als Nährstoff Stickstoff in die weiteren Untersuchungen einbezogen.

Mittels der Methode der Stoffflussanalyse wurden für die fünf ausgewählten Stoffe Bilanzen erstellt. Zu diesem Zweck wurde die Steiermark mit einem vereinfachten Stoffflusssystem, bestehend aus Produktions-, Konsumations-, Verwertungs- und Entsorgungsprozessen abgebildet. Um der Frage nach den Umweltbelastungen und den letzten Senken Rechnung zu tragen, war es notwendig, auch Böden, Gewässer und Atmosphäre in die Betrachtung mit einzubeziehen. Für jeden dieser Bereiche wurden die maßgeblichen Stoffflüsse und Lagerbestände im Jahr 2003 quantifiziert und anhand von Modellen die Entwicklung der anthropogenen Lager in den Bereichen „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur“, „privater Haushalt“, „Deponie“ sowie des Bodens abgeschätzt.

Folgende Resultate wurden erhalten:

1. Die Stoffflussanalyse erwies sich als geeignet zur Untersuchung und Darstellung der Flüsse und Lager ausgewählter Stoffe in der Steiermark. Allerdings ist die Gewinnung von guten Daten mit geringer Unsicherheit sehr aufwändig und setzt erfahrene Stoffflussanalytiker sowie, derzeit noch nicht vorhandene, maßgeschneiderte Datensätze voraus.
2. Bei den meisten untersuchten Stoffen ist der Import in die Steiermark größer als der Export. Es bilden sich wachsende Stofflager: Die anthropogenen Lager an Stickstoff, Eisen, Kupfer, und Zink verdoppeln sich innerhalb von 10 bis 50 Jahren. Einzig die Cadmiumlager nehmen aufgrund des sinkenden Einsatzes in Konsumgütern ab. Die Lager im Gebrauch sind höher und wachsen schneller als diejenigen in Deponien. Die zukünftigen Ressourcen liegen in den Stoff-Beständen der Haushaltungen, Infrastruktur und Industrie/Gewerbe und weniger in den Deponien. Künftig werden wesentlich größere Abfallmengen zu bewirtschaften sein als heute.
3. Die wichtigsten, rasch wachsenden Stoff-Senken für Metalle sind Deponien, die nach heutigen Erkenntnissen zwar eine Senke, aber noch keine „letzte Senke“ darstellen. Der Frage nach dem langfristigen Verbleib der abgelagerten Stoffe kommt große Bedeutung für den zukünftigen Zustand der steirischen Umwelt zu. Generell ist der Anteil an Metallen, die in eine „letzte Senke“ fließen, verschwindend gering ($\ll 1\%$); auch der Stofffluss in die Umwelt (ohne Deponien) ist für die untersuchten Metalle klein. Beim Stickstoff gelangen etwa 40 % des importierten N in die geeignete „letzte Senke“ Atmosphäre; rund 80 % des Stickstoffs werden insgesamt als Verluste an Wasser und Luft abgegeben. Einzelne Metalle werden langsam (Jahrhunderte) in Böden angereichert.





Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
2	ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG	3
2.1	Zielsetzung und Anwendungsbereich.....	3
2.2	Fragestellung	6
3	METHODISCHES VORGEHEN.....	7
3.1	Vorgehen im Rahmen des Projekts	7
3.2	Methode der Stoffflussanalyse	7
3.3	Systemdefinition.....	8
3.3.1	Systemgrenzen.....	9
3.3.2	Stoffhaushalt Steiermark.....	10
3.3.3	Auswahl der Prozesse und Güter.....	11
3.3.4	Auswahl der Stoffe und Gütergruppen.....	19
3.4	Berechnung der Schwermetallanreicherung im Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“	21
4	DATENERFASSUNG	22
4.1	Allgemeines.....	22
4.1.1	Implementierung der Daten der Österreichischen Außenhandelsstatistik in die Studie.....	22
4.1.2	Grundlagendaten	23
4.2	Stickstoff.....	24
4.2.1	Prozess „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft (BLF)“	24
4.2.2	Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“	28
4.2.3	Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung + Infrastruktur (IGDI)“	33
4.2.4	Prozess „Privater Haushalt (PHH)“	39
4.2.5	Prozess „Grundwasser“	41
4.2.6	Prozess „Oberflächengewässer“	43
4.2.7	Prozess „Atmosphäre“	45
4.2.8	Prozess „Abfallwirtschaft“	47
4.2.9	Prozess „Abwasserwirtschaft“	50
4.2.10	Prozess „Deponie mit Halde“	52
4.3	Eisen	54
4.3.1	Prozess „Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft“	54
4.3.2	Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur“	56
4.3.3	Prozess „Privater Haushalt“	70
4.3.4	Prozess „Abfallwirtschaft“	74
4.3.5	Prozess „Abwasserwirtschaft“	76



4.3.6	Prozess „Deponie und Halde“	78
4.3.7	Prozess „Atmosphäre“	79
4.3.8	Prozess „Pedosphäre und Lithosphäre“	79
4.3.9	Prozess „Grundwasser“	80
4.3.10	Prozess „Oberflächengewässer“	81
4.4	Kupfer	82
4.4.1	Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“	83
4.4.2	Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“	84
4.4.3	Prozess „Privater Haushalte (PHH)“	86
4.4.4	Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“	87
4.4.5	Prozess „Grundwasser“	88
4.4.6	Prozess „Oberflächengewässer“	89
4.4.7	Prozess „Abfallwirtschaft“	90
4.4.8	Prozess „Abwasserwirtschaft“	91
4.4.9	Prozess „Deponie mit Halde“	92
4.5	Zink 93	
4.5.1	Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“	93
4.5.2	Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“	94
4.5.3	Prozess „Privater Haushalte (PHH)“	97
4.5.4	Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“	98
4.5.5	Prozess „Grundwasser“	100
4.5.6	Prozess „Oberflächengewässer“	101
4.5.7	Prozess „Abfallwirtschaft“	102
4.5.8	Prozess „Abwasserwirtschaft“	103
4.5.9	Prozess „Deponie mit Halde“	104
4.6	Cadmium	105
4.6.1	Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“	105
4.6.2	Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“	106
4.6.3	Prozess „Privater Haushalt (PHH)“	109
4.6.4	Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“	111
4.6.5	Prozess „Grundwasser“	113
4.6.6	Prozess „Oberflächengewässer“	114
4.6.7	Prozess „Abfallwirtschaft“	115
4.6.8	Prozess „Abwasserwirtschaft“	116
4.6.9	Prozess „Deponie mit Halde“	117
5	ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE	119
5.1	Stickstoff	119
5.2	Eisen	126
5.3	Kupfer	130
5.4	Zink	135
5.5	Cadmium	141



6 FÖRDERBÄNDER UND LETZTE SENKEN	147
6.1 Förderbänder.....	147
6.2 Senken	149
6.3 Letzte Senken	149
6.4 Überblickstabelle.....	151
7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	152
7.1 Methodische Erkenntnisse.....	152
7.2 Inhaltliche Erkenntnisse	154
7.3 Bedeutung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Ziele des Steirischen Landesabfallwirtschaftsplans.....	156
7.4 Ausblick.....	158
8 LITERATURVERZEICHNIS	160
9 ANHANG	167
9.1 Anhang Stickstoff.....	167
9.2 Anhang Eisen.....	191
9.3 Anhang Kupfer	197
9.4 Anhang Zink.....	209
9.5 Anhang Cadmium.....	223





1 Einleitung

Im vorliegenden Endbericht sind die Ergebnisse des Forschungsprojektes „RALLES STMK“ („*Verknüpfung Rohstofflager – anthropogene Lager – letzte Senken im Bundesland Steiermark*“) zusammengefasst. Das Projekt wurde im Jahr 2005 vom Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19 D – Abfall- und Stoffflusswirtschaft, durchgeführt.

Für die österreichische Volkswirtschaft mit ihrem großen Bestand an Gütern im Gebrauch ist einerseits eine gute Versorgung mit Rohstoffen wichtig. Andererseits ist die Entsorgung genauso notwendig: Die gebrauchten Stoffe sind über die Abfallwirtschaft entweder in einen neuen Kreislauf zurückzuführen, oder sie sind ober- oder unterirdisch abzulagern. Ein geringer Teil der Stoffe gelangt darüber hinaus beim Gebrauch, dem Recycling und der Entsorgung als Emission in die Umwelt.

In der Vergangenheit wurden die Bereiche Versorgung, Bestand im Gebrauch und Entsorgung getrennt betrachtet. In den 1990er Jahren entstanden erste Ansätze zur quantitativen Verknüpfung von Ressourcen, Lagern und Abfällen. Jüngere Arbeiten über den Vergleich von natürlichen („geogenen“) Rohstofflagern mit dem Bestand an Stoffen in der Anthroposphäre¹ zeigen, dass neue Rohstofflager im Entstehen sind, die es zukünftig aktiv zu bewirtschaften und klug zu nutzen gilt. Das Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien hat in diesem Zusammenhang im Jahr 2004 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit eine Studie durchgeführt, die die Quantifizierung der anthropogenen Lager für die Metalle Eisen, Kupfer, Zink und Aluminium im gesamten Bundesgebiet Österreichs zum Inhalt hatte („RALLES Bund“; Döberl, et al., 2004). Als wesentliche Lager wurden dabei das Konsumlager (z. B. Immobilien, Mobilien, Netzwerke) und Deponien betrachtet. Neben einer Quantifizierung der sich in den Lagern befindlichen Metalle ist für eine zukünftige Nutzung dieser „sekundären Lagerstätten“ auch eine möglichst genaue Lokalisierung der Metalle sowie eine Abschätzung der Verweildauer der Metalle in den Lagern notwendig. Die wesentlichen Resultate dieser Studie sind im Folgenden zusammengefasst:

- *Da mit Ausnahme von Eisen in Österreich keine Primärproduktion statt findet, konzentrieren sich die größten Flüsse in der Güterproduktion, die von Importen und Exporten dominiert wird. Bei allen vier betrachteten Metallen dominiert das berechnete Konsumlager gegenüber dem Deponielager.*
- *In Gebäuden, Fahrzeugen und Netzwerken befinden sich österreichweit 36 Mio. t Eisen (4.700 kg pro Einwohner), während in Deponien nur 2 Mio. t lagern. Bei gleich bleibendem Erzabbau ist das Eisenvorkommen in Österreich („Steirischer Erzberg“)*

¹ Die **Anthroposphäre** bezeichnet den Lebensraum des Menschen, ein komplexes System von Prozessen, Güter-, Stoff-, Energie- und Informationsflüssen. Dazu zählen nicht nur jene Bereiche, in denen die menschlichen Aktivitäten selbst stattfinden, sondern auch jene Bereiche, die dadurch beeinflusst sind. Stoffe treten durch Rohstoffgewinnung in die Anthroposphäre ein und werden als Abfall oder Emissionen in die Umwelt entlassen. Der Begriff „Anthroposphäre“ wird häufig synonym mit Technosphäre oder (amerikanisch) Biosphäre gebraucht.



in 60 Jahren erschöpft. Zu diesem Zeitpunkt werden ca. 200 Mio. t an Eisen in Verwendung sein.

- *Das Kupferlager (2,2 Mio. t = 270 kg pro Einwohner) wird neben der Gütergruppe Gebäude von Beständen in Netzwerken dominiert (jeweils ca. 0,8 Mio. t). In Deponien lagern rund 0,5 Mio. t.*
- *Im Fall von Zink (Gesamtlager: 440.000 t = 68 kg pro Einwohner) kann nur ein Drittel des Konsumlagers (100.000 t) konkreten Gütergruppen zugeordnet werden, wovon 80 % in Fahrzeugen vorliegen. Das Deponielager konnte mit rund 120.000 t abgeschätzt werden.*
- *Das Aluminiumlager (3 Mio. t = 350 kg pro Einwohner) wird zu je rund 30 % von Fahrzeugen, Gebäuden und Deponien gebildet.*
- *Das Konsumlager der betrachteten Metalle steigt zwischen 3 % und 9 % pro Jahr. Bei den Deponielagern sind geringere Anstiege zu beobachten, sie liegen zwischen 1 % (Kupfer) und 5 % (Zink).*

In der vorliegenden Studie wurden, sofern möglich, die Resultate der Studie „RALLES Bund“ miteinbezogen und um das zusätzliche Metall (Cadmium) und den Nährstoff (Stickstoff) erweitert.

Eine wesentliche Erweiterung gegenüber der vor allem rohstoffwirtschaftlich orientierten Studie „RALLES Bund“ stellte die Miteinbeziehung des Umweltaspekts dar. Es wurden sowohl die temporären als auch die letzten Senken der betrachteten Stoffflüsse identifiziert sowie die Aufnahmekapazität dieser Senken abgeschätzt (siehe Abschnitt 2 – Zielsetzung und Fragestellung).



2 Zielsetzung und Fragestellung

2.1 Zielsetzung und Anwendungsbereich

Das Ziel des Projektes „RALLES STMK“ bestand darin, für die Metalle Eisen, Kupfer, Zink und Cadmium sowie für den Nährstoff Stickstoff Bilanzen zu erstellen, die sowohl die geogenen als auch die anthropogenen Stoffflüsse und -lager im Bundesland Steiermark beinhalten. Die erstellten Bilanzen wurden hinsichtlich zweier Aspekte beleuchtet:

- Ressourcen- oder Wertstoffaspekt

Durch den Einsatz von Stoffen in der Volkswirtschaft entstehen bei gleichzeitiger Verminderung primärer Ressourcen neue Stofflager, die in Zukunft als Quellen für sekundäre Rohstoffe herangezogen werden könnten („urban mining“ und „landfill mining“).

Prinzipiell treten Lager dieser Art sowohl im Rohstoffgewinnungsprozess („Bergbauhalden“) als auch im Konsumprozess (Mobilien, Immobilien, Netzwerke für Verkehr und Information etc.) und im Prozess Entsorgung (Deponien) auf. Grundvoraussetzung für eine zukünftige Bewirtschaftung dieser Lager sind, in Anlehnung an die Nutzung primärer Rohstoffe, Kenntnisse über Qualität, Quantität und Bonität der Lagerstätten (z. B. Fettweiss, (1997).² Unter Lagerstättenqualität werden in der Rohstoffwirtschaft im Allgemeinen der Wertstoffgehalt, die Aufbereitbarkeit und die Art und Beschaffenheit der Lagerstättensubstanz verstanden. Die Lagerstättenquantität ist durch die Gesamtmenge der in einer Lagerstätte enthaltenen Wertstoffmenge gegeben, die Lagerstättenbonität schließlich beschreibt die Wertstoffverteilung und die (geologischen) Gegebenheiten des Umfeldes. Umgelegt auf Rohstoffe in anthropogenen Lagern bedeutet dies eine zweistufige Vorgangsweise:

1. „*Prospektion anthropogener Lager*“

- a) Bestimmung der Lagerstättenquantität, d. h. Quantifizierung der sich in anthropogenen Stofflagern befindlichen Stoffmengen. Dies kann mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad geschehen.
- b) Erste Abschätzung der Lagerstättenqualität, d. h. Bestimmung der Wertstoffgehalte in den einzelnen Gütern

2. „*Exploration anthropogener Lager*“

- c) Detaillierte Bestimmung der Lagerstättenqualität, d. h. Bestimmung der chemisch-mineralogischen Form, in der die Wertstoffe vorliegen, sowie ihrer Aufbereitbarkeit

² Für die Abbauwürdigkeit eines Wertstoffes sind daneben natürlich noch eine Reihe anderer Faktoren, v. a. die Marktbedingungen, aber auch der Stand der Technik für Prospektion, Exploration, Bergtechnik, Aufbereitung und Transport, entscheidend. Auf diese Faktoren wird in der vorliegenden Studie nicht eingegangen.



- d) Bestimmung der Lagerstättenbonität, d. h. der Wertstoffverteilung („Nuggets“ oder feine Verteilung in einer Matrix) sowie der allgemeinen Beschaffenheit des Lagers (liegen beispielsweise Kupferdrähte in blanker Form, wie etwa bei Eisenbahn-Fahrdrähten vor, oder unter einer Isolierung (Drähte in Elektroinstallationen))

Im vorliegenden Projekt wurde in den meisten Fällen eine Mischform aus Prospektion und Exploration mit Schwerpunkt auf ersterer durchgeführt.

- Umwelt- oder Schadstoffaspekt

- (a) Emissionen aus Lagern

Die neu entstehenden Stofflager stellen naturgemäß nicht nur Wertstoff- sondern gleichzeitig auch potentielle Schadstoffquellen dar. Der Stand der Forschung hinsichtlich der Emissionen aus Lagern stellt sich sehr unterschiedlich dar: Während Emissionen aus Deponien und Altlasten als gut erforscht bezeichnet werden können, sind Emissionen aus Bergbauhalden und dem Konsumlager zwar anhand lokaler Einzelfälle untersucht worden, eine großräumige, längere Zeiträume umfassende Zusammenschau steht bis dato aber aus.

In der Studie „RALLES STMK“ wurden sämtliche zur Verfügung stehenden Daten zu diesem Problembereich soweit möglich berücksichtigt.

- (b) Senken und letzte Senken für Stoffe

Ein weiterer Umweltaspekt ist durch die Akkumulation von Stoffen in bestimmten Umweltkompartimenten, so genannten Senken, gegeben. Tritt ein Stoff mit der Umwelt in Interaktion, so hängt sein weiterer Weg hauptsächlich von seiner biogeochemischen Mobilität im jeweiligen Umweltmedium ab. Für viele Stoffe existieren Senken, in denen sich diese Stoffe sammeln und sich entweder über die Zeit anreichern oder aber aufgrund von mittelfristig auftretenden Prozessen wieder aus ihnen ausgetragen werden. Diese Senken sind oftmals Böden oder Seesedimente, können aber auch anthropogenen Ursprungs sein – etwa Deponien oder Bergbauhalden. Die letzte Senke eines Stoffes wird in dieser Arbeit als ein Zielprozess definiert, in dem dieser Stoff über lange Zeiträume (> 10.000 Jahre) verbleibt ohne ausgetragen zu werden. Letzte Senken sind also einerseits stoffspezifisch, andererseits über die Zeit zu definieren. Die Zeiteinschränkung ist notwendig, da in „geologischen“ Zeiträumen keine letzten Senken existieren, sondern die Stoffe Teil von sehr langsam ablaufenden Kreisläufen mit Zirkulationsdauern bis einigen 100 Millionen Jahren sind (Döberl & Brunner, 2001).

Um letzte Senken identifizieren und letztendlich beurteilen zu können, ist es also einerseits notwendig die Pfade zu kennen, denen emittierte Stoffe folgen, wozu andererseits Kenntnisse über die kurz-, mittel- und langfristigen biogeochemischen Kreisläufe, über die die Stoffe transportiert werden, notwendig sind.



Die Verweildauer in Senken, unabhängig ob es sich um letzte Senken handelt oder nicht, hängt von der Zyklusdauer biogeochemischer und geologischer Kreisläufe ab, denen prinzipiell sowohl Stoffe als auch Senken unterliegen und die von wenigen Stunden bis zu hunderten Millionen Jahren betragen kann. Die Zyklusdauer biogeochemischer Kreisläufe für bestimmte Stoffe kann vom Menschen auf rein mechanischem Weg (z. B. Deponieabdichtungen) nur unwesentlich, durch chemische Überführung in immobilere Phasen (z. B. Einbindung von Schwermetallen in CSH-Phasen im Rahmen der Nachbehandlung von Verbrennungsschlacken) jedoch beträchtlich beeinflusst werden. Eine Beeinflussung großer geologischer Zyklen hingegen ist nur in geringem Ausmaß möglich (Döberl & Brunner, 2001).

Für die gesamte Volkswirtschaft und die Abfallwirtschaft im Besonderen haben letzte Senken zentrale Bedeutung. Ziel einer nachhaltigen Volks- und Abfallwirtschaft muss es entweder sein die in die Umwelt abgegebenen Stoffe einer geeigneten letzten Senke zuzuführen oder, wenn dies nicht möglich ist, letzte Senken in Form von Endlagern zu schaffen. Eine geeignete letzte Senke ist so zu definieren, dass in ihr der betrachtete Stoff langfristig umweltverträglich „aufgehoben“ ist. Das inkludiert auch, dass geeignete letzte Senken langfristig für den Stoff aufnahmefähig sein müssen, dass also die laufende Akkumulation des Stoffes für das Umweltkompartiment, das als letzte Senke fungiert, verträglich ist. Bereits Ende der 1960er Jahre wies Abel Wolman auf die sich durch das Fehlen von geeigneten Senken ergebende Umweltproblematik hin (Wolman, 1968). Nicht nur der Output menschlicher Aktivitäten (Emissionen etc.) kann das begrenzende Element im Stoffhaushalt sein, sondern auch ein Mangel an geeigneten letzten Senken.

In der Studie „RALLES STMK“ wurde diesem Problemfeld Rechnung getragen, indem für die betrachteten Stoffe Senken und letzte Senken, sofern vorhanden, identifiziert und deren aktuellen „Auslastungsgrad“ quantifiziert wurde. Darüber hinaus wurde in Einzelfällen versucht, über eine Fortschreibung der aktuellen bzw. eine einfache Simulierung zukünftiger Stoffflüsse festzustellen, ob bestimmte Senken in Zukunft überlastet werden könnten.



2.2 Fragestellung

Folgende Fragen wurden beantwortet:

1. Wie ist das zu untersuchende System an Stoffflüssen und -lagern auszuwählen (*Systemdefinition*)?
2. Für welche Stoffe sollen Quellen, Pfade, temporäre Lager und letzte Senken miteinander verglichen werden (*Stoffauswahl*)?
3. Wie können Stoffflüsse und -lager in der Anthroposphäre bestimmt werden (*Methodenwahl*)?
4. Wie groß sind die geogenen und die anthropogenen Ressourcen sowie die bereits deponierten Abfälle der ausgewählten Stoffe (*Bestimmung der Mengen*)?
5. Wie verhalten sich die verschiedenen Stofflager und -flüsse zueinander (*Lagervergleich*)?
6. Welche Aussagen lassen sich bezüglich zukünftiger Grenzen auf der vorderen (Versorgungs-) respektive der hinteren (Entsorgungs-) Seite treffen (*Knappheit der Ressourcen oder der Senken*)?
7. Welche neuen (anthropogenen) Rohstoffpotentiale lassen sich erkennen und quantifizieren (*neues Ressourcenmanagement*)?
8. Inwieweit können die Ergebnisse zur Erreichung der Ziele im Steirischen Landes-Abfallwirtschaftsplan beitragen?



3 Methodisches Vorgehen

3.1 Vorgehen im Rahmen des Projekts

Das generelle Vorgehen ist durch die Methodik der Stoffflussanalyse vorgegeben: Es wird ein System definiert, in dem alle wichtigen Quellen, Stoffpfade, Lager (Bestände) und Senken eines Stoffes miteinander verknüpft sind. Für jedes Element des Systems (Prozesse und Güterflüsse) werden erste Daten ermittelt und darauf aufbauend grobe Bilanzen erstellt.

Im Rahmen dieses Projektes werden keine Messungen durchgeführt. Die notwendigen Daten und Informationen werden aus vorhandenen Berichten, Studien und der wissenschaftlichen Literatur entnommen sowie bei Behörden und Unternehmungen erhoben. Anhand des Ansatzes der Stoffflussanalyse und der Redundanz von Stoffhaushaltssystemen müssen nicht alle Güterflüsse und –lager bekannt sein. Es ist oft möglich, fehlende Daten anhand des Massenerhaltungssatzes und der Überbestimmtheit eines Systems mit genügender Genauigkeit abzuschätzen.

3.2 Methode der Stoffflussanalyse

Die Methode der Stoffflussanalyse ist ein Werkzeug zur Beschreibung und Analyse beliebig komplizierter Systeme und dient gemäß ÖNORM S 2096-1 (ÖNORM, 2005a) 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. Sie erlaubt die Darstellung und Modellierung von Betrieben, privaten Haushaltungen, 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.

Eine Stoffflussanalyse wird in mehreren aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten erstellt. Bei der Entwicklung der Methode Ende der 1980er Jahre wurde neben einem bestimmten reglementierten methodischen Vorgehen, auch eine spezielle „Sprache“ entwickelt (Baccini & Brunner, 1991; Baccini & Bader, 1996; Daxbeck & Brunner, 1993). 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 konnten. 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 ist nicht linear, der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte erfolgt vielmehr iterativ und ist im Regelblatt 514 des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes detailliert beschrieben (ÖWAV, 2003) sowie in der am 01. 01. 2005 veröffentlichten ÖNORM S 2096, Teil 1 und Teil 2 (ÖNORM, 2005a; 2005b) normativ geregelt.



3.3 Systemdefinition

Gemäß ÖNORM S 2096-2 (ÖNORM, 2005b) ist die Systemdefinition der kreative Entwurfsvorgang, in dem für konkrete Fragestellungen die Struktur eines Systems (zeitliche und räumliche Grenzen, Prozesse, Güter, Stoffe und deren Verknüpfungen) festgelegt wird.

Die Systemdefinition besteht aus folgenden Teilschritten:

- Festlegung der Systemgrenze (räumlich und zeitlich),
- Festlegung der Prozesse und Güter,
- Auswahl der Stoffe,
- Festlegung der angestrebten Genauigkeit der Untersuchung,

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.

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.



3.3.1 Systemgrenzen

Ausgangspunkt jeder Stoffflussanalyse ist die Wahl der Systemgrenze. Es ist zu entscheiden, welche Prozesse innerhalb und welche sich außerhalb des zu untersuchenden Systems befinden.

Die Systemgrenze wird in Abhängigkeit von den Zielen und den Aufgabenstellungen sowohl räumlich als auch zeitlich gezogen. Die zeitliche Komponente der Systemgrenze bildet die Grundlage für den Bilanzierungszeitraum. Grundsätzlich kann der Bilanzierungszeitraum individuell gewählt werden, üblicherweise beträgt er ein Jahr (ÖNORM, 2005b).

3.3.1.1 Räumliche Systemgrenze

Im vorliegenden Projekt ist das Gesamtsystem innerhalb dessen die Güter und Stoffe bilanziert werden, horizontal durch die politische Grenze des Bundeslandes Steiermark begrenzt. Die vertikale Begrenzung ist durch die Berücksichtigung der unterirdischen Abbauvorgänge, Bauwerke und den landwirtschaftlichen bzw. industriell-gewerblich genutzten Boden (sowohl geologischer Untergrund als auch „Boden“ im bodenkundlichen Sinne) gegeben.

3.3.1.2 Zeitliche Systemgrenze

Die zeitliche Systemgrenze beträgt ein Jahr. Das Bezugsjahr wird je nach Stoff und Datenlage möglichst aktuell gewählt. In dieser Studie wird als Bezugsjahr das Jahr 2003 gewählt.

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



3.3.2 Stoffhaushalt Steiermark

Basierend auf den Definitionen der Systemgrenzen sowie der Prozesse und Güter im Kapitel 3.3.3 ist in Abbildung 3-1 der Stoffhaushalt der Steiermark dargestellt. Dabei steht „Stoff“ als Platzhalter für die im Kapitel 3.3.4 ausgewählten Stoffe.

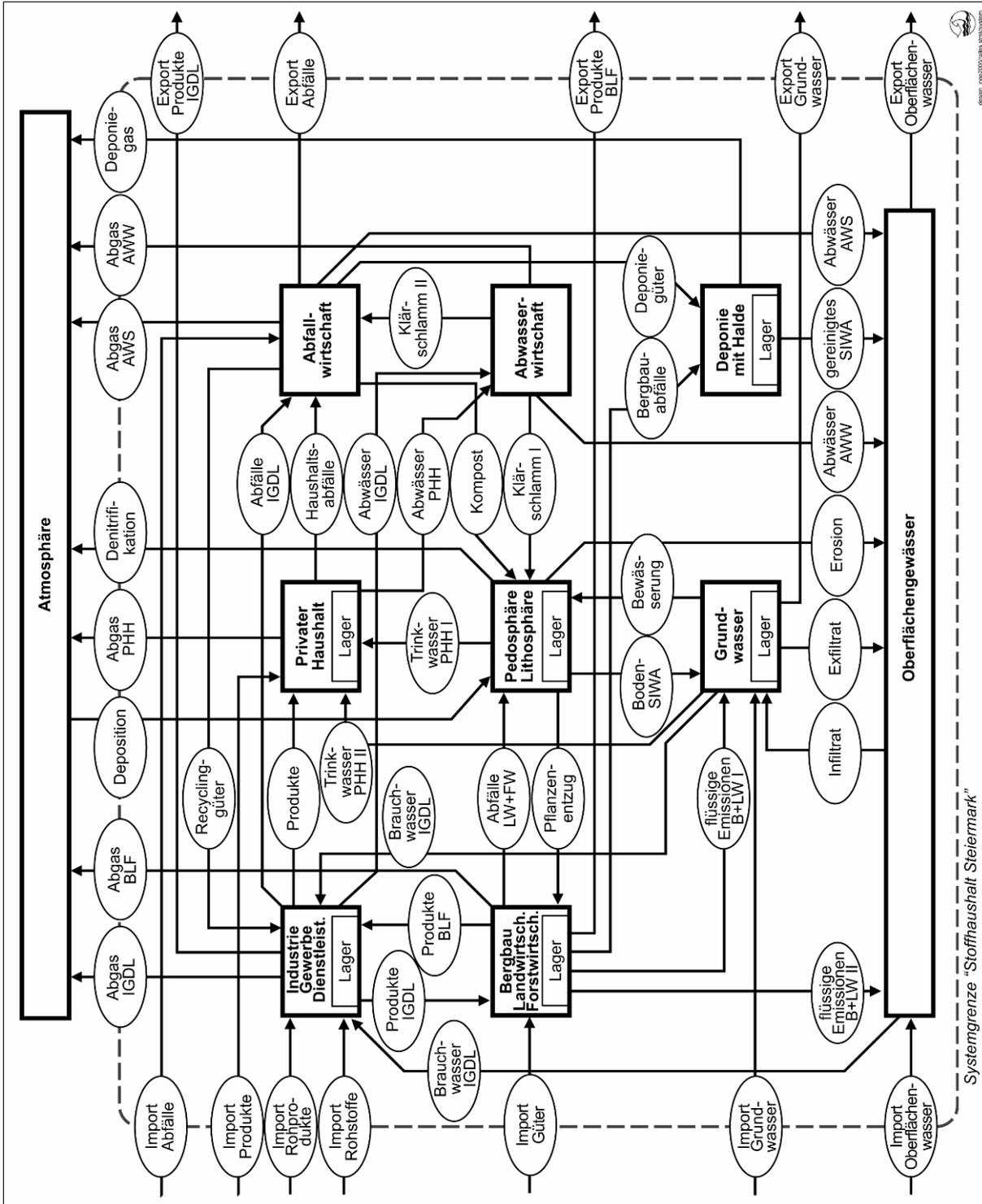


Abbildung 3-1: Systemdefinition „Stoffhaushalt Steiermark“



3.3.3 Auswahl der Prozesse und Güter

Ein Prozess beschreibt die Umwandlung (biologisch, chemisch, physikalisch), den Transport oder die Lagerung von Gütern und Stoffen. Der Prozess selbst wird normalerweise als „Black Box“ verstanden, das heißt die Vorgänge innerhalb des Prozesses werden mit Ausnahme eines etwaigen Lagers nicht untersucht. Beim Lager werden der Bestand zu Beginn des Bilanzierungszeitraumes sowie die Lagerveränderung betrachtet (Lagerabbau resp. –aufbau). Die einzelnen Prozesse werden über Güterflüsse miteinander verknüpft. Güterflüsse in einen Prozess werden als Inputs, solche aus einem Prozess hinaus als Outputs bezeichnet. Jeder Güterfluss hat eine eindeutige Bezeichnung und verfügt über genau einen Herkunfts- und einen Zielprozess (ÖNORM, 2005a; 2005b).

Es werden alle für die Ziel- und Aufgabenstellungen relevanten Prozesse (inkl. Lager) und die damit verbundenen Güterflüsse, die die zur Beantwortung der Fragestellung ausgewählten Stoffe beinhalten, ausgewählt und definiert. Für das System „Stoffhaushalt Steiermark“ wurden neun Prozesse und 48 Güterflüsse ausgewählt. Die Aufteilung ermöglicht es, die Massenflüsse und deren Lager in einzelnen Prozessen durch das System „Stoffhaushalt Steiermark“ zu verfolgen und ihre Bedeutung in den einzelnen Prozessen zu beurteilen.

3.3.3.1 Prozess „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft“ (BLF)

Der Prozess „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft“ umfasst die „Urproduktion“ und deren Lager. D. h. die nutzbaren geogenen Lagerstätten in der Steiermark, aus denen Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe für die Stoff-, Güter- und Energieproduktion gewonnen werden. Der Abbau selbst findet ebenfalls im Prozess „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft“ statt. Weiters umfasst der Prozess alle land- und forstwirtschaftlichen Tätigkeiten incl. deren Lager (auch Pflanzen und Tiere) mit Ausnahme des Bodenlagers (siehe Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“).



Tabelle 3-1: Definition des Prozesses „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft“ (BLF)

Güter- und Prozessliste				
Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	(Hilfs)güter, die in die Steiermark importiert werden und im Bergbau, in der Land- oder Forstwirtschaft zum Einsatz kommen (Dünger etc.)
	Pedosphäre, Lithosphäre	Pflanzenentzug	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Stoffe, die dem Boden durch land- oder forstwirtschaftlich genutzte Pflanzen entzogenen werden
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Produkte BLF	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung	Produkte aus dem Bergbau, der Land- oder Forstwirtschaft, die in der Steiermark gewonnen und zur Erzeugung von Rohstoffen oder Energie oder zur Weiterverarbeitung in der Steiermark genutzt werden
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Export Produkte BLF	Prozess außerhalb des Systems	Produkte aus dem Bergbau, der Land- oder Forstwirtschaft, die in der Steiermark produziert wurden und ins restliche Österreich bzw. ins Ausland exportiert werden
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B+LW I	Grundwasser	Flüssige Emissionen aus dem Bergbau oder der Landwirtschaft, die ins Grundwasser gelangen
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B+LW II	Oberflächengewässer	Flüssige Emissionen aus dem Bergbau oder der Landwirtschaft, die in Oberflächengewässer gelangen
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Abgas BLF	Atmosphäre	Gasförmige Emissionen, die aus dem Bergbau, der Land- oder Forstwirtschaft stammen
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Abfälle LW+FW	Pedosphäre, Lithosphäre	Abfälle aus der Land- oder Forstwirtschaft, die in der Steiermark auf Böden aufgebracht werden
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Bergbauabfälle	Deponie mit Halde	Abfälle aus dem Bergbau, die in der Steiermark auf Halden verbracht werden
	Bestand, Input, Output			Beschreibung
Lager Erze	0			Lagerbestand in natürlichen Lagerstätten in der Steiermark zu Beginn des Betrachtungszeit-raumes
	LAGEROUTPUT			Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe, die in der Steiermark im Betrachtungs-zeitraum abgebaut werden
	LAGERBESTAND ENDE			Lagerbestand in natürlichen Lagerstätten in der Steiermark am Ende des Betrachtungszeit-raumes
	Bestand, Input, Output			Beschreibung
Lager LW+FW	LAGERBESTAND BEGINN			Lagerbestand in der Land- und Forstwirtschaft zu Beginn des Betrachtungszeitraumes
	LAGERINPUT			Güter, die in das Lager der Land- und Forstwirtschaft gelangen
	LAGEROUTPUT			Produkte, Abfälle und Emissionen, die aus dem Lager der Land- und Forstwirtschaft abgegeben werden
	LAGERVERÄNDERUNG			Differenz aus Lagerinput und Lageroutput
	LAGERBESTAND ENDE			Lagerbestand in der Land- und Forstwirtschaft am Ende des Betrachtungszeitraumes



3.3.3.2 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur“ (IGDI)

Der Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur“ umfasst den sekundären und tertiären Wirtschaftssektor.

Tabelle 3-2: Definition des Prozesses „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur“ (IGDI)

Güter- und Prozessliste				
Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Rohprodukte	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Rohprodukte und Recyclingmaterialien, die aus dem restlichen Österreich oder dem Ausland importiert und verarbeitet werden
	Prozess außerhalb des Systems	Import Rohstoffe	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Rohstoffe, die aus dem restlichen Österreich oder dem Ausland zur Erzeugung von Rohprodukten importiert werden
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Produkte BLF	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Produkte aus dem Bergbau, der Land- oder Forstwirtschaft, die in der Steiermark gewonnen und zur Erzeugung von Rohstoffen oder Energie oder zur Weiterverarbeitung in der Steiermark genutzt werden
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGDL	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Brauchwasser, das aus Oberflächengewässern stammt und in Industrie, Gewerbe oder Dienstleistung benötigt wird
	Grundwasser	Trink- und Brauchwasser IGDL	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Trink- und Brauchwasser, das aus dem Grundwasser stammt und in Industrie, Gewerbe oder Dienstleistung benötigt wird
	Grundwasser	Recyclinggüter	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abfälle, die in der Steiermark stofflich zu sekundären Rohstoffen verwertet und wiederverarbeitet werden
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Produkte	Privater Haushalt	Produkte, die in der Steiermark produziert wurden und in die privaten Haushalte der Steiermark gelangen
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abfälle IGDL	Abfallwirtschaft	Feste Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abwässer IGDL	Abwasserwirtschaft	Abwässer aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung, die in die kommunale Abwasserreinigung gelangen
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abgas IGDL	Atmosphäre	Gasförmige Emissionen aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung, die in die Atmosphäre gelangen
	Bestand, Input, Output		Beschreibung	
Lager IGDL		LAGERBESTAND BEGINN		Lagerbestand in Industrie, Gewerbe und Dienstleistung zu Beginn des Betrachtungszeitraumes
		LAGERINPUT		Rohstoffe, Rohprodukte, land- und forstwirtschaftliche Produkte, Produkte aus dem Bergbau, Recyclinggüter und Wässer, die in das Lager von Industrie, Gewerbe, Dienstleistung in der Steiermark gelangen
		LAGEROUTPUT		Produkte, gasförmige Emissionen, Abwässer und feste Abfälle, die aus dem Lager Industrie, Gewerbe, Dienstleistung abgegeben werden
		LAGERVERÄNDERUNG		Differenz aus Lagerinput und Lageroutput
		LAGERBESTAND ENDE		Lagerbestand in Industrie, Gewerbe und Dienstleistung am Ende des Betrachtungszeitraumes



3.3.3.3 Prozess „Privater Haushalt“ (PHH)

Tabelle 3-3: Definition des Prozesses „Privater Haushalt“ (PHH)

Güter- und Prozessliste				
Privater Haushalt				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Produkte	Privater Haushalt	Produkte, die aus dem restlichen Österreich oder dem Ausland importiert werden und in die privaten Haushalte der Steiermark gelangen
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Produkte	Privater Haushalt	Produkte, die in der Steiermark produziert wurden und in die privaten Haushalte der Steiermark gelangen
	Pedosphäre, Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	Privater Haushalt	Trinkwasser, das aus Quellen stammt und in den privaten Haushalten benötigt wird
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	Privater Haushalt	Trinkwasser, das aus dem Grundwasser stammt und in den privaten Haushalten benötigt wird
	Herkunftsprozess	Outputgut		Beschreibung
Output	Privater Haushalt	Abgas PHH	Atmosphäre	Gasförmige Emissionen, die aus den privaten Haushalten der Steiermark stammen
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	Abwasserwirtschaft	Abwässer, die aus den privaten Haushalten der Steiermark stammen
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	Abfallwirtschaft	Feste Abfälle, die aus den privaten Haushalten der Steiermark stammen
	Bestand, Input, Output			Beschreibung
Lager PHH		LAGERBESTAND BEGINN		Lagerbestand in privaten Haushalten zu Beginn des Betrachtungszeitraumes
		LAGERINPUT		Trinkwasser und Produkte aus dem restlichen Österreich oder dem Ausland oder aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung der Steiermark, die in private Haushalte gelangen
		LAGEROUTPUT		Gasförmige Emissionen, Abwässer und feste Abfälle, die aus privaten Haushalten abgegeben werden
		LAGERVERÄNDERUNG		Differenz aus Lagerinput und Lageroutput
		LAGERBESTAND ENDE		Lagerbestand in privaten Haushalten am Ende des Betrachtungszeitraumes



3.3.3.4 Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Der Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“ umfasst Böden im bodenkundlichen Sinne („Pedosphäre“) sowie die obersten Meter der Erdkruste („Lithosphäre“).

Tabelle 3-4: Definition des Prozesses „Pedosphäre, Lithosphäre“

Güter- und Prozessliste				
Pedosphäre, Lithosphäre				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Abfälle LW+FW	Pedosphäre, Lithosphäre	Abfälle, die aus der Land- und Forstwirtschaft stammen und in der Steiermark auf Böden aufgebracht werden
	Abfallwirtschaft	Kompost	Pedosphäre, Lithosphäre	Kompost, der aus der Abfallwirtschaft stammt und in der Steiermark auf Böden aufgebracht wird
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	Pedosphäre, Lithosphäre	Klärschlamm, der aus der Abwasserwirtschaft stammt und in der Steiermark auf Böden aufgebracht wird
	Deposition	Atmosphäre	Pedosphäre, Lithosphäre	Material, das im Zuge der trocknen und nassen Deposition aus der Atmosphäre auf den Boden gelangt
	Grundwasser	Bewässerung	Pedosphäre, Lithosphäre	Grundwasser, das in der Landwirtschaft der Bewässerung dient
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Pedosphäre, Lithosphäre	Boden-SIWA	Grundwasser	Sickerwasser, das zur Grundwasserneubildung beiträgt
	Pedosphäre, Lithosphäre	Pflanzenentzug	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Stoffe, die dem Boden durch land- oder forstwirtschaftlich genutzte Pflanzen entzogen werden
	Pedosphäre, Lithosphäre	Denitrifikation	Atmosphäre	Stickstoffverbindungen, die im Boden mikrobiell denitrifiziert werden
	Pedosphäre, Lithosphäre	Erosion	Oberflächengewässer	Bodenmaterial, das durch Erosionsprozesse in Oberflächengewässer verfrachtet wird
	Pedosphäre, Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	Privater Haushalt	Trinkwasser, das aus Quellen stammt und in den privaten Haushalten benötigt wird
	Bestand, Input, Output		Beschreibung	
Lager		LAGERBESTAND BEGINN		Lagerbestand in der Pedo- und Lithosphäre der Steiermark zu Beginn des Betrachtungszeit-raumes
		LAGERINPUT		Güter oder Stoffe, die der Pedo- und Lithosphäre durch Düngung, Bodenverbesserung, Deposition und Bewässerung zugeführt werden
		LAGEROUTPUT		Güter oder Stoffe, die der Pedo- und Lithosphäre durch Wasserentnahme, Versickerung, Pflanzenentzug, Erosion und Denitrifikation entzogen werden
		LAGERVERÄNDERUNG		Differenz aus Lagerinput und Lageroutput
		LAGERBESTAND ENDE		Lagerbestand in der Pedo- und Lithosphäre der Steiermark am Ende des Betrachtungszeitraumes



3.3.3.5 Prozess „Grundwasser“

Tabelle 3-5: Definition des Prozesses „Grundwasser“

Güter- und Prozessliste				
Grundwasser				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	Grundwasser	Grundwasser, das vom restlichen Österreich oder vom Ausland in die Steiermark fließt
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B+LW I	Grundwasser	Flüssige Emissionen aus dem Bergbau oder der Landwirtschaft, die ins Grundwasser gelangen
	Pedospähre, Lithosphäre	Boden-SIWA	Grundwasser	Sickerwasser, das zur Grundwasserneubildung beiträgt
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Grundwasser	Export Grundwasser	Prozess außerhalb des Systems	Grundwasser, das von der Steiermark ins restliche Österreich oder ins Ausland fließt
	Grundwasser	(Netto)Exfiltrat	Oberflächenwasser	Wasser, das von einem Grundwasserkörper in ein Oberflächengewässer fließt
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	Privater Haushalt	Trinkwasser, das aus dem Grundwasser stammt und in den privaten Haushalten benötigt wird
	Grundwasser	Trink- und Brauchwasser IGDL	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Trink- und Brauchwasser, das aus dem Grundwasser stammt und in Industrie, Gewerbe oder Dienstleistung benötigt wird
	Grundwasser	Bewässerung	Pedospähre, Lithosphäre	Grundwasser, das in der Landwirtschaft der Bewässerung dient

3.3.3.6 Prozesse „Oberflächengewässer“

Tabelle 3-6: Definition des Prozesses „Oberflächengewässer“

Güter- und Prozessliste				
Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	Oberflächengewässer	Oberflächenwasser, das vom restlichen Österreich oder vom Ausland in die Steiermark fließt
	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B+LW II	Oberflächengewässer	Flüssige Emissionen aus dem Bergbau oder der Landwirtschaft, die in Oberflächengewässer gelangen
	Grundwasser	Exfiltrat	Oberflächengewässer	Wasser, das von einem Grundwasserkörper in ein Oberflächengewässer fließt
	Pedospähre, Lithosphäre	Erosion	Oberflächengewässer	Bodenmaterial, das durch Erosionsprozesse in Oberflächengewässer verfrachtet wird
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	Oberflächengewässer	Gereinigte Abwässer, die aus der Abwasserwirtschaft stammen
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	Oberflächengewässer	Gereinigte Abwässer, die aus der Abfallwirtschaft stammen
	Deponie mit Halde	gereinigtes SIWA	Oberflächengewässer	Gereinigtes Sickerwasser aus Abfalldeponien
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	Prozess außerhalb des Systems	Oberflächenwasser, das von der Steiermark ins restliche Österreich oder ins Ausland fließt
	Oberflächengewässer	Infiltrat	Grundwasser	Oberflächenwasser, das ins Grundwasser fließt (Uferfiltrat)



3.3.3.7 Prozesse „Abfallwirtschaft“

Tabelle 3-7: Definition des Prozesses „Abfallwirtschaft“

Güter- und Prozessliste				
Abfallwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	Abfallwirtschaft	Abfälle, die aus dem restlichen Österreich oder dem Ausland importiert werden und in die Abfallwirtschaft gelangen
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abfälle IGDL	Abfallwirtschaft	Feste Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	Abfallwirtschaft	Feste Abfälle, die aus den privaten Haushalten der Steiermark stammen
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	Abfallwirtschaft	Klärschlamm, der aus der Abwasserwirtschaft stammt
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Abfallwirtschaft	Export Abfälle	Prozess außerhalb des Systems	Abfälle, die ins restliche Österreich oder ins Ausland exportiert werden
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abfälle, die in der Steiermark stofflich zu sekundären Rohstoffen verwertet und wiederverarbeitet werden
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	Deponie mit Halde	Abfälle, die auf Deponien verbracht werden
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	Oberflächengewässer	(Gereinigte) Abwässer, die aus der Abfallwirtschaft stammen und in Oberflächengewässer gelangen
	Abfallwirtschaft	Abgas AWS	Atmosphäre	Gasförmige Emissionen, die aus der Abfallwirtschaft stammen und in die Atmosphäre gelangen
	Abfallwirtschaft	Kompost	Pedosphäre, Lithosphäre	Kompost, der aus der Abfallwirtschaft stammt und in der Steiermark auf Böden aufgebracht wird

3.3.3.8 Prozesse „Abwasserwirtschaft“

Tabelle 3-8: Definition des Prozesses „Abwasserwirtschaft“

Güter- und Prozessliste				
Abwasserwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Privater Haushalt	Abwässer PHH	Abwasserwirtschaft	Abwässer, die aus den privaten Haushalten der Steiermark stammen
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur	Abwässer IGDL	Abwasserwirtschaft	Abwässer aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistung, die in die kommunale Abwasserreinigung gelangen
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	Abfallwirtschaft	Klärschlamm, der aus der Abwasserwirtschaft stammt
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	Oberflächengewässer	Gereinigte Abwässer, die aus der Abwasserwirtschaft stammen und in Oberflächengewässer gelangen
	Abwasserwirtschaft	Abgas AWW	Atmosphäre	Gasförmige Emissionen, die aus der Abwasserwirtschaft stammen und in die Atmosphäre gelangen
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	Pedosphäre, Lithosphäre	Klärschlamm, der aus der Abwasserwirtschaft stammt und in der Steiermark auf Böden aufgebracht wird



3.3.3.9 Prozesse „Deponie mit Halde“

Der Prozess „Halden + Deponien“ umfasst die Ablagerung von Abfällen, in denen die untersuchten Stoffe enthalten sind, auf Halden oder Deponien.

Tabelle 3-9: Definition des Prozesses „Deponie mit Halde“

Güter- und Prozessliste				
Deponie mit Halde				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Zielprozess	Beschreibung
Input	Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Bergbauabfälle	Deponie mit Halde	Abfälle aus dem Bergbau, die in der Steiermark auf Halden verbracht werden
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	Deponie mit Halde	Abfälle, die auf Deponien verbracht werden
	Herkunftsprozess	Outputgut	Zielprozess	Beschreibung
Output	Deponie mit Halde	gereinigtes SIWA	Oberflächengewässer	Gereinigtes Sickerwasser aus Abfalldeponien
	Deponie mit Halde	Deponiegas	Atmosphäre	Deponiegas, das in die Atmosphäre gelangt
	Bestand, Input, Output		Beschreibung	
Lager Deponie mit Halde		LAGERBESTAND BEGINN		Lagerbestand in Abfalldeponien und Bergbauhalden der Steiermark zu Beginn des Betrachtungszeit-raumes
		LAGERINPUT		Abfälle aus dem Bergbau, Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und privaten Haushalten, die auf Deponien oder Halden verbracht werden
		LAGEROUTPUT		Gasförmige und flüssige Emissionen sowie gereinigtes Sickerwasser aus Abfalldeponien und Bergbauhalden
		LAGERVERÄNDERUNG		Differenz aus Lagerinput und Lageroutput
		LAGERBESTAND ENDE		Lagerbestand in Abfalldeponien und Bergbauhalden der Steiermark am Ende des Betrachtungszeitraumes



3.3.4 Auswahl der Stoffe und Gütergruppen

Als Kriterien für die Stoffauswahl wurden in einem ersten Schritt die wirtschaftliche Relevanz in der Steiermark und in Österreich, das Rohstoff- bzw. Schadstoffpotential und die Bedeutung als Lagerbildungselement herangezogen. Nach einer Analyse der Verfügbarkeit von Daten über Stoffflüsse, geogene und anthropogene Lager sowie Senken wurde schließlich gemeinsam mit dem Auftraggeber beschlossen, folgende Stoffe in die weiteren Betrachtungen einzubeziehen (siehe auch Tabelle 3-10):

Nährstoffe

1. Stickstoff

Metalle

2. Cadmium
3. Kupfer
4. Eisen
5. Zink

Diesen fünf Stoffen ist gemein, dass die zur Verfügung stehende Datenlage als relativ gut bezeichnet werden kann.

Innerhalb des Systems „Stoffhaushalt Steiermark“ wird auf folgende Gütergruppen besonderes Augenmerk gelegt:

1. Klärschlamm und Kompost
2. Mineralische Baurestmassen
3. Elektroaltgeräte
4. Altfahrzeuge
5. Restmüll



Tabelle 3-10: Ausgewählte Stoffe, Begründung der Auswahl und Kurzcharakteristik

Stoff	Begründung der Auswahl	Kurzcharakteristik
Eisen Fe	<ul style="list-style-type: none"> • Meist genutztes Übergangsmetall Weltproduktion 2002 primär: 600-750 Mt Österreich 2002 primär: 0,6 Mt Zuwachsrate 1980-2002 global: 5 %/a Weltvorräte: 150.000 Mt statische Vorhaltdauer: 140 Jahre • Österreich traditioneller Produzent • Großes anthropogenes Lager 	<ul style="list-style-type: none"> • geologisch: gesteinsbildendes Matrixelement • Fe²⁺ hydrogeochemisch mäßig, Fe³⁺ sehr gering mobil • essentiell für die meisten Organismen
Kupfer Cu	<ul style="list-style-type: none"> • Wichtiges Buntmetall Weltproduktion 2002 primär: 13 Mt; sekundär: 1,7 Mt Österreich 2002 sekundär: 0,065 Mt Zuwachsrate 1980-2002 global: 3,3 %/a Weltvorräte 480 Mt statische Vorhaltdauer: 36 Jahre • Anthropogenes Lager von Bedeutung • Verstärkte Dissipation in die Umwelt, v. a. durch Verwendung als Korrosionsschutz für Oberflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • geologisch: chalcophiles Spurenelement • sehr gering mobil als Sulfid • Resorption im menschlichen Körper • essentiell für viele Organismen • in konzentrierten Lösungen hochtoxisch für Wirbellose, mäßig für Wirbeltiere
Zink Zn	<ul style="list-style-type: none"> • Wichtiges Buntmetall Weltproduktion 2002 primär: 8,9 Mt; sekundär: 0,6 Mt Zuwachsrate 1980-2002 global: 2,4 %/a Weltvorräte 200 Mt statische Vorhaltdauer: 22 Jahre • Anthropogenes Lager von Bedeutung • Verstärkte Dissipation in die Umwelt, v. a. durch Verwendung als Korrosionsschutz für Oberflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • geologisch: chalcophiles Spurenelement • geringe Umweltmobilität • essentiell für viele Organismen • mäßig bis leicht toxisch für Lebewesen
Cadmium Cd	<ul style="list-style-type: none"> • seltenes Metall Weltproduktion 2002 primär: 17 kt Zuwachsrate 1980-2002 global: -0,2 %/a Weltvorräte 6 Mt statische Vorhaltdauer: 350 Jahre • Anthropogenes Lager von Bedeutung • Umwelteintrag hauptsächlich aus anthropogenen Quellen 	<ul style="list-style-type: none"> • geologisch: chalcophiles Spurenelement • Anreicherung im Organismus (Bioakkumulation) • Resorption im menschlichen Körper • karzinogene Wirkung • toxisch für Lebewesen
Stickstoff N	<ul style="list-style-type: none"> • Potentieller Luftschadstoff (NO_x) • Mögliche Grundwasserbeeinträchtigung durch NO₃ infolge erhöhten Stickstoffeintrags (Landwirtschaft) • Bei hoher Konzentration eutrophierende Wirkung in Gewässern • Hauptbestandteil der Luft (78,1 Vol-%) 	<ul style="list-style-type: none"> • essentieller Nährstoff für Tiere und Pflanzen • als elementarer N₂ reaktionsträge • als NO₃ hydrogeochemisch mobil

Quellen: Merian (1984); Nöstaller (2003); Reichel (1997); Thalmann et al. (1989); USGS (2002, 2005); Weber & Zsak (2004)



3.4 Berechnung der Schwermetallanreicherung im Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Für die Abschätzung der Entwicklung des Schwermetalllagers im Boden wurde das von Lampert (2001) entwickelte *Schichtenmodell* verwendet. Der Name *Schichtenmodell* rührt daher, dass die Bearbeitungstiefe (Vermischungshorizont) als konstant angenommen wird und deshalb (i) der Auftrag an stabiler Matrix (Relieferhöhung; der Bodenhorizont wächst nach „oben“) sowie (ii) der Austrag an Boden über die Erosion (Boden wächst nach „unten“) berücksichtigt wird.

Mit Hilfe des Modells kann sowohl die durch ein einzelnes Gut als auch durch die Summe von verschiedenen Gütern bedingte Stoffanreicherung im Boden berechnet werden.

Ad (i): Bei der Schadstoffanreicherung ist zu berücksichtigen, dass durch das Aufbringen bspw. von Kompost, Klärschlamm etc. auch stabile Bestandteile („stabile Matrix“) mit aufgebracht werden, die „verdünnend“ auf die eingetragenen Schadstoffe wirken. Die Menge an eingebrachter stabiler Matrix ist dabei sowohl vom nicht-abbaubaren Anteil der organischen Substanz und vom nicht-löslichen Anteil der anorganischen Substanz des aufgebrachten Gutes abhängig. Je höher der Anteil an stabilen Bestandteilen und je geringer die Differenz zwischen der geogenen Stoffkonzentration und der Konzentration in einem Gut ist, desto positiver wirkt sich die Berücksichtigung der verdünnenden Wirkung aus, das heißt, desto geringer ist das Ausmaß der Schadstoffanreicherung durch das betrachtete Gut. Entspricht die Stoffkonzentration der eingebrachten stabilen Matrix der geogenen Stoffkonzentration (geogene Stofffracht), so ist das aufgebrachte Gut nicht anreicherungswirksam. Liegt die Stoffkonzentration des aufgebrachten Gutes bezogen auf die stabile Matrix unter der „geogenen“ Stoffkonzentration, so kommt es durch dieses Gut zu einer Abreicherung des Stoffes im Boden.

Durch den „Verdünnungseffekt“ der aufgebrachten stabilen Bestandteile ergibt sich, dass gleiche Stofffrachten desselben aufgebrachten Gutes bei unterschiedlichen Stoffkonzentrationen und Aufbringungsmengen zu unterschiedlich langen Anreicherungszeiträumen von Schadstoffen im Boden führen. Geringere Stoffkonzentrationen verlängern bei größeren jährlichen Aufbringungsmengen (t TS Endprodukt) die Zeiten der Aufkonzentrierung und umgekehrt.

Ebenso ist zu berücksichtigen, dass die Stoffausträge aus dem Boden über die Auswaschung, den Pflanzenentzug und die Erosion mit steigender Bodenkonzentration zunehmen und damit die Anreicherung nicht linear verläuft. Die Stoffanreicherung im Boden strebt deshalb trotz (angenommener) jährlich gleich bleibender aufgebrachter Stofffrachten einem „Grenzwert“ („steady state“ bzw. Input = Output) zu.

Ad (ii): Wesentlich im Schichtenmodell ist auch, dass die Mächtigkeit des betrachteten Bodenkompartmentes konstant gehalten wird. Dadurch verringert sich der Netto-Austrag über die Erosion sehr stark, da eine „oben“ erodierte Bodenschicht durch eine „unten“ hinzukommende Schicht gleicher Dicke ausgeglichen wird. Somit ist lediglich die Differenz der Stoffkonzentration im Ober- und Unterboden relevant für den (Netto)Stoffaustrag aus dem Bodenkompartment.



4 Datenerfassung

4.1 Allgemeines

Die wichtigsten Datengrundlagen für die vorliegende Studie bildeten folgende Publikationen:

- Österreichische Außenhandelsstatistik 2003 (Statistik Austria, 2004a; siehe dazu untenstehende Erläuterungen)
- Statistisches Jahrbuch 2005 (Statistik Austria, 2005)
- Österreichisches Montanhandbuch 2004 (BMWA, 2004)
- „Güterhaushalt Österreich“ (Daxbeck et al., 2003)
- „Bauwerk Österreich“ (Stark et al., 2003)
- „Machbarkeitsstudie nationale Stoffbuchhaltung – Testbeispiel Zink“ (Daxbeck et al., 1998)

Dazu kommen eine Reihe anderweitig erfasster Daten aus verschiedensten Quellen, Daten aus Befragungen von ExpertInnen und, sofern nicht anders möglich, eigene Abschätzungen. Alle erhobenen Daten sind, sofern nicht ohnehin im Text dargestellt, mit Angabe der Quelle, in detaillierten Aufstellungen im Anhang zusammengestellt.

4.1.1 Implementierung der Daten der Österreichischen Außenhandelsstatistik in die Studie

Da die österreichische Außenhandelsstatistik für diese Studie eine wichtige Datengrundlage bildete, wird an dieser Stelle kurz auf deren Struktur eingegangen:

Soweit möglich, wurden die Daten den beiden Bänden über den „Spezialhandel nach Waren und Ländern“ (KN-Gliederung; Statistik Austria, 2005) entnommen. Im Wesentlichen war dies für Güter aus folgenden KN-Kapiteln möglich:

- KN 26 Erze, Schlacken und Aschen. Die Daten für Erze und Konzentrate aus diesem Kapitel decken sich mit den Daten aus dem Österreichischen Montan-Handbuch (BMWA, 2004).
- KN 28 Anorganische chemische Erzeugnisse, chemische Elemente
- KN 72 Eisen und Stahl
- KN 73 Waren aus Eisen und Stahl
- KN 74 Kupfer und Waren daraus
- KN 76 Aluminium und Waren daraus
- KN 79 Zink und Waren daraus
- KN 84 Kernreaktoren, Maschinen, mechanische Geräte
- KN 85 Elektrische Maschinen und Apparate



Für alle wesentlichen Güter aus diesen KN-Kapiteln wurde die jeweilige Metallkonzentration erhoben und auf diese Weise die Metallflüsse errechnet.

Manche Güter, insbesondere größere Mobilien (z. B. Kfz), werden in der KN-Gliederung nur stückweise geführt. In diesen Fällen wurde auf die massenbasierte SITC-rev-(Standard International Trade Classification – revised 3)-Gliederung zurückgegriffen. Diese ist im Statistischen Jahrbuch (Statistik Austria, 2004a) publiziert.

Sämtliche verwendete Daten aus diesen beiden Publikationen finden sich aufgedgliedert nach KN- bzw. SITC-Einteilung im Anhang.

4.1.2 Grundlegendaten

Die folgenden Datensätze sind für alle betrachteten Stoffe relevant. Um Einheitlichkeit zu gewährleisten, werden sie an dieser Stelle besprochen.

4.1.2.1 Oberflächenwasserbilanz

Die folgende Tabelle gibt die Wasserimporte und Exporte der wichtigsten Flüsse des Bundeslandes Steiermark wieder. Demnach fließen über Enns und Mur rund 1.400 Mio. m³ in die Steiermark. Rund 8.500 Mio. m³ verlassen die Steiermark über die Flüsse Enns, Mur (inkl. Mürz), Raab, Feistritz, Lafnitz und Pinka.

Tabelle 4-1: Abschätzung der Oberflächenwasserbilanz der Steiermark

Gewässer	Zufluss		Abfluss	
	[m ³ /s]	[10 ⁶ m ³ /a]	[m ³ /s]	[10 ⁶ m ³ /a]
Enns	20	631	100	3.154
Mur	25	788	145	4.573
Raab			10	315
Feistritz + Lafnitz			15	473
Pinka			1	16
Summe	45	1.419	271	8.530

Datenquelle: Digitaler Atlas der Steiermark – Wasserwirtschaft
[\(http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/2849365/DE/\)](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/2849365/DE/)



4.2 Stickstoff

Als Ergänzung zu den unter Punkt 4.1 angeführten Quellen wurden für die Bilanzierung des Stickstoffhaushaltes Daten aus folgenden Publikationen herangezogen:

- „Stickstoffhaushalt Österreich“ (Obernosterer & Reiner, 2003)
- „Nährstoffbilanzen der Donauanrainerstaaten – Erhebung für Österreich“ (Kroiß et al., 1997)
- „Stickstoffbilanz des Kremstales“ (Kaas et al., 1994)
- „Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich“ (Zessner et al., 1992)

Die Güterauswahl und Abschätzung der relevanten Stickstoffflüsse erfolgte in Anlehnung an Obernosterer & Reiner (2003) und umfasst folgende Gütergruppen:

- Nahrungs- und Futtermittel
- Düngemittel (Wirtschaftsdünger)
- Energieträger
- Holz und Holzwaren
- Papier und Pappe
- Kunststoffe
- Klärschlamm und Kompost
- Baumaterialien, Baurestmassen und Bodenaushub
- Stickstoffhaltige Abfälle

4.2.1 Prozess „Bergbau, Landwirtschaft, Forstwirtschaft (BLF)“

Zur Bilanzierung der Stickstoffflüsse werden die Teilprozesse:

- Pflanzenbau,
- Tierhaltung und
- Forstwirtschaft

betrachtet und nachfolgend kurz erläutert. Der Teilprozess „Bergbau“ wird nicht detailliert bilanziert, da trotz der hohen Güterflüsse seine Bedeutung für den Stickstoffkreislauf aufgrund der geringen N-Gehalte in Gesteinen nicht relevant erscheint.

4.2.1.1 Pflanzenbau

Dieser Teilprozess umfasst den Acker-, Obst- und Weinbau, den Gemüseanbau sowie die Grünlandwirtschaft. Inputgüter sind rund 2.700.000 t Erntegüter und rund 870.000 t Ernterückstände, Mineraldünger, der zu 100% importiert angenommen wird (keine nennenswerte Düngerproduktion in der Steiermark) und Energieträger. Den Output bilden



Futtermittel, pflanzliche Produkte für die Nahrungsmittel- und sonstige Industrie und mineralische Düngemittel, die auf Felder aufgebracht werden. Von den Ernterückständen wird angenommen, dass rund 75% oder 650.000 t auf dem Feld verbleiben und der Rest in der Tierhaltung als Einstreu verwendet wird (Obernosterer & Reiner, 2003). Die Erntemengen wurden den jeweiligen Ernteberichten (Statistik Austria, 2005c) entnommen.

Tabelle 4-2 zeigt die Ernteergebnisse für die Steiermark 2003 sowie die berechneten Stickstoffmengen, die detaillierte Berechnung findet sich im Anhang (Tabelle 9-8, Tabelle 9-9 und Tabelle 9-11).

Tabelle 4-2: Erntemengen Steiermark 2003

Erntemengen Steiermark 2003	Gütermenge [t/a]	Stickstoffentzug [t/a]	
		von	bis
Ackerbau	708.579	10.798	13.843
Grünfütter	1.656.510	18.330	22.530
Gemüse	44.490	121	168
Wein	15.479	93	186
Obst	296.442	178	296
Tabak	151	3	5
Hopfen	110	9	10
Summe	2.721.761	29.533	37.038

Die Ernterückstände wurden auf Basis des Korn zu Stroh - Verhältnisses ermittelt, eine ausführliche Darstellung kann ebenfalls dem Anhang (Tabelle 9-10) entnommen werden.

Auf eine Quantifizierung des Lagers wird an dieser Stelle verzichtet und diese zur Gänze dem landwirtschaftlichen Boden angerechnet.

4.2.1.2 Tierhaltung

Den Input bilden vornehmlich pflanzliches Futter (rund 2.200.000 t oder knapp 2/3 der Stickstofffracht) sowie industriell hergestellte Futtermittel (rund 410.000 t oder knapp 1/3 der Stickstofffracht). Den Prozess Tierhaltung verlassen tierische Produkte zur Weiterverarbeitung in der Nahrungsmittelindustrie sowie Wirtschaftsdünger in Form von Gülle, Mist und Jauche, welcher auf den landwirtschaftlichen Boden aufgebracht wird. Der Rest (rund 13-14% an der Stickstofffracht oder 5.000-7.000 t N) geht durch NH₃-Emissionen bereits im Stall verloren. Die Berechnung des Wirtschaftsdüngeranfalls sowie der Ammoniakverluste findet sich in Tabelle 9-16 und Tabelle 9-17 im Anhang

Das Lager des Prozesses Tierhaltung kann über den Tierbestand (Statistisches Jahrbuch 2005, Kapitel 19, Statistik Austria 2005a) abgeschätzt werden und beträgt demnach zwischen 5.700 und 7.300 t N (Tabelle 4-3). Die zugrunde liegende Berechnung anhand spezifischer Stickstoffgehalte der einzelnen Tiergattungen enthält Tabelle 9-13 im Anhang.



Tabelle 4-3: Tierbestand 2003 (Statistik Austria, 2005b)

Tierbestand Steiermark 2003 Tiergattung	Bestand Tiere	GVE gesamt	Masse [t]	N-Gehalt [t]	
				von	bis
Rinder insgesamt	337.979	243.952	121.976	3.903	4.757
Schweine insgesamt	863.130	112.402	56.201	1.405	1.911
Schafe	52.022	5.202	2.601	83	91
Ziegen	7.865	787	393	13	14
Geflügel	4.353.952	9.338	4.669	79	98
Einhufer	16.504	19.805	9.902	208	386
Sonstige Nutztiere	9.943	994	497	8	10
Gesamtsumme	5.641.395	392.481	196.240	5.700	7.267

Die detaillierte Bilanzierung für den Teilprozess Tierhaltung ist im Anhang (Tabelle 9-20) ersichtlich.

4.2.1.3 Forstwirtschaft

Einziges Inputgut für diesen Prozess stellt der Holzzuwachs dar. Dieser beträgt laut der Österreichischen Waldinventur 2000-2002 (Bundesamt für Wald, 2005) für die Steiermark rund 9,8 Vorratsfestmeter (Vfm) pro Hektar. Bei einer gesamten Waldfläche von 1.002.000 ha ergibt sich somit ein jährlicher Input von etwa 7.600.000 Vfm ohne Rinde. Demgegenüber steht ein gesamter Holzeinschlag von rund 5.000.000 Erntefestmetern (Efm), wovon ca. 4.100.000 Efm als Nutzholz und der Rest als Brennholz dienen (Holzeinschlagsmeldung für das Jahr 2004, BMLFUW, 2005). Wurzeln, Rinde, Äste sowie Blätter und Nadeln verbleiben als Rückstand im Wald.

Tabelle 4-4 zeigt eine Gegenüberstellung des jährlichen Holzeinschlages, des Zuwachses sowie des forstwirtschaftlichen Lagers entsprechend der Waldinventur 2000-2002. Angegeben sind Mittelwerte, die genaue Berechnung kann dem Anhang entnommen werden.



Tabelle 4-4: *Holzeinschlag und –zuwachs, Lager (Waldinventur 2000-2002)*
 Quelle: Bundesamt für Wald; <http://web.bfw.ac.at/>

HOLZEINSCHLAG	Gütermenge			N-Gehalt	
	[Efm o. Rinde]	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW
<i>Nutzholz</i>					
Nadelholz	4.042.289	4.539.210	1.855.778	19.749	1.577
Laubholz	88.872	138.707	66.654	649	267
<i>Brennholz</i>			0	0	0
Nadelholz	522.150	586.338	239.714	2.551	204
Laubholz	319.705	498.980	239.779	2.335	959
Gesamteinschlag	4.973.016	5.763.235	2.401.925	25.284	3.007
HOLZZUWACHS	Gütermenge			N-Gehalt	
	[Efm o. Rinde]	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW
Nadelholz	6.513.431	7.314.131	2.990.257	30.656	2.542
Laubholz	1.101.500	1.719.165	826.125	7.926	3.304
Gesamtzuwachs	7.614.931	9.033.296	3.816.382	38.582	5.846
HOLZLAGER	Gütermenge			N-Gehalt	
	[Vfm o. Rinde]	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW	Gesamt [t] - MW	Stamm [t] - MW
Nadelholz	251.224.000	282.107.106	115.334.655	1.227.355	98.034
Laubholz	42.485.000	66.308.464	31.863.750	310.291	127.455
Gesamtvorrat	293.709.000	348.415.570	147.198.405	1.537.646	225.489

Damit lassen sich die drei oben besprochenen Teilbilanzen zum Prozess „Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft“ verknüpfen. Hinsichtlich des Inputs dominiert der Stickstofffluss über den Pflanzenentzug aus Pedo- und Lithosphäre (landwirtschaftlicher sowie forstwirtschaftlicher Boden), welcher rund 75% bzw. im Mittel ca. 78.000 t N pro Jahr umfasst. Demgegenüber fließen über Importgüter und Industrielle Produkte (Futtermittel) nur rund 30.000 t N oder etwa 25 % des Stickstoffes in den Prozess ein. Ähnlich verhält es sich auf der Output-Seite, wobei hier der Fluss *zur* Pedo- und Lithosphäre mit 68.000 t N oder rund 70% den größten Anteil hat. Weitere 19.000 t N werden vor allem als tierische Produkte an die Nahrungsmittelindustrie sowie als Nutzholz an die Holzindustrie geliefert. Die Bilanz komplettieren gasförmige (NH₃-Verluste und Abgase) sowie flüssige (Eintrag in Oberflächengewässer) Emissionen in der Größe von rund 7.000 t N.

Tabelle 4-5: *Prozessliste Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft*



Bergbau, Landwirtschaft + Forstwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	14	BLF
	IGDI	Produkte IGDI	15	BLF
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzentzug	78	BLF
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	BLF	Produkte BLF	19	IGDI
	BLF	Exportprodukte BLF	-	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	Abgas	6,6	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	-	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	0,27	Oberflächengewässer
	BLF	Abfälle LW + FW	68	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle Bergbau	-	Halden + Deponien
Lager		Bestand, Input, Output	-	
		LAGERBESTAND BEGINN	1.500	
		LAGERINPUT	108	
		LAGEROUTPUT	94	
		LAGERVERÄNDERUNG	14	
		LAGERBESTAND ENDE	1.500	

4.2.2 Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Aufgrund des engen Zusammenhangs mit dem Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“ wird nun der Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“ behandelt. Die maßgebenden Teilprozesse und Stoffflüsse sollen anschließend im Subsystem „Landwirtschaft“ (Abbildung 5-2) veranschaulicht werden.

Der Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“ umfasst die 3 Teilsysteme:

- Landwirtschaftliche Böden,
- Forstwirtschaftlicher Böden und
- Sonstige Böden,

welche getrennt bilanziert wurden. Einen Überblick über die Flächennutzung der Steiermark gibt Tabelle 4-6 (Agrarstrukturerhebung 2003, Statistik Austria, 2005)



Tabelle 4-6: Flächennutzung Steiermark 2003 (Agrarstrukturerhebung 2003, Statistik Austria, 2005)

Fläche und Nutzungsart	Fläche [ha]	Anteil [%]
Landwirtschaftlich genutzte Fläche ¹⁾	490.258	29,91
Ackerland	146.316	8,93
Wirtschaftsgrünland	179.756	10,97
Extensives Grünland	140.243	8,56
Weingärten	3.912	0,24
Haus- und Nutzgärten	1.146	0,07
Obstgärten	10.364	0,63
Baumschulen	318	0,02
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	0,50
Forstwirtschaftlich genutzte Fläche ²⁾	1.002.000	61,13
Wald	865.508	52,80
Energieholz	586	0,04
Forstgärten	426	0,03
sonstige fw. Flächen	135.480	8,27
Sonstige	146.935	8,96
Gewässer	3.044	0,19
Moorflächen	677	0,04
Versiegelte Fläche	45.930	2,80
<i>Baufläche (Gebäude- und Hofflächen + sonstige)</i>	<i>11.500</i>	<i>0,70</i>
<i>Verkehrsflächen</i>	<i>31.150</i>	<i>1,90</i>
<i>Bahnanlagen</i>	<i>3.280</i>	<i>0,20</i>
sonstige unproduktive Flächen	97.284	5,93
Gesamtfläche	1.639.193	100,00
Bewässerbare Fläche	2.081	0,13

nach Statistik Austria 2005, adaptiert

¹⁾ Flächen nach Agrarstrukturerhebung 2003

Differenz zur Fläche nach Benützungsort den sonstigen (unproduktiven) Flächen zugeordnet

²⁾ FW-Fläche entsprechend Holzeinschlagsmeldung 2004, BMLFUW 2005

4.2.2.1 Landwirtschaftliche Böden

Eine Bilanzierung über die gesamte Fläche der Steiermark erscheint hinsichtlich der Stickstoffflüsse wenig aussagekräftig, da die ein- bzw. ausgetragenen Mengen je nach Art der Flächennutzung stark variieren (siehe hierzu auch die Bilanzierung von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie sonstiger Böden im Anhang). Selbst für die landwirtschaftliche Nutzfläche ist die Angabe durchschnittlicher Stickstoffbilanzen nur bedingt sinnvoll, wie aus Tabelle 4-7 ersichtlich ist. Diese Aufstellung zeigt die Stickstoffflüsse in landwirtschaftlich genutzten Flächen, unterschieden nach den drei Hauptnutzungsarten unter der Annahme mittlerer Werte (siehe Anhang) für Deposition und Stickstoff-Fixierung (auf der Input-Seite) sowie Erosion/Abschwemmung, Denitrifikation und Auswaschung (auf der Output-Seite). Die übrigen Werte ergeben sich aus den Teilprozessen Pflanzenbau bzw. Tierhaltung (siehe Kapitel 4.2.1).



Hinsichtlich der Düngung wird für diese Bilanzierung angenommen, dass sämtliche Düngemittel (Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Klärschlamm und Kompost) gleichmäßig auf die gesamte düngungswürdige Fläche aufgebracht werden.

Tabelle 4-7: Stickstoffflüsse durch landwirtschaftliche Nutzflächen (eigene Berechnung)

LW - FLÄCHE Steiermark 2003 Stickstoff-Flüsse		Ackerland				Grünland, gedüngt				Grünland, nicht gedüngt			
		[t N]	[kg N/ha.a]			[t N]	[kg N/ha.a]			[t N]	[kg N/ha.a]		
		MW	von	bis	MW	MW	von	bis	MW	MW	von	bis	MW
INPUT	Klärschlamm PHH	199	1	1	1	233	1	1	1				
	Klärschlamm SG (LWB)	94	0	1	1	109	0	1	1				
	Ernterückstände	4.658	29	29	29								
	Kompost	774	4	6	5	905	4	6	5				
	Mineraldünger	6.359	39	39	39	7.441	39	39	39				
	Wirtschaftsdünger	12.527	71	84	77	14.658	71	84	77				
	Wasser	147	0	1	1								
	N-Fixierung	3.283	11	30	20	8.059	20	65	43	4.912	20	51	35
	Deposition	2.917	16	20	18	3.413	16	20	18	2.494	16	20	18
OUTPUT	Erntegüter	12.855	69	90	79	17.340	82	101	91	3.090	20	24	22
	Ernterückstände	6.211	38	38	38								
	Erosion	405	1	4	3	104	0	1	1	76	0	1	1
	Abschwemmung	97	1	1	1	114	1	1	1	83	1	1	1
	gasförmige Emissionen, davon	6.131	32	44	38	13.337	52	89	70	2.772	15	25	20
	Denitrifikation	3.646	20	25	23	10.429	40	70	55	2.772	15	25	20
	Düngerverluste WD	2.008	10	15	12	2.350	10	15	12				
	Düngerverluste MD	477	2	4	3	558	2	4	3				
	Auswaschung	4.862	25	35	30	1.422	5	10	8	1.039	5	10	8
LAGER	Input	30.958	171	211	191	34.820	151	216	184	7.406	36	71	53
	Output	30.562	165	212	189	32.318	140	201	170	7.060	41	61	51
	Veränderung	396	6	-1	2	2.502	12	15	13	346	-5	10	2

Die Berechnung zeigt deutlich die unterschiedlichen Transportmechanismen bzw. Outputflüsse der verschiedenen Nutzungsflächen.

Für das Ackerland überwiegt die Auswaschung ins Grundwasser (rund 30 kg N/ha.a) gegenüber den Denitrifikationsverlusten (rund 23 kg N/ha.a). Mit einer abgeschätzten durchschnittlichen Grundwasserneubildungsrate von rund 400 mm (ermittelt aus der Oberflächenwasserbilanz unter der Annahme, dass im Mittel keine Veränderung des Grundwasserstandes und daher eine Netto-Exfiltration in die Oberflächengewässer erfolgt) ergibt sich eine Stickstoffkonzentration von rund 8 mg/l, was einer Nitratbelastung von durchschnittlich rund 35 mg NO₃/l entspricht. Verglichen mit den Auswertungen von Grundwassermessungen in der Steiermark (UBA, 2005) erscheint dieser Wert durchaus plausibel. Demnach liegt die Nitrat-Konzentration an rund 75 % aller Messstellen unter 30 mg/l, rund 8 % überschreiten 50 mg/l.

Die oben angeführten Zahlen stellen allerdings nur Durchschnittswerte dar und lassen keine Rückschlüsse auf punktuelle Stickstoffbelastungen durch Nitratauswaschung zu. Eine entsprechend niedrige Grundwasserneubildung (in niederschlagsärmeren Regionen) bzw. eine höhere Düngerausbringung können zu wesentlich höheren Nitratkonzentrationen führen.

Mit den getroffenen Annahmen ergibt sich überdies für das Ackerland eine nahezu ausgeglichene Stickstoffbilanz.

Im Vergleich dazu ist die Stickstoffauswaschung in Grünland von untergeordneter Bedeutung, da nahezu der gesamte Überschuss durch Denitrifikation in die Atmosphäre gelangt (rund 55 kg N/ha.a). Die Auswaschung wurde hier mit rund 8 kg N/ha.a quantifiziert und hat somit



nur einen Anteil von etwa 10 % an den gesamten Stickstoffverlusten. Im Österreichischen Bericht zur EU-Nitratrichtlinie (BMLFUW, 2004) wird die Stickstoffauswaschung unter Grünland mit weniger als 3 kg/ha.a angegeben, was nur rund 10 % jener unter Ackerland entspricht.

Das landwirtschaftliche Bodenlager kann mit Zahlen von Orthofer et al. (2001) zit. in Obernosterer & Reiner (2003) mit rund 3,7 Mio. t N (innerhalb der obersten 50 cm) abgeschätzt werden. Eine detaillierte Bilanzierung sowie die Berechnung des Bodenlagers finden sich im Anhang (Tabelle 9-1, Tabelle 9-4 und Tabelle 9-5).

4.2.2.2 Forstwirtschaftlicher Boden

Da auf forstwirtschaftlichen Böden nicht gedüngt wird, sind die einzigen Eintragsquellen für Stickstoff die atmosphärische Deposition (rund 23.000 t N/a) sowie im Wald verbleibende Ernterückstände (rund 22.000 t N/a).

Stickstoffausträge erfolgen über Auswaschung, Erosion, Abschwemmung und Denitrifikation in einer Gesamthöhe von rund 10.000 t N pro Jahr. Der größte Output ist durch den Pflanzenentzug bedingt, er wird mit 39.000 t N pro Jahr abgeschätzt.

Das Lager im forstwirtschaftlichen Oberboden (50 cm) beträgt rund 5,9 Mio. t N. Die Berechnung des Bodenlagers sowie der natürlichen Ein- und Austräge über Luft und Wasser wird im Anhang dargestellt (Tabelle 9-2 und Tabelle 9-6).

4.2.2.3 Sonstiger Boden

Dieser Teilprozess umfasst alle nicht land- oder forstwirtschaftlich genutzten Böden entsprechend Tabelle 4-6. Die Input- bzw. Outputflüsse umfassen die natürlichen Ein- und Austräge über Deposition bzw. Auswaschung, Erosion und Denitrifikation, sowie anthropogene Flüsse wie Sickerwasserverluste aus Kanälen und Senkgruben. Die entsprechenden flächenspezifischen Zahlen sowie die Berechnung des Stickstofflagers in sonstigen Böden finden sich im Anhang (Tabelle 9-3 und Tabelle 9-7). Dieses wurde mit rund 61.000 t N abgeschätzt, wobei angenommen wird, dass nur 30 % der Böden mit Humus bedeckt sind.

Für den Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“ ergeben sich somit zwei bedeutende Inputflüsse, jene aus atmosphärischer Deposition (nass und trocken) mit einem Stickstoffeintrag von rund 50.000 t/a sowie die Flüsse aus der Land- und Forstwirtschaft (siehe Kapitel 4.2.1) mit rund 68.000 t N/a.

Den jährlichen flächenspezifischen Stickstoffeintrag für das österreichische Bundesgebiet über atmosphärische Deposition zeigt Abbildung 4-1.

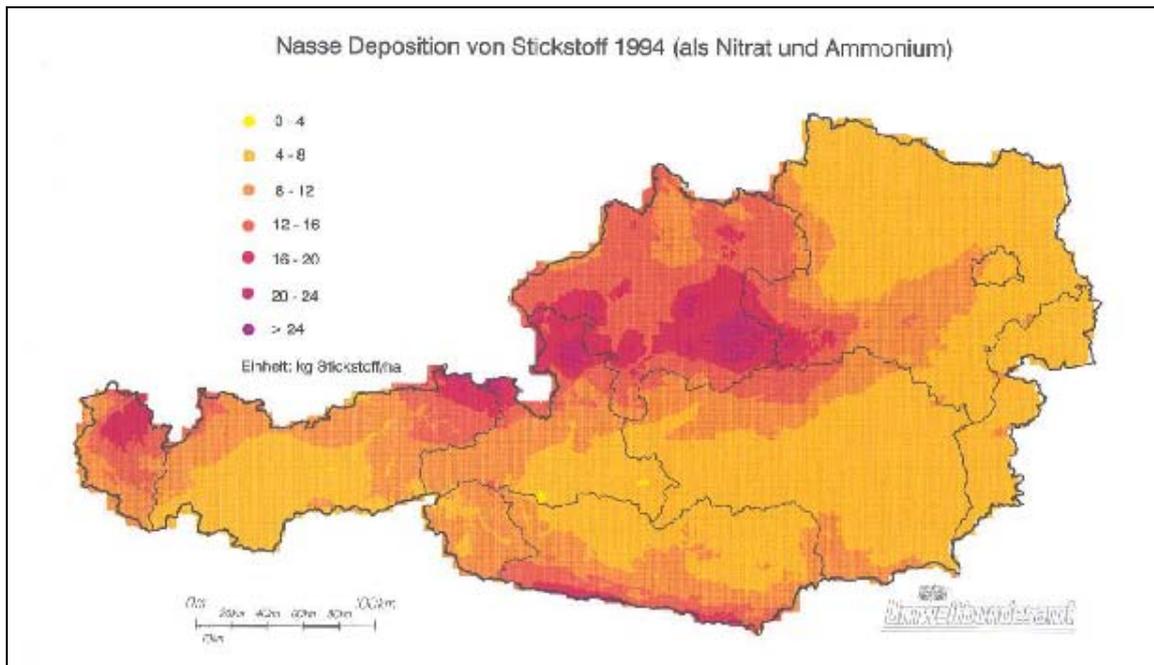


Abbildung 4-1: Nasse Deposition von Stickstoff (Quelle: UBA, 1998)

Demgegenüber sind Einträge über Kompost und Klärschlamm sowie die landwirtschaftliche Bewässerung von untergeordneter Bedeutung.

Austräge aus der Pedosphäre erfolgen neben dem größten Fluss über den Pflanzenentzug (Erntemengen) mit rund 79.000 t N/a vor allem über das Bodensickerwasser (rund 15.000 t N/a) in das Grundwasser und Denitrifikation in die Atmosphäre (rund 26.000 t N/a).

Ein geringer Anteil von rund 3.400 t N/a geht durch Erosion verloren und wird direkt in Oberflächengewässer eingetragen. Tabelle 4-8 gibt einen Überblick über diese Flüsse.



Tabelle 4-8: Prozessliste Pedosphäre, Lithosphäre

Pedosphäre + Lithosphäre				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Deposition	50	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Bewässerung	0,147	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	2,5	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	1,9	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle LW + FW	68	Pedo- + Lithosphäre
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Pedo- + Lithosphäre	Denitrifikation	26	Prozess außerhalb des Systems
	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	3,4	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	0,137	Privater Haushalt
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	15	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzenentzug	78	BLF
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	9.600	
		LAGERINPUT	120	
		LAGEROUTPUT	120	
		LAGERVERÄNDERUNG	-	
		LAGERBESTAND ENDE	9.600	

4.2.3 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung + Infrastruktur (IGDI)“

Für den Stickstoffhaushalt der Steiermark wurden aus dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur in Anlehnung an Obernosterer & Reiner (2003) die Bereiche:

- Nahrungs- und Futtermittelherstellung (ÖNACE Abteilung 15)
- Be- und Verarbeitung von Holz (ÖNACE Abteilung 21)
- Herstellung und Verarbeitung von Papier (ÖNACE Abteilung 22) eingehender betrachtet und in eigenen Teilprozessen bilanziert

Alle übrigen Branchen sind im Teilprozess „sonstige Industrie“ zusammengefasst, weiters wurde für den Dienstleistungssektor eine separate Bilanz erstellt. Die industriell/gewerbliche sowie die öffentliche Infrastruktur werden hinsichtlich der Stickstofffrachten nicht behandelt.

4.2.3.1 Nahrungs- und Futtermittelherstellung

Wichtigste Inputgüter in die Nahrungs- und Futtermittelindustrie sind Produkte aus der Landwirtschaft. Über rund 400.000 t pflanzliche sowie 840.000 t tierische Produkte gelangen rund 3.200 t bzw. 12.100 t Stickstoff in den Prozess der Nahrungs- und Futtermittelherstellung. Aus Importen von rund 230.000 t Mischfutter stammen rund 12.400 t N (berechnet aus den Futtermittelimporten nach Österreich über den Anteil des Tierbestandes der Steiermark).

Die steirische Nahrungsmittelindustrie hat rund 8,4 % Anteil an der gesamtösterreichischen Nahrungsmittelproduktion (WKO Steiermark 2005). Laut Außenhandelsstatistik (Statistik Austria 2005) betragen die Exporte von Nahrungsmitteln (ohne Futtermittel) 4,5 Mio. t. Daxbeck et al. (2003) schätzen die Gesamtproduktion der österreichischen Nahrungsmittelindustrie auf rund 7,1 Mio. t. Damit ergeben sich für die Steiermark ein Produktionsvolumen von rund 600.000 t und Exporte von rund 375.000 t. Die Mischfuttermittelproduktion sowie



die -exporte wurden wiederum über den Tierbestand der Steiermark abgeschätzt. In die Tierhaltung gelangen somit rund 410.000 t Mischfutter, aus der Steiermark exportiert werden rund 130.000 t.

Abfälle der Nahrungsmittelindustrie gelangen einerseits in die Abfallwirtschaft (biochemische Verfahren) und andererseits als Koppelprodukte in die sonstige Industrie. Eine Abschätzung dieser Mengen für die Steiermark anhand der von Fehringer et al. (2003) ermittelten Zahlen zeigt Tabelle 4-9.

Tabelle 4-9: Abfälle der Nahrungsmittelindustrie

Abfälle der Nahrungsmittelindustrie	Österreich			N-Gehalt*		Steiermark			
	Menge [t]	Stickstoff [t]		[mg/kg]		Anteil	Menge [t]	Stickstoff [t]	
		von	bis	von	bis			von	bis
Steiermark 2003									
Abfallbezeichnung									
Nahrungsmittelproduktion	517.000	3.378	4.826	7.000	9.000	8,4%	43.428	304	391
Genussmittelproduktion	187.000	1.569	4.176	7.000	10.000	8,4%	15.708	110	157
Futtermittelproduktion	725	5	7	7.000	10.000	8,4%	61	0	1
Produktion pflanzlicher und tierischer Öle	175.000	1.228	1.765	2.000	10.000	8,4%	14.700	29	147
Produktion pflanzlicher und tierischer Fette und Wachse	42.000	1.228	1.765	2.000	10.000	8,4%	3.528	7	35
Emulsionen und Gemische von pflanzl. und tier. Fettprod.	4.000	19	95	1.000	5.000	8,4%	336	0	2
Tierkörper	325.000	813	1.139	2.500	3.500		53.202	1.273	1.676
andere Abfälle	300.000	901	2.103	3.000	7.000	8,4%	25.200	76	176
Summe	1.550.725	9.141	15.876				156.163	1.800	2.585
biogene Abfälle (lt. BAWPL)	1.017.510			biogene Abfälle (Stmk.)			120.695	951	1.468
Koppelprodukte	533.215					8,4%	35.468	849	1.118

* Stickstoffgehalte errechnet

Gütermengen Österreich
Fehringer et al. 2003 (gerundet)
Perz 2001

Die Stickstofffracht im Abwasser aus der Nahrungsmittelindustrie wurde mit einem Anteil von 50 % der indirekt einleitenden Industriebetriebe, das entspricht rund 1.000 t N abgeschätzt, die Fracht aus Direkteinleitern beträgt rund 130 t N (vgl. Tabelle 4-25 in 4.2.9).

Die detaillierte Bilanz ist im Anhang – Tabelle 9-25 – dargestellt. Der Lagerbestand konnte nicht ermittelt werden, die Lageränderung wurde mit Null angenommen.

4.2.3.2 Be- und Verarbeitung von Holz

Der Produktionswert der steirischen Holzindustrie entspricht rund 14 % von jenem der österreichischen Holzproduktion (WKO Steiermark 2005). Inputgüter für die Holzindustrie sind Nutzholz aus der Forstwirtschaft (rund 1,9 Mio. t, entspricht rund 1.800 t N), rund 153.000 t Holz- und Papierabfälle (entspricht rund 220 t N) und vor allem N-haltige Kunstharze für die Spanplattenherstellung. Obernosterer & Reiner (2003) schätzen den Input in die österreichische Holzindustrie mit rund 178.000 t jährlich ab. Für die Steiermark ergibt sich somit eine Menge von rund 25.000 t, was einer Stickstofffracht von rund 7.900 t entspricht. Als Holzwaren werden rund 780.000 t nach Österreich importiert (Statistik Austria 2005), umgerechnet auf die Steiermark sind das rund 109.000 t an Gütern bzw. 1.300 t N.

Das für den Stickstoffhaushalt wichtigste Gut stellen Spanplatten dar, zu deren Erzeugung N-haltige Kunstharze (Melamin- und Harnstoffharze) eingesetzt werden. Für die Abschätzung der Stickstoffgehalte in diesen Platten wurden die Berechnungen von Obernosterer & Reiner (2003) herangezogen.



Die Menge an Outputgütern ergibt sich aus dem Bedarf anderer Industriezweige (z.B. Papierindustrie) bzw. der Exportstatistik (Statistik Austria). Die Abfälle wurden nach Fehringer et al. (2003) abgeschätzt. Tabelle 4-10 fasst die Güter und Stoffströme in Produkten und Abfällen der Holzindustrie zusammen.

Tabelle 4-10: Produkte und Abfälle der Holzindustrie

Produkte und Abfälle der Holzindustrie Steiermark 2003 Bezeichnung	Mengen		N-Gehalt		Quelle**
	[t]		[t]		
	Österreich*	Steiermark	von	bis	
Produkte					
Holz für die Papierindustrie	1.975.000	276.500	216	315	www.austropapier.at
Sägenebenprodukte für die Papierindustrie	1.865.360	261.150	204	297	www.austropapier.at
Platten (Industrie)	400.000	56.000	1.400	1.680	Statistik Austria 2005
Schnittholz (Industrie)	2.533.000	354.620	355	532	www.holzindustrie.at
Holzwarenexport	1.930.000	270.200	4.053	9.457	Statistik Austria 2005
Holzexport	5.580.000	663.420	662	953	Statistik Austria 2005
Abfälle					
Sägenebenprodukte	2.100.000	294.000	229	335	Fehringer et al. 2003
Spanplattenabfälle	240.000	33.600	840	1.008	Fehringer et al. 2003
Summe	16.623.360	2.209.491	7.958	14.577	

¹⁾ Werte gerundet

²⁾ Mengen für Österreich ermittelt (Anteil der steirischen Holzindustrie rund 14 %)

Das Lager der Holz verarbeitenden Industrie wurde nicht abgeschätzt, die Lageränderung wird mit Null angenommen. Eine detaillierte Bilanz findet sich in Tabelle 9-27 im Anhang.

4.2.3.3 Herstellung und Verarbeitung von Papier

Gemessen am Wert der Produktion hat die steirische Papierindustrie einen Anteil von rund 33 % an der gesamten österreichischen Erzeugung (WKO Steiermark 2005). Steirische Betriebe produzieren rund 1,9 Mio. t Papier (davon zwischen 35 und 90 % für den Export) und rund 220.000 t Zellstoff pro Jahr. Gemessen an der österreichischen Gesamtproduktion sind dies 41 % (Papier) bzw. 12 % (Zellstoff).

Hauptinputgüter als Rohstoffe für die steirische Papierindustrie sind Rohholz aus dem In- und Ausland, Zell- und Holzstoff, Papier, Pappe und FSK sowie Altpapier. Die importierten Mengen können nur grob abgeschätzt werden und betragen insgesamt rund 1,8 Mio. t, was einer Stickstofffracht von rund 3.200 t entspricht. Rund 540.000 t bzw. 520 t N stammen aus der Holzindustrie, aus der Abfallsammlung gelangen rund 230.000 t Altpapier bzw. 340 t N zur Weiterverarbeitung. Die Schwierigkeiten in der Mengenabschätzung ergeben sich aus der Tatsache, dass die einzelnen Industriezweige (Holzverarbeitung, Papierverarbeitung, sonstige Industrie) unterschiedlichen Anteil an der österreichischen Produktion besitzen. Importe und Exporte, für welche Daten nur auf nationaler Ebene vorliegen, sind somit für ein Bundesland schwer quantifizierbar.

Der Output in Private Haushalte und in Industrie und Gewerbe innerhalb der Steiermark wurde anhand eines spezifischen „pro Kopf“-Verbrauches von rund 252 kg/E.a (www.austropapier.at) abgeschätzt. Die übrige Produktion wird ins In- bzw. Ausland



exportiert. Die Papierexporte (inklusive Altpapier) betragen somit rund 2,1 Mio. t. Als Abfallprodukte fallen in der steirischen Papierindustrie rund 250.000 t als Sortierrückstände, Rinde und Abwasserschlämme an. Produkte und Abfälle der Papierindustrie sowie die entsprechenden Stickstofffrachten sind in Tabelle 4-11 zusammengefasst.

Tabelle 4-11: Produkte und Abfälle der Papierindustrie

Produkte und Abfälle der Papierindustrie Steiermark 2003 Bezeichnung	Mengen		N-Gehalt		Quelle**
	[t]		[t]		
	Österreich*	Steiermark	von	bis	
Papierherstellung					
Produktion	4.565.000	1.887.000	1.887	3.774	www.austropapier.at
Import	1.339.000	442.000	442	884	www.austropapier.at
Verbrauch	2.050.000	300.000	300	600	www.austropapier.at
Export	3.854.000	2.029.000	2.029	4.058	www.austropapier.at
davon Ausland	3.854.000	596.000	596	1.192	www.austropapier.at
davon Österreich	-	1.433.000	1.433	2.866	www.austropapier.at
Abfälle					
Sortierrückstände	272.000	89.760	229	335	Obernosterer & Reiner 2003
Rinde	345.000	113.850	840	1.008	Fehring et al. 2003
sonstige Abfälle (AW-Schlämme)***	135.000	44.550	229	335	BAWPL 2001
Summe	21.469.000	8.221.720	10.124	17.737	

¹⁾ Werte gerundet

²⁾ Mengen für Österreich ermittelt (Anteil der steirischen Holzindustrie rund 14 %)

³⁾ TS = 45%

Das Lager innerhalb der Papierindustrie wurde ebenfalls nicht bestimmt und als konstant angenommen. Eine detaillierte Bilanz der Güter- und Stoffflüsse enthält Tabelle 9-28 im Anhang.

4.2.3.4 Sonstige Industrie

Unter diesem Punkt werden alle übrigen, für die Stickstoffbilanz relevanten Güterflüsse anderer Industriezweige, sowie die Energiebilanz bzw. die Aufteilung auf die Endverbraucher behandelt.

Inputgüter stammen aus der Land- und Forstwirtschaft, der Holz- und Papierindustrie sowie der Nahrungsmittelindustrie und wurden bereits für diese Prozesse abgeschätzt. Die Importflüsse von Kunststoffen wurden nach Fehring et al. (1997) abgeschätzt. Demnach werden rund 27.000 t sonstige Kunststoffe (Polyamide, Polyurethane,...) und rund 113.000 t Kunststoffe als Verpackungsmaterial, Halbzeuge etc. in die Steiermark eingeführt. Die darin enthaltene Stickstofffracht beträgt rund 2.400 t. Die Einfuhr chemischer Produkte wurde entsprechend dem Anteil der chemischen Industrie (rund 8 %) und der gesamtösterreichischen Importe (Obernosterer & Reiner 2003) mit 3.600 t bzw. 2.500 t N pro Jahr ermittelt. Die übrigen Importflüsse ergeben sich als Differenz aus innersteirischer Produktion und Bedarf (entsprechend dem Anteil der jeweiligen Industriezweige).

Als relevante Outputgüter sind jene für Verbrauch und Gebrauch im privaten Haushalt zu nennen, ihre Ermittlung wird in 4.2.4 beschrieben. Der Altpapieranfall wird entsprechend den im Bundesabfallwirtschaftsplan angegebenen Mengen (Perz 2001) bei einem Anteil von 20 %



für die steirische Industrie mit rund 145.000 t/a abgeschätzt. Die Mengen der übrigen Abfälle aus Industrie und Gewerbe für Österreich und die Steiermark sind in Tabelle 4-12 gegenübergestellt.

Tabelle 4-12: Abfälle aus Industrie und Gewerbe für Österreich und die Steiermark

Abfälle aus Industrie und Gewerbe Steiermark 2003 Bezeichnung	Österreich	Steiermark		N-Gehalt			
	Menge [t]	Menge [t/a]		[mg/kg]		[t]	
		von	bis	von	bis	von	bis
Bodenaushub	20.000.000	4.000.000	4.500.000	1.000	1.000	4.000	4.500
Bodenaushub, Wiedereinbau	20.000.000	3.900.000	4.200.000	1.000	1.000	3.900	4.200
Bodenaushub deponiert		100.000	300.000	1.000	1.000	100	300
Baurestmassen gesamt	7.500.000	2.000.000	3.300.000	750	750	1.500	2.475
Baurestmassen deponiert		235.000	235.000	750	750	176	176
Baurestmassen recyclet	7.500.000	1.765.000	3.065.000	750	750	1.324	2.299
Häute und Lederabfälle	127.225	76.335	76.335	10.000	10.000	763	763
Kunststoff und Gummiabfälle	579.000	86.850	115.800	3.000	7.500	261	869
Textilabfälle	45.000	4.500	5.400	1.000	40.000	5	216
Holz- und Papierabfälle	783.000	117.450	156.600	1.000	2.000	117	313
organ. Lösungsmittel, Farbe, Lacke, Klebstoffe und Harze	46.000	3.680	3.680	2.500	3.000	9	11
Summe (ohne Bodenaushub)		2.288.815	3.657.815			4.155	7.122
Summe		6.288.815	8.157.815			8.055	11.322

Mengenangaben
BAWPL 2001
LAWPL 2005

Energieträger

Aus dem Statistischen Jahrbuch Österreich (Statistik Austria 2005) lässt sich der Anteil der verwendeten Energieträger für die Steiermark ermitteln. In weiterer Folge können die Emissionen den Großverbrauchern (Landwirtschaft, Industrie, Dienstleistung und private Haushalte) entsprechend der österreichweiten Verteilung zugeordnet werden. Der Energieaufwand bzw. die Emissionen für den Güter- und Personentransport werden zu gleichen Teilen den Privaten Haushalten (PKW) sowie Industrie/Gewerbe angerechnet. Tabelle 4-13 zeigt die Aufteilung der gesamten Stickstoffemissionen aus Energieträgern.

Tabelle 4-13: Aufteilung der Stickstoffemissionen auf die Verbraucher
(Quelle: Statistik Austria 2005)

Emissionsaufteilung Steiermark 2003 Verbraucher	Anteil	Menge [t]	Stickstoff-Emissionen	
			[t N/a]	
			von	bis
Landwirtschaft	0,02	84.209	474	521
Industrie	0,43	1.579.026	8.881	9.766
Dienstleistung	0,12	457.112	2.571	2.827
PHH	0,43	1.583.784	8.908	9.796
Summe	1,00	3.704.131	20.833	22.911

Die detaillierte Aufstellung sowie die Berechnung des NO_x-Anteils in den Emissionen finden sich in Tabelle 9-18 im Anhang.



4.2.3.5 Dienstleistungsbetriebe

Die für die Stickstoffbilanz relevanten Inputgüter stellen Nahrungsmittel (aus der Nahrungsmittelindustrie bzw. aus Importen) mit einer Stickstofffracht von rund 6.000 t N sowie die Energieträger (rund 2.700 t N pro Jahr dar). Die Nettoimporte von Nahrungsmitteln erklären sich aus der Tatsache, dass die steirische Nahrungsmittelindustrie nur einen Anteil von rund 8 % an der gesamten österreichischen besitzt (demgegenüber ist der Bevölkerungsanteil der Steiermark knapp 15 %) und viele Produktionsflüsse anhand solcher Verhältnisse abgeschätzt werden mussten. Eine differenziertere Betrachtung hinsichtlich der Art und Qualität erzeugter Produkte war im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

Das Ausmaß der Gemeinschafts- und Bildungsverpflegung sowie der „außer Haus-Übernachtungen“ wurde anhand von Angaben im 2. Lebensmittelbericht (BMLFUW 2003a) abgeschätzt, wobei für Beschäftigte im Sozialwesen, in Betrieben sowie in der Gastronomie angenommen wurde, dass im Durchschnitt 50 % der Mahlzeiten an 2-3 Tagen pro Woche auswärts eingenommen werden. Gemeinsam mit der Verpflegung in der Tourismusbranche ergibt dies einen Güterfluss von rund 52.000 t pro Tag.

Die in die Abfallwirtschaft gelangenden biogenen Abfälle werden in Kapitel 4.2.8 besprochen, die Abwassermengen aus dem Bereich Dienstleistungen lassen sich mit rund 25 % der gesamten Indirekteinleiterfracht abschätzen (siehe Kapitel 4.2.9).

Nachfolgende Tabelle 4-14 zeigt die Zusammenstellung aller Input- und Outputflüsse für den gesamten Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur. Das bestehende Lager wurde nach Obernosterer & Reiner (2003) mit rund 135.000 t Stickstoff (das sind 20 % des gesamtösterreichischen Lagers für diesen Prozess) angenommen, eine Lageränderung konnte (wegen der großen Unsicherheiten vieler Güterflüsse) nicht quantifiziert werden.

Tabelle 4-14: Prozessliste Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen + Infrastruktur

Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen + Infrastruktur				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohstoffe	25	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohprodukte	20	IGDI
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	2,6	IGDI
	BLF	Produkte BLF	19	IGDI
	Oberflächengewässer	Brauchwasser	0,26	IGDI
	Grundwasser	Brauchwasser	0,37	IGDI
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	IGDI	Produkte PHH	13	Privater Haushalt
	IGDI	Produkte IGDI	15	BLF
	IGDI	Abwässer IGDI	2,7	Abwasserwirtschaft
	IGDI	Abfälle IGDI	7,3	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abgas IGDI	12	Prozess außerhalb des Systems
	IGDI	Exportprodukte IGDI	17	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	67,5	
		LAGEROUTPUT	67,4	
		LAGERVERÄNDERUNG	0,1	
	LAGERBESTAND ENDE	n.b.		



4.2.4 Prozess „Privater Haushalt (PHH)“

Bedeutendster Input sind Produkte aus dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur, wobei rund 5.200 t N über Nahrungsmittel und 6.700 t in Form diverser Gebrauchs- und Verbrauchsgüter in die Haushalte gelangen. Für den spezifischen Stickstoffverbrauch in Nahrungsmitteln wurden, entsprechend verschiedener Literaturangaben, 3,8–4,4 kg/E.a angenommen (z.B. Baccini & Brunner 1991, Kroiß et al. 1998, Obernosterer & Reiner 2003). Der Konsum sonstiger Verbrauchsgüter (Waschmittel, Verpackung etc.) beträgt nach Lampert et al. (1997) bzw. Kroiß et al. (1998) rund 0,6 - 1,0 kg/E.a. In Gebrauchsgütern (z.B. Einrichtungsgegenstände) befindet sich nach Kaas et al. (1994) eine spezifische Stickstoffmenge von rund 3,7-6,0 kg/E.a.

Die verbrauchten Energieträger (inkl. Brennholz) beinhalten rund 9.400 t Stickstoff (zum Anteil der verschiedenen Sektoren am Energieverbrauch siehe Kapitel 4.2.3).

Das kommunale Abfallaufkommen in der Steiermark beläuft sich 2003 auf rund 360 kg/EW und verteilt sich wie in Abbildung 4-2 dargestellt auf die verschiedenen Fraktionen.

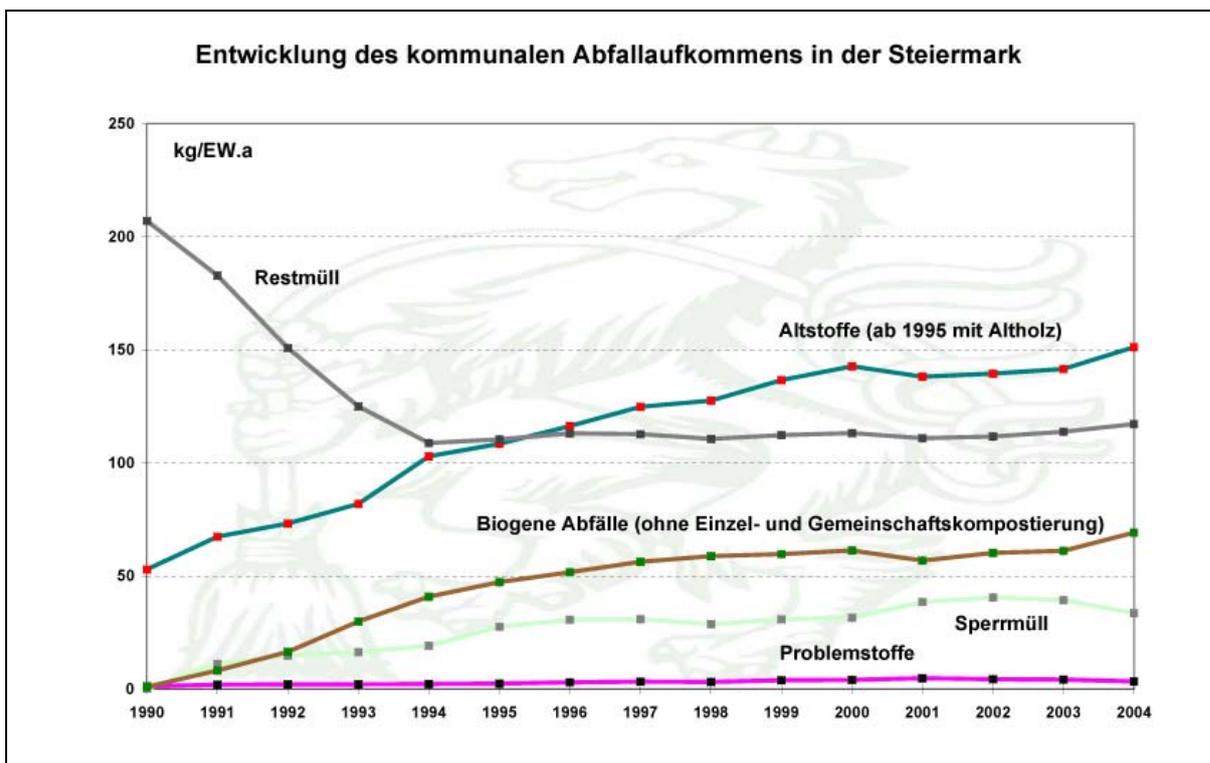


Abbildung 4-2: Entwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in der Steiermark
(Quelle: Amt der steirischen Landesregierung - L-AWPL, 2005)

Die biogenen Abfälle werden im Verhältnis 3:2 auf die privaten Haushalte sowie Dienstleistungsbetriebe aufgeteilt (vgl. Perz 2001 in Obernosterer & Reiner 2003).

Die detaillierte Berechnung der Stickstofffrachten ist aus dem Anhang (Tabelle 9-29) ersichtlich, für die Zusammensetzung des kommunalen Restmülls wurde auf die Auswertung von siebgestützten Restmüllanalysen, wie sie in Tabelle 4-15 dargestellt ist, zurückgegriffen.



Tabelle 4-15: Auswertung siebgestützter Restmüllanalysen
(Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, L-AWPL 2005)

Restmüllaufkommen Steiermark 2003 Fraktion	Menge [t/a]	Anteil	N-Gehalt			
			[mg/kg]		[t N]	
			von	bis	von	bis
organisches Material	50.643	37,6%	7.000	10.000	355	506
Papier	12.930	9,6%	1.000	2.000	13	26
Karton	2.828	2,1%	1.000	2.000	3	6
Verbundmaterial	10.910	8,1%	0	1.000	0	11
Kunststoffe	13.334	9,9%	5.000	10.000	67	133
Metall	4.849	3,6%	0	0	0	0
Glas	6.061	4,5%	0	0	0	0
Hygieneartikel	11.853	8,8%	1.000	5.000	12	59
Inertstoffe	7.273	5,4%	0	1.000	0	7
Textilien	8.755	6,5%	0	1.000	0	9
Problemstoffe	2.020	1,5%	0	0	0	0
Sonstiges	3.098	2,3%	0	5.000	0	15
Gesamt	134.689	100%	3.332	5.739	449	773

Quelle:

LAWPL 2005

Stoffkonzentrationen:

verschiedene Autoren in Kroiß et al. 1998

Berücksichtigt man weiters jene Abfälle aus der Einzel- und Gemeinschaftskompostierung beträgt die Stickstofffracht in Haushaltsabfällen rund 2.300 t/a.

Der Abwasseranfall aus Privathaushalten beträgt in der Steiermark rund 78 Mio. m³ pro Jahr (BMLFUW, 2003) und wird zu einem Großteil (rund 82 %) über das öffentliche Kanalsystem entsorgt. Der Rest (rund 18 %) gelangt in private Senkgruben und Hauskläranlagen. In Bezug auf die Oberflächenabschwemmung wurde angenommen, dass rund 30% der versiegelten Fläche (das sind rund 15.000 ha) über die Kanalisation zur Entwässerung gelangt. Damit errechnet sich eine Stickstoffmenge von rund 300 t/a, welche ebenfalls den privaten Haushalten zugeteilt wird. In die Abwasserwirtschaft fließt somit insgesamt eine Stickstofffracht von rund 5.200 t pro Jahr (siehe Kapitel 4.2.9).

Die Stickstoff-Emissionen aus der Abluft privater Haushalte entsprechen den Stickstoffgehalten in den verwendeten Energieträgern. In Anlehnung an Kroiß et al. (1998) wurde weiters angenommen, dass der NO₃-Gehalt des Trinkwassers denitrifiziert wird und als N₂ entweicht. Eine Abschätzung der Anteile von N₂ und verschiedener Stickstoffverbindungen in den gasförmigen Emissionen erfolgt in Kapitel 4.2.7.

Das Lager der privaten Haushalte wurde nach Kaas et al. (1994) mit rund 66.000 t abgeschätzt. Tabelle 4-16 gibt einen Überblick über die Stickstoffflüsse durch private Haushalte.



Tabelle 4-16: Prozessliste Privater Haushalt

Privater Haushalt				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Energieträger	8,2	Privater Haushalt
	IGDI	Produkte	13	Privater Haushalt
	Pedo- + Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	0,137	Privater Haushalt
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	0,26	Privater Haushalt
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	5,2	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	2,3	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Abgas PHH	9,5	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	66	
		LAGERINPUT	22	
		LAGEROUTPUT	17	
		LAGERVERÄNDERUNG	5,0	
		LAGERBESTAND ENDE	71	

4.2.5 Prozess „Grundwasser“

Die Haupteintragsquelle für Stickstoff in das Grundwasser stellt die Pedosphäre dar, aus der mit dem Sickerwasser jährlich rund 14.500 t N aus den Böden ausgewaschen werden (zur Berechnung siehe Kapitel 4.2.2). Aus Verlusten im Kanalsystem kann mit 2 % der Zulaufmenge zur Kläranlage sowie mit Sickerwasserverlusten aus privaten Senkgruben in der Höhe von 30-90 % (Kroiß et al., 1998) gerechnet werden, was rund 650 t N pro Jahr entspricht. Der Gesamteintrag über das Sickerwasser beträgt somit rund 15.000 t.

Abbildung 4-3 zeigt die Auswertung von Porengrundwassermessstellen für die Steiermark hinsichtlich der Nitratkonzentrationen. Demnach liegt der NO_3 -Gehalt an rund 75 % aller Messstellen unter 30 mg/l, rund 8 % überschreiten dagegen den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TWV 2001) von 50 mg/l (Gewässerschutzbericht 2002 BMLFUW 2002).

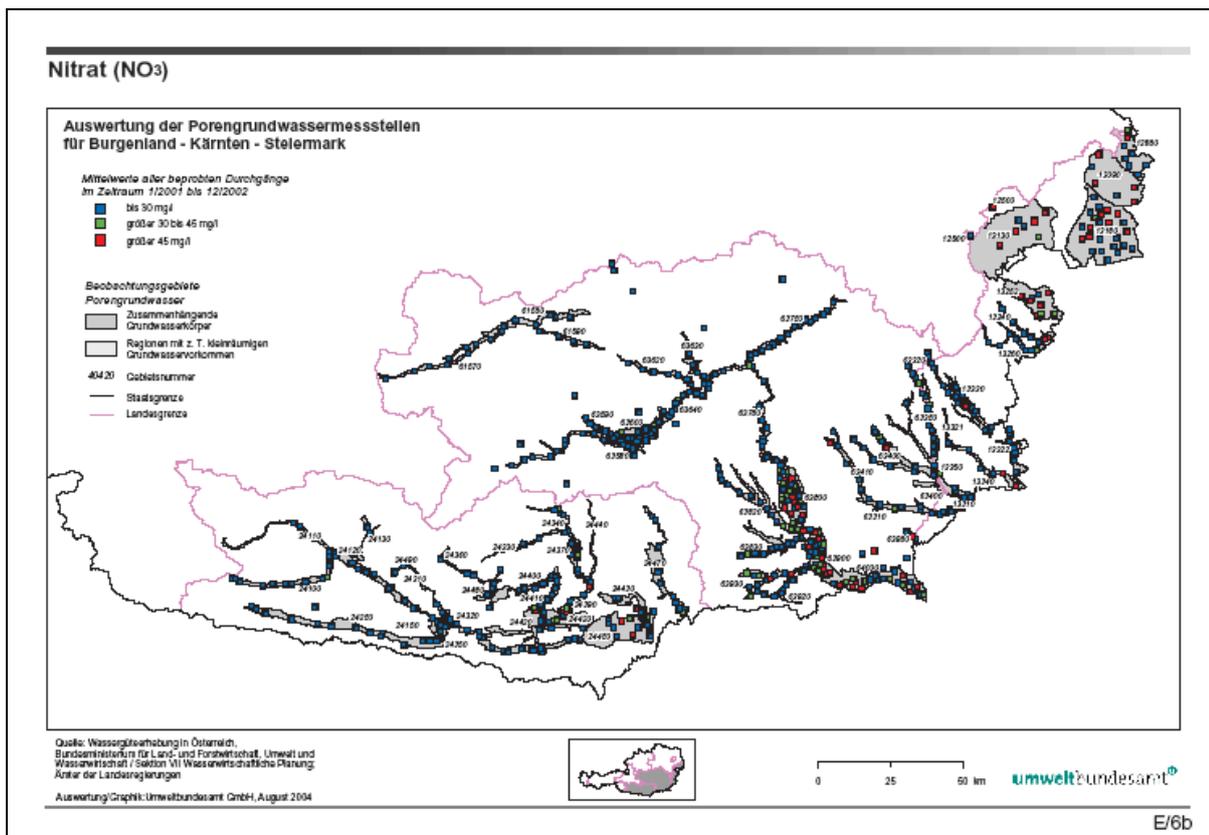


Abbildung 4-3: Auswertung der Porengrundwassermessstellen für die Steiermark - Nitratkonzentrationen (Quelle: UBA, 2004)

Als mittlerer N-Gehalt wurden in weiterer Folge 4 mg N/l angenommen, was einer Nitratkonzentration von rund 18 mg/l entspricht. Trink- und Brauchwasserentnahmen für Industrie/Gewerbe sowie der Wasserbedarf der Landwirtschaft belaufen sich auf rund 170 Mio. m³ pro Jahr (Quelle: Wasserversorgung Steiermark 2005, Kresser 1994). Dies ergibt eine Stickstofffracht von rund 800 t/a

Kroiß et al. (1998) nehmen aufgrund der gute Sauerstoffversorgung eine Denitrifikation im Grundwasser von 10-30 % des Inputs an. Somit entweichen rund 3.500 t Stickstoff pro Jahr aus dem Grundwasserkörper in die Atmosphäre.

Der unterirdische Grundwasserabfluss beträgt laut der Wasserbilanz für Österreich (Kresser, 1994) rund 30 mm/a. Für die Steiermark bedeutet dies einen Grundwasserexport von rund 500 Mio. m³/a bzw. eine Stickstofffracht von rund 2.200 t. Über den Export von Grundwasser als Lebensmittel werden rund 500 t N/a exportiert.

Entsprechend Kroiß et al. (1998) wurde eine Lageränderung im Grundwasser vernachlässigt und angenommen, dass eine Nettoinfiltration und somit ein Nettoinput von Stickstoff in die Oberflächengewässer besteht, welcher sich aus der Bilanz der übrigen Flüsse errechnen lässt. Dieser beträgt für das österreichische Donaeinzugsgebiet im Mittel 54.000 t jährlich. Für die Steiermark ergibt sich damit ein Stickstofffluss in die Oberflächengewässer von jährlich rund 8.100 t.

Tabelle 4-17 fasst die maßgeblichen Stickstoffflüsse für den Prozess Grundwasser zusammen.



Tabelle 4-17: Prozessliste Grundwasser

Grundwasser				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	-	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	15	Grundwasser
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Grundwasser	Netto-Export Grundwasser	2,2	Prozess außerhalb des Systems
	Grundwasser	Export Trinkwasser	0,54	Prozess außerhalb des Systems
	Grundwasser	Brauchwasser IGDI	0,37	IGDI
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	0,26	Privater Haushalt
	Grundwasser	Bewässerung	0,15	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Exfiltrat	8,1	Oberflächengewässer
Grundwasser	Denitrifikation	3,5	Prozess außerhalb des Systems	

4.2.6 Prozess „Oberflächengewässer“

Den größten Input stellt die Exfiltration aus dem Grundwasser mit rund 8.100 t N/a wie schon in Kapitel 4.2.5 behandelt. Durch Erosion und Abschwemmung von Bodenoberflächen gelangen jährlich rund 3.400 t N in steirische Oberflächengewässer (siehe Kapitel 4.2.2). Der Beitrag der Abwasserwirtschaft zum Stickstoffeintrag in die Gewässer beträgt rund 2.600 t/a und setzt sich aus der Einleitung von gereinigtem Abwasser (kommunales Abwasser und industrielle Direkteinleiter) sowie den Überlaufmengen von Entlastungsbauwerken zusammen. Auf diese Flüsse wird in Kapitel 4.2.9 genauer eingegangen.

Die Denitrifikation in der fließenden Welle von Oberflächengewässern ist in Österreich aufgrund der guten Sauerstoffversorgung voraussichtlich gering. Allenfalls kann Denitrifikation im Sedimentbereich in Gewässern mit geringer Wasserführung auftreten. Die Größe der Denitrifikation wurde unter Berücksichtigung einer Lagererhöhung über die Differenz zwischen Einträgen und Abfluss in den Oberflächengewässern abgeschätzt (Kroiß et al. 1998). Für die Steiermark ergibt sich dadurch ein Denitrifikationsanteil von rund 2.000 t N pro Jahr. Die Lagererhöhung lässt sich aus Literaturangaben (Hamm 1991 zit. in Kroiß et al. 1998) über die Differenz zwischen Gewässereintrag und Ferntransport von Nährstoffen abschätzen und beträgt für die Steiermark rund 800 t N pro Jahr.

Die Nährstofffrachten in den zu- bzw. abfließenden Oberflächengewässern können aus einer Wasserbilanz der größten Fließgewässer, wie sie in Tabelle 4-18 dargestellt ist, ermittelt werden. Den Berechnungen wurde eine langjährige mittlere Wassermenge (MQ) zugrunde gelegt.



Tabelle 4-18: Wasserbilanz für die Fließgewässer der Steiermark
 (Quellen: Digitaler Atlas der Steiermark – Wasserbilanz; Erhebung der Wassergüte gemäß Hydrographiegesetz – Amt der steirischen Landesregierung)

Fließgewässer	Zufluss** [m³/s]	Stickstoffgehalt				Abfluss** [m³/s]	Stickstoffgehalt			
		NO ₃ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	N _{ges} [t N/a]		NO ₃ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	N _{ges} [t N/a]
Enns	680	0,520	0,003	0,014	366	3.150	0,616	0,004	0,008	1.976
Mur	890	0,374	0,003	0,010	344	4.570	1,368	0,037	0,229	7.464
Raab	-	-	-	-	-	315	2,808	0,079	0,319	1.010
Feistritz+Lafnitz*	-	-	-	-	-	470	2,400	0,040	0,220	1.250
Summe	1.570				710	8.505				11.700

¹⁾ Nettoexport - Werte aus Kroiß et al., 1998

²⁾ Zu- und Abfluss aus MQ berechnet (Werte gerundet)

In Kroiß et al. (1998) wurde der Schwebstoffen transportierte Stickstoff mit 0,2 % der Schwebstofffracht abgeschätzt. Für die betrachteten steirischen Fließgewässer ergibt sich damit ein Anteil von 2-4 % an der gesamten Stickstofffracht. Demnach werden rund 730 t N über Oberflächengewässer in die Steiermark importiert, die exportierte Stickstofffracht beträgt rund 12.000 t N.

Tabelle 4-19 zeigt die Flüsse für den Prozess Oberflächengewässer.

Tabelle 4-19: Prozessliste Oberflächengewässer

Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	0,73
BLF		flüssige Emissionen BLF II	0,27	Oberflächengewässer
Grundwasser		Exfiltrat	8,1	Oberflächengewässer
Pedo- + Lithosphäre		Erosion	3,4	Oberflächengewässer
Abwasserwirtschaft		Abwässer AWW	2,6	Oberflächengewässer
Abfallwirtschaft		Abwässer AWS	-	Oberflächengewässer
Halden + Deponien		gereinigtes Sickerwasser	0,0203	Oberflächengewässer
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	12	Prozess außerhalb des Systems
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGD I	0,26	IGDI
	Oberflächengewässer	Denitrifikation	2,0	Prozess außerhalb des Systems
Lager		Bestand, Input, Output		
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	15	
		LAGEROUTPUT	14	
		LAGERVERÄNDERUNG	0,76	
	LAGERBESTAND ENDE	n.b.		



4.2.7 Prozess „Atmosphäre“

Die jährlichen Stickstoffemissionen in die Atmosphäre betragen für die Steiermark 2003 rund 64.000 t in Form von N_2 , NO_x sowie NH_3 . Über die spezifischen NO_x -Emissionen der verschiedenen Energieträger lässt sich die gesamte NO_x -Fracht mit rund 23.000 t/a abschätzen. Dies entspricht einer Stickstofffracht von rund 7.000 t NO_x -N/a. Als NH_3 gehen jährlich rund 14.000 t über Wirtschafts- und Mineraldünger verloren, was einer Stickstoffmenge von rund 11.500 t gleichkommt (siehe 4.2.1.2).

Das Umweltbundesamt gibt in der Studie „Emissionstrends 1990-2003“ (UBA, 2005) für Stickoxide, Lachgas und Ammoniak folgende Gesamtemissionen (Tabelle 4-20) für Österreich an:

Tabelle 4-20: Stickstoffemissionen in Österreich 2003 (Quelle: Anderl et al., 2005)

Stickstoffverbindungen Österreich 2003	Menge [t/a]	Faktor	Stickstofffracht [t N/a]
Stickoxide - NO_x	229.000	0,3043	70.000
Ammoniak - NH_3	54.000	0,8235	44.000
Lachgas - N_2O	18.000	0,3182	5.700

Geht man von einem Anteil von knapp 15 % der NO_x -Emissionen für die Steiermark (entsprechend der Einwohnerzahl) bzw. 20-25 % der NH_3 -Emissionen (Anteil der Landwirtschaft) an den Gesamtemissionen aus, so errechnen sich mit oben stehenden Zahlen rund 27.000 t NO_x (nach Abzug des Energieträgereinsatzes für die Energieerzeugung) bzw. 12.000 t NH_3 , welche jährlich in die Atmosphäre abgegeben werden. Diese Werte stimmen gut mit jenen in dieser Studie ermittelten überein. Für die Lachgas-Emissionen wurde ein Anteil von rund 20 % an den österreichweiten Mengen angenommen, womit für die Steiermark N_2O -Emissionen von knapp 4.000 t/a abgeschätzt werden können.

Für die gesamten Stickstoffausträge in die Atmosphäre ergibt sich demnach folgendes Bild (Abbildung 4-4):

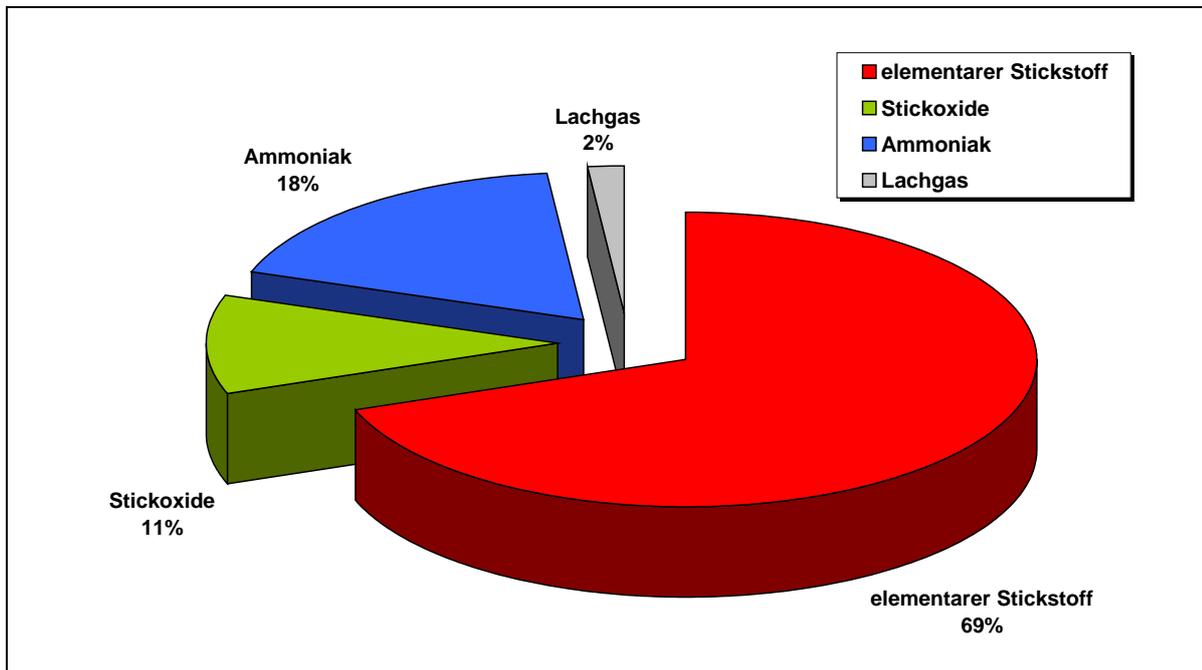


Abbildung 4-4: Stickstoffemissionen in die Atmosphäre (eigene Berechnung für die Steiermark 2003)

Somit werden mehr als $\frac{2}{3}$ der Stickstofffracht als elementarer Stickstoff in die Atmosphäre abgegeben, der Rest in Form verschiedenster N-Verbindungen.

Aus der Land- und Forstwirtschaft sowie den land- und forstwirtschaftlichen Böden emittieren rund 21.000 t oder ca. 63 % als N_2 -N, rund 11.500 t oder 35 % als NH_3 -N (Düngerverluste) sowie ca. 700 t oder rund 2 % als N_2O -N. Für die Lachgasemissionen wurde angenommen, dass die Landwirtschaft für rund 61 % der gesamten N_2O -Emissionen verantwortlich ist (Anderl et al., 2005).

Durch den Einsatz von Energieträgern in Industrie und Gewerbe sowie privaten Haushalten entweichen rund 21.000 t Stickstoff zu einem großen Teil als N_2 in die Atmosphäre. Der Anteil an NO_x -N und Stickstoff in Form anderer Verbindungen beträgt rund $\frac{1}{3}$ oder 7.000 t.

Die übrigen rund 10.000 t des in die Atmosphäre gelangenden Stickstoffs können der Abwasser- und Abfallwirtschaft (je rund 2.200 t) sowie der Denitrifikation aus Oberflächengewässern und dem Grundwasser (in Summe rund 5.500 t) zugerechnet werden. In diesen Fällen wird angenommen, dass die Emissionen zum Großteil in Form von elementarem Stickstoff erfolgen.



4.2.8 Prozess „Abfallwirtschaft“

Der Prozess Abfallwirtschaft umfasst die Teilprozesse:

- Sammlung
- Biochemische Verfahren
- Thermische Abfallbehandlung

auf die nachfolgend näher eingegangen wird.

4.2.8.1 Sammlung

Die Ermittlung der Abfallmengen wurde schon bei den einzelnen Prozessen detailliert besprochen, zur besseren Übersicht werden an dieser Stelle alle Abfallströme nochmals zusammengefasst. Aus privaten Haushalten fallen rund 415.000 t Abfall (Restmüll, biogene Abfälle, Altstoffe etc.) an. Die industriell/gewerbliche Abfallmenge (ohne Baurestmassen) beträgt rund 1,2 Mio. t, wobei rund 120.000 t aus der Nahrungsmittelindustrie, rund 580.000 t aus der Holz- und Papierindustrie und der Rest aus sonstiger Industrie und Dienstleistungsbetrieben stammen. In Tabelle 4-21 sind diese Mengen inklusive der entsprechenden Stickstofffrachten dargestellt.

Tabelle 4-21: Abfallmengen nach Herkunftsprozessen

Abfallmengen Steiermark 2003 Herkunft	Menge	
	Gesamt [t/a]	N-Fracht [t/a]
Private Haushalte	415.000	2.272
Industrie, Gewerbe + Dienstleistungsbetriebe		
Nahrungsmittelindustrie	120.695	1.209
Papierindustrie	248.550	520
Holzverarbeitende Industrie	327.600	1.206
sonstige Industrie*	468.715	1.881
Dienstleistungsbetriebe	29.690	252
Abfallimport**	200.000	800
Summe	1.810.250	8.140

^{*)} ohne Baurestmassen und Bodenaushub

^{**)} aus deponierter Abfallmenge abgeschätzt (LAWPL 2005)

Von den rund 2,65 Mio. t anfallenden Baurestmassen wird der Großteil (2,4 Mio. t) in der Bauindustrie wiederverwertet, auf Deponien gelangen rund 235.000 t, ebenso wie rund 200.000 t Bodenaushub.

Rund 395.000 t, das sind rund 22 % der in die Sammlung gelangenden Abfälle, werden als Recyclinggüter in den verschiedensten Industriezweigen eingesetzt, rund 85.000 t (hauptsächlich aus der Holz- und Papierindustrie) gelangen in den Export.



Einer Behandlung in biologischen Abfallbehandlungsanlagen oder Biogasanlagen werden rund 230.000 t zugeführt, davon sind rund 200.000 t biogene Abfälle aus der getrennten Sammlung, etwa 30.000 t stammen aus dem Restmüll der Haushalte (L-AWPL 2005).

Der verbleibende kommunale Restmüll wird deponiert (L-AWPL 2005), für 50 % des Sperrmülls sowie des industriell/gewerblichen Restmülls wird angenommen, dass dieser auf Deponien gelangt. Damit ergibt sich eine deponierte Abfallmenge von rund 660.000 t.

Für die übrigen Abfallfraktionen wurde der wiederverwertete bzw. einer thermischen Behandlung zugeführte Anteil abgeschätzt.

4.2.8.2 Biochemische Verfahren

In der Steiermark sind derzeit 11 Kompostanlagen mit einer genehmigten Verarbeitungskapazität von rund 39.400 /a in Betrieb. Neben diesen kommunalen und gewerblichen Anlagen verarbeiten ca. 90 Landwirte getrennt gesammelte Bioabfälle im Rahmen der landwirtschaftlichen Haus- und Wirtschaftskompostierung (L-AWPL 2005). In 32 bestehenden Biogasanlagen werden Wirtschaftsdünger sowie landwirtschaftliche Produkte bzw. agroindustrielle Abfälle verarbeitet. 15 dieser Anlagen sind abfallwirtschaftlich relevant (Quelle: Lokale Energie Agentur Oststeiermark, www.lea.at). Tabelle 4-22 zeigt die Güter- und Stoffflüsse für die biochemischen Verfahren. Die Transferkoeffizienten wurden dabei nach Fehringer et al. (1997) angenommen.

Tabelle 4-22: Güter- und Stoffflüsse in biochemischen Verfahren

Biochemische Verfahren								
	Güter			Stickstoff				
	von	bis	MW	von	bis	MW	von	bis
Transferkoeffizienten	[-]			[-]				
Rotteendprodukt	0,69	0,64		0,99	0,99			
Ab- und Biogas	0,31	0,36		0,01	0,01			
Gütermengen	[t/a]			[t N/a]			N-Gehalte [mg/kg]	
Bioabfall (Biotonne)	56.225	56.225	56.225	394	562	478	7.000	10.000
Garten- und Parkabfälle	13.201	13.201	13.201	92	132	112	7.000	10.000
Friedhofsabfälle	2.790	2.790	2.790	20	28	24	7.000	10.000
biogene Abfälle (DL)	7.200	7.200	7.200	50	72	61	7.000	10.000
biogene Abfälle (NGM)	120.695	120.695	120.695	951	1.468	1.209	7.881	12.161
Summe biogen	200.110	200.110	200.110	1.507	2.262	1.884		
Restmüll PHH(BCV)	33.439	33.439	33.439	111	192	152	3.332	5.739
Summe Restmüll	33.439	33.439	33.439	111	192	152		
Summe Input	233.549	233.549	233.549	1.619	2.454	2.036		
Rotteendprodukt biogen	138.076	128.070	133.073	1.492	2.239	1.866		
Rotteendprodukt Restmüll	23.073	21.401	22.237	110	190	150		
Ab- und Biogas	72.400	84.078	78.239	16	25	20		
Summe Output	233.549	233.549	233.549	1.619	2.454	2.036		

Transferkoeffizienten
Fehringer et al., 1997

Gütermengen
LAWPL Stmk, 2005; eigene Abschätzung

Stoffkonzentrationen
Kroiss, 1998



Als Outputgüter fallen rund 135.000 t Kompost an, der einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt wird. Die Restmüllrückstände (rund 22.000 t) gelangen auf Deponien, rund 72.000 t Gas emittieren in die Atmosphäre.

4.2.8.3 Thermische Abfallbehandlung

Die Abfallmenge, welche einer thermischen Behandlung unterzogen wurde, konnte für das Jahr 2003 mit rund 535.000 t abgeschätzt werden. Der größte Teil betrifft Holz- und Papierabfälle aus der Industrie, von denen angenommen wurde, dass sie zu rund 60 % (entspricht rund 305.000 t) in Müllverbrennungsanlagen gelangen. Rund 162.000 t (das sind 50 %) des industriellen Restmülls werden thermisch verwertet. An kommunalen Klärschlämmen werden rund 3.000 t oder 9 %, an industriellen Klärschlämmen rund 12.000 t oder 100 % (L-AWPL 2005) in thermischen Anlagen verbrannt. Rund 9.000 t stammen aus industriellen Kunststoffabfällen, etwa 45.000 t aus Abwasserschlämmen der Papierindustrie.

Die entsprechenden Güter- und Stoffflüsse werden in Tabelle 4-23 zusammengefasst. Die Transferkoeffizienten wurden dabei nach Fehring et al. (1997) angenommen.

Tabelle 4-23: Güter- und Stoffflüsse der thermischen Abfallbehandlung

Thermische Abfallbehandlung								
	Güter			Stickstoff				
	von	bis	MW	von	bis	MW	von	bis
Transferkoeffizienten	[-]			[-]				
feste Rückstände	0,28	0,28		0,02	0,02			
Ab- und Biogas	0,72	0,72		0,98	0,98			
Güter	[t/a]			[t N/a]			N-Gehalte [mg/kg]	
Restmüll SIG (V)	161.658	161.658	161.658	578	1.086	832	3.573	6.718
Holz- und Papierabfälle (V)	305.597	305.597	305.597	342	541	442	1.119	1.771
Kunststoff (V)	8.514	8.514	8.514	128	213	170	15.000	25.000
sonst. Abfälle (AW-Schlämme)	44.550	44.550	44.550	89	111	100	2.000	2.500
Klärschlamm ARA-V (kommunal)	2.973	2.973	2.973	137	152	144		
Klärschlamm ARA-V (industriell)	11.900	11.900	11.900	547	607	577		
Summe Input	535.191	535.191	535.191	1.820	2.710	2.265		
feste Rückstände	149.854	149.854	149.854	36	54	45		
Ab- und Biogas	385.338	385.338	385.338	1.784	2.656	2.220		
Summe Output	535.191	535.191	535.191	1.820	2.710	2.265		

Transferkoeffizienten

Fehring et al., 1997

Gütermengen

LAWPL Stmk, 2005; eigene Abschätzung

Stoffkonzentrationen

Kroiss, 1998; eigene Berechnungen

Als feste Rückstände aus dem thermischen Prozess verbleiben rund 150.000 t, die auf Deponien verbracht werden, 385.000 t entweichen als Abgas in die Luft.

In Tabelle 4-24 werden nochmals alle In- und Outputgüter des Prozesses Abfallwirtschaft zusammengefasst. In den Prozess gelangen rund 7.300 t Stickstoff über industriell/gewerbliche Abfälle inklusive Baurestmassen, von welchen rund 2.600 t in Form von Recyclinggütern zurückgeführt werden. Rund 2.300 t N pro Jahr stammen aus Haushaltsabfällen, rund 1.100 t N aus kommunalen und industriellen Klärschlämmen. In Deponiegütern befindet sich eine Stickstofffracht von rund 3.100 t, auf landwirtschaftliche



Böden werden rund 2.500 t N als Kompost zu Düngezwecken aufgebracht. Aus der thermischen Abfallverwertung emittieren rund 2.200 t N in die Atmosphäre.

Tabelle 4-24: Prozessliste Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	0,80	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abfälle IGDI	7,3	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	2,3	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	1,1	Abfallwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	2,6	IGDI
	Abfallwirtschaft	Abgas AWS	2,2	Prozess außerhalb des Systems
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	-	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	3,1	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Kompost	2,5	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Export Abfälle	1,0	Prozess außerhalb des Systems

4.2.9 Prozess „Abwasserwirtschaft“

In „Abwasserentsorgung in Österreich 2001“ (BMLFUW, 2003) wird der kommunale Abwasseranfall (Abwasser aus Privathaushalten sowie Indirekteinleiter) in der Steiermark mit rund 118 Mio. m³ pro Jahr angegeben. Davon werden rund 88 % oder 104 Mio. m³ über das öffentliche Kanalsystem entsorgt und in kommunalen Kläranlagen einer Reinigung (mechanisch, biologisch, weitergehende Reinigung) unterzogen. Rund 40 % der Zulaufmenge (ausgedrückt durch die organische Abwasserfracht – CSB₁₁₀) entstammt gewerblich/industriellen Indirekteinleitern, dies entspricht rund 640.000 Einwohnerwerten. Die CSB-Fracht aus privaten Haushalten beträgt demgegenüber rund 1.000.000 Einwohnerwerte (rund 60 %). Die übrigen 14 Mio. m³ oder rund 12 % des gesamten kommunalen Abwassers werden in private Senkgruben bzw. Hauskläranlagen eingeleitet.

Im Vergleich dazu beträgt die industrielle Schmutzfracht rund 71.000 t CSB – dies entspricht rund 1.800.000 Einwohnerwerten - und liegt somit in der Größenordnung des kommunalen Abwasseranfalls. Tabelle 4-25 zeigt eine Aufstellung über die anfallenden Abwasserströme und Schmutzfrachten.



Tabelle 4-25: Mengen und Frachten aus der kommunalen und industriellen Abwasserreinigung (Quelle: BMLFUW, 2003)

Kommunale Abwasserreinigung (Häusliches Abwasser und Indirekteinleiter)										
	Abwasser-Anfall ¹⁾				ARA-Zulauf			ARA-Ablauf		
	Menge [Mio m ³ /a]	EGW	Anteil [%]	CSB-Fracht ²⁾ [g/EW.d]	N-Fracht ^{3) 4)} [kg/EW.a] von bis		[t/a] (MW)	Reinigung [%]	N-Fracht ⁵⁾ [t/a] (MW)	
Häusliches Abwasser	63,4	996.558	61	110	40.012	3,8	4,4	4.130	65	1.445
Indirekteinleiter - davon:	40,7	640.727	39	110	25.725	3,1	3,2	2.039	65	714
Nahrungsmittelindustrie		823.348	50		33.057					
sonstige Industrie (Gerberei,...)		411.674	25		16.529					
Dienstleistung und Handel		402.262	25		16.151					
Entwässerte versiegelte Fläche ⁷⁾								276		
abzgl. Sickerwasserverluste Kanal ⁸⁾								55		
Kommunale Kläranlagen	104,1	1.637.285		110	65.737			6.390	65	2.159
Senkgruben, Hauskläranlagen	13,9	189.821		110	7.621	3,8	4,4	778		
Kommunale Abwasserreinigung	118,0	1.827.106			73.358			7.168		
Industrielle Abwasserreinigung										
	Abwasser-Anfall ¹⁾				ARA-Zulauf			ARA-Ablauf		
	Menge [Mio m ³ /a]	EGW ¹⁾	Anteil [%]	CSB-Fracht ²⁾ [g/EW.d]	[t/a]	N-Fracht ⁶⁾ [kg/EW.a] von bis		[t/a] (MW)	Reinigung [%]	N-Fracht ⁵⁾ [t/a] (MW)
Direkteinleiter - davon:		1.780.598	100	110	71.491	0,3	0,4	638	75	153
Nahrungsmittelindustrie		362.818	20		14.567			130		31
sonstige Industrie (Gerberei,...)		1.417.780	80		56.924			508		122

¹⁾ Quelle: Abwasserentsorgung in Österreich 2001; BMLFUW, 2003

²⁾ CSB-Fracht berechnet mit 110g CSB/EW.d

³⁾ Quelle: Zessner, 1999

⁴⁾ Gesamtzulauf aus: Abwasserentsorgung in Österreich 2001; BMLFUW, 2003

Einzelwerte anteilmäßig errechnet

⁵⁾ Gesamtablauffrachten aus: Abwasserentsorgung in Österreich 2001; BMLFUW, 2003

Einzelwerte anteilmäßig errechnet

⁶⁾ N-Frachten über Indirekteinleitern geschätzt, angenommene Schwankungsbreite +/- 10%; theoretischer Reinigungsgrad 75%

⁷⁾ Annahme: 30% der versiegelten Fläche über Kanalsystem entwässert

⁸⁾ Hamm, zit. in Kroiß et al., 1998: Verluste 0-2 % des Kläranlagenzuflusses

Die Stickstofffracht im kommunalen Abwasser kann nach BMLFUW (2003) mit rund 7.200 t/a angegeben werden und liegt somit eine Größenordnung über jener aus Industriebetrieben. Die Aufteilung der Indirekteinleiterfrachten ergibt sich aus der Berechnung der Stickstofffrachten aus dem Sektor Dienstleistungen („außer Haus“ - Übernachtung bzw. Verpflegung siehe Kapitel 4.2.3) die übrige Fracht wurde zu $\frac{2}{3}$ aus der Nahrungsmittelindustrie bzw. zu $\frac{1}{3}$ aus der sonstigen Industrie stammend angenommen.

In Anlehnung an Kroiß et al. (1998) wurde die Stickstofffracht industrieller Direkteinleiter in der Steiermark mit rund 650 t/a abgeschätzt, wobei nennenswerte Stickstoffmengen nur im Abwasser der Nahrungs- und Genussmittelindustrie sowie aus Gerbereien anfallen.

Über Kläranlagenabläufe sowie Regenentlastungen gelangen jährlich rund 2.600 t Stickstoff oder knapp 35 % der Outputmenge aus der Abwasserwirtschaft in Oberflächengewässer. Nach Hamm (zit. in Kroiß et al., 1998) kann die über Regenentlastungen in Gewässer emittierte Menge mit 5 – 10 % der gesamten kommunalen Abwassermenge angenommen werden.

Rund 3.000 t Stickstoff fallen pro Jahr in kommunalem sowie industriellem Klärschlamm an, wobei die kommunale Klärschlammmenge nach Angaben der Fachabteilung 19D des Amtes der steiermärkischen Landesregierung (Klärschlammhebung, 2003, persönliche Mitteilung



DI Mitterwallner) 2003 rund 33.000 t TS beträgt. Die industrielle Klärschlammmenge wird vom BMLFUW (2003) für 2001 mit rund 12.000 t TS angegeben.

600 t Stickstoff aus Klärschlämmen sowie Senkgrubeninhalten werden gezielt als Dünger auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht, etwa die gleiche Menge (rund 650 t) gelangen über Kanal- und Senkgrubenverluste unkontrolliert in die Pedosphäre, weitere 650 t kommen im Landschaftsbau zum Einsatz. Die übrige Klärschlammmenge (darin enthalten ist der gesamte Anfall aus der industriellen Abwasserreinigung) wird über die Abfallwirtschaft entsorgt und thermisch verwertet oder deponiert (Landesabfallwirtschaftsplan Steiermark 2005).

Eine Lagerbildung findet im Prozess „Abwasserwirtschaft“ nicht statt. Der überschüssige Stickstoff (rund 2.200 t/a) wird in der biologischen Stufe der Kläranlagen denitrifiziert und entweicht somit in die Atmosphäre (vergleiche Kroiß et al., 1998). Eine Aufstellung dieser Stickstoffflüsse findet sich in Tabelle 4-26.

Tabelle 4-26: Prozessliste Abwasserwirtschaft

Abwasserwirtschaft					
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess	
		IGDI	Abwässer IGDI	2,7	Abwasserwirtschaft
		Privater Haushalt	Abwässer PHH	5,2	Abwasserwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]		
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	1,9	Pedo- + Lithosphäre	
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	1,1	Abfallwirtschaft	
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	2,6	Oberflächengewässer	
	Abwasserwirtschaft	Abgas AWW	2,2	Prozess außerhalb des Systems	

4.2.10 Prozess „Deponie mit Halde“

Laut Landesabfallwirtschaftsplan Steiermark 2005 (2005) wird auf steirischen Massenabfalldeponien zwischen 500.000 und 850.000 t Abfall pro Jahr deponiert. Diese Menge setzt sich aus kommunalem und industriellem Restmüll, Rückständen aus mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlagen und Müllverbrennungsanlagen sowie dem abgelagerten Anteil des kommunalen Klärschlammes zusammen. Damit gelangt eine Stickstoffmenge von rund 3.100 t/a auf steirische Deponien.

Abbildung 4-5 gibt einen Überblick über das verfügbare Deponievolumen steirischer Massenabfalldeponien (L-AWPL 2005).

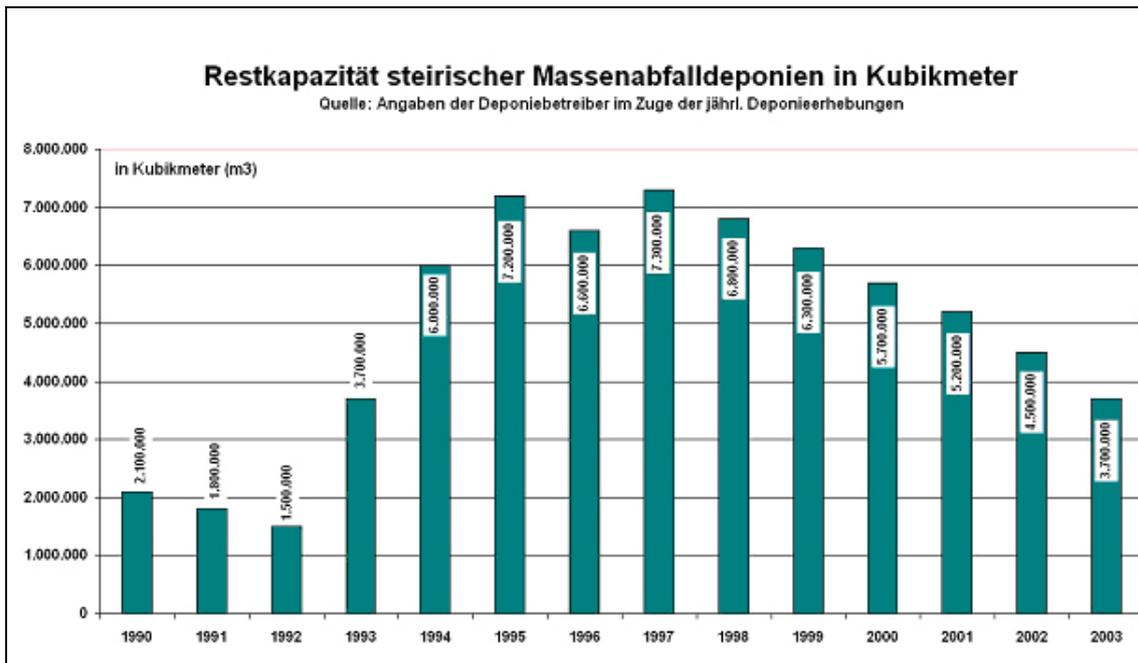


Abbildung 4-5: Restkapazität steirischer Massenabfallsdeponien
 (Quelle: Amt der steirischen Landesregierung - L-AWPL, 2005)

Auf Bodenaushub- sowie Baurestmassendeponien werden jährlich rund 435.000 t gelagert (L-AWPL 2005). Hinsichtlich der Stickstofffrachten sind diese Mengen jedoch nur von geringer Bedeutung (rund 400 t N/a).

Der Austrag aus dem Prozess „Deponie“ ist demgegenüber mit 3 t N/a über das Deponiesickerwasser (bei einem angenommenen Reinigungsgrad von rund 80 %) bzw. 6 t N/a durch gasförmige Emissionen vernachlässigbar klein (vergleiche Berechnung der Auswaschung aus Deponien im Anhang Tabelle 9-38).

Das Lager im Prozess „Deponie mit Halde“ kann über die Deponievolumen mit rund 23.000 t Stickstoff abgeschätzt werden, der jährliche Zuwachs beträgt entsprechend Tabelle 4-27 rund 3.100 t N.

Tabelle 4-27: Prozessliste Deponie mit Halde

Halden + Deponien				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
		BLF	Abfälle Bergbau	-
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	3,1	Halden + Deponien
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [1.000 t/a]	Zielprozess
	Halden + Deponien	Deponiegas	0,0063	Prozess außerhalb des Systems
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0,0203	Oberflächengewässer
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	55	
		LAGERINPUT	3,1	
		LAGEROUTPUT	0,0267	
		LAGERVERÄNDERUNG	3,1	
	LAGERBESTAND ENDE	58		



4.3 Eisen

Die Hauptprozesse der Eisenbilanz werden in der Reihenfolge beschrieben, wie sie sich aus der Bewirtschaftung von der Quelle bis zur Senke ergibt. Die Bewirtschaftung beginnt beim Erzberg und geht über das Hüttenwerk zum Einsatz und schließlich in die Abfallwirtschaft samt Deponie. Die Umweltkompartimente werden zuletzt beschrieben.

Soweit möglich werden auch die „Kleinstflüsse“ an Eisen in den Abwässern etc. quantifiziert. Da diese keine Rolle im Eisenhaushalt der Steiermark spielen, werden sie in den Prozessen, in denen sie als Input auftreten, nicht weiter beschrieben. Beispielsweise werden jene ca. 40 t Eisen, die bei der Klärschlammverbrennung thermisch verwertet werden, nicht über die Schlacke und Asche bis zur Deponie verfolgt.

4.3.1 Prozess „Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft“

ERZBERG:

Die VOEST-ALPINE Erzberg Gesellschaft m. b. H. ist der einzige Betrieb, der in der Steiermark im Eisenerzbergbau tätig ist. 2003 wurden in 2,1 Mio. t Eisenerze gewonnen. Davon werden 1,2 Mio. t als Möllierzusatzmaterial verwendet. Gegenüber dem Jahr 2002 ist die Bergbauproduktion um 9 % gestiegen (BMWA, 2004).

Der Großteil, ca. 1,3 Mio. t Eisenerz, werden per Eisenbahn in das Stahlwerk Linz transportiert. Die restlichen ca. 780.000 t Eisenerz werden in der Steiermark im Stahlwerk Donawitz verarbeitet. Im Gegensatz zu den Importerzen, die durchwegs Magnetite (Fe_3O_4) und Hämatite (Fe_2O_3) sind, enthält heimisches Erz als Siderit (FeCO_3) auch einen gewissen Anteil an Kohlenstoff (C). Weiters sind im heimischen Erzgestein auch noch verhältnismäßig viele andere Schlackenträger wie Kalzium, Silizium und Magnesium enthalten. Diese chemische Zusammensetzung bedingt den relativ geringen Eisengehalt von ungefähr 33 % im heimischen Erz. Importerze haben im Vergleich dazu einen Eisengehalt von bis zu 65 % (VOEST ALPINE, 2005a). Weber & Zsak (2004) geben den Erzgehalt im heimischen Eisenerz mit 32 % an.

Bei einem Eisengehalt von 32 % im heimischen Eisenerz ergibt dies eine Masse von 680.000 t Fe im Jahr 2003, die für die Weiterverarbeitung im Inland zur Verfügung steht. Davon gehen 430.000 t Fe nach Oberösterreich und 250.000 t verbleiben in der Steiermark. Ins Ausland wird kein Eisenerz exportiert (Statistik Austria, 2004a).

Das Lager an Siderit im steirischen Erzberg wird in der Literatur für das Jahr 2000 mit rund 140 Mio. t angegeben (BMfBWK, 2005). In der Tabelle 4-28 wird das Lager im Erzberg anhand der Daten des Österreichischen Montanhandbuches 2004 (BMWA, 2004) für das Bilanzjahr berechnet. Demnach ergibt sich ein Lagerbestand an Eisen von 43,6 Mio. t Fe zu Beginn des Jahres und 42,9 Mio. t Fe am Ende des Jahres 2003.



Tabelle 4-28: Berechnung des Lagers im Erzberg nach Daten von (BMWA, 2004)

	Lager Erzberg Beginn [Mio. t]	Eisenerzförderung [Mio. t/a]	Fe-Gehalt [%]	Eisenerzförderung [t Fe/a]	Lager Erzberg Beginn [Mio. t Fe]
2001	140	1,84	32	0,59	44,8
2002	138	1,94	32	0,62	44,2
2003	136	2,12	32	0,68	43,6
2004	134		32		42,9

Nach Angaben von Herrn Wernsperger der Montanbehörde Wien fallen pro Tonne Eisenerz 2 Tonnen Taubgestein an, welche auf Halden abgelagert werden (Daxbeck et al, 2003). Bei der Eisenerzförderung von 2,1 Mio. t im Jahr 2003 fielen demnach 4,2 Mio. t Taubgestein an. Bei einem durchschnittlichen Fe-Gehalt von 1 % im tauben Gestein gelangen 42.000 t Fe auf Halde.

MINERALISCHE ROHSTOFFE

2003 wurden in der Steiermark 6,4 Mio. t bergfreie und 5,5 Mio. t grundeigene mineralische Rohstoffe abgebaut (Fachverband der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie, 2004). In diesen sind ca. 340.000 t Eisen enthalten (vgl. Tabelle 9-42 im Anhang). Die Kohle wird in Kraftwerken verfeuert, der Kalkstein geht zumindest teilweise in die Zementindustrie. Es wird angenommen, dass diese in der Steiermark im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur eingesetzt werden. Das Eisenlager in den mineralischen Rohstoffen wird nicht bestimmt. Dieses wird indirekt über das Lager in der Pedosphäre/Lithosphäre mit berücksichtigt.

LANDWIRTSCHAFT

Eisen ist eines der essentiellen Spurenelemente der Pflanzen. 2003 wurden 841.000 t Phosphatdünger nach Österreich importiert (Statistik Austria, 2004). Unter der Annahme, dass davon ein Sechstel in der Steiermark eingesetzt wird, gelangen jährlich 140.000 t Dünger auf die steirischen Felder. Bei einem angenommenen Eisengehalt von 0,5 % sind darin 700 t Eisen enthalten.

In den 700.000 t Getreide, Ölfrüchten etc., die in der Steiermark geerntet werden, sind 14 t Eisen (Tabelle 9-45) enthalten, im Obst ca. 2 t (Tabelle 9-44). In den 1,7 Mio. t Grünfütter sind ca. 350 t Eisen (Tabelle 9-46) enthalten, diese verbleiben in der steirischen Viehwirtschaft. In den Ernterückständen sind 17 t Eisen (Tabelle 9-43) enthalten.

FORSTWIRTSCHAFT

Die Eisenkonzentration im Holz ist für die meisten Fragestellungen unbedeutend. Daher gibt es auch kaum Literaturangaben. In SMUL (2004) wird der Eisengehalt in den Blättern und Nadeln mit 36 bis 133 mg/kg angegeben. Es wird angenommen, dass der Eisengehalt im Holz bei ca. 100 mg/kg liegt. Aufgrund der Berechnungen (Details im Kapitel Stickstoff) gelangen mit dem Holzeinschlag 560 t Eisen in die Holzindustrie. Unter der Annahme, dass 10 % des Holzeinschlages als Schlagrücklass im Wald zurück gelassen werden, gelangen 56 t Eisen als



Abfälle FW auf den Boden zurück. Durch den Holzzuwachs werden jährlich 860 t Eisen in den Bäumen gebunden. Das Eisenlager in den Bäumen beträgt 34.000 t.

Die flüssigen Emissionen ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer sowie das Abgas in die Atmosphäre werden nicht bestimmt.

In der Tabelle 4-29 sind die Ergebnisse der Bilanzierung des Prozesses Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft zusammengefasst.

Tabelle 4-29: Eisenbilanz des Prozesses „Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft“

Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	701	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Produkte IGDI	n.b.	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft
	Pedosphäre, Lithosphäre	Pflanzenentzug	1.226	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft
Output	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Produkte BLF	588.756	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Abfälle LW+FW	73	Pedosphäre, Lithosphäre
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Bergbauabfälle	42.496	Deponie und Halde
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Abgas BLF	n.b.	Atmosphäre
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B + LW I	n.r.	Grundwasser
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B + LW II	n.r.	Oberflächengewässer
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Export Produkte BLF	431.176	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output		Masse [t]	
		LAGERBESTAND BEGINN	43.634.000	
		LAGERINPUT	1.927	
		LAGEROUTPUT	1.062.501	
		LAGERVERÄNDERUNG	- 1.060.574	
	LAGERBESTAND ENDE	42.573.426		

4.3.2 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur“

STAHLINDUSTRIE:

Erz:

Vom steirischen Erzberg werden 780.000 t Eisenerz mit einem Eisengehalt von 250.000 t verarbeitet. In Donawitz werden jährlich 1,9 Mio. t Eisenträger, 70.000 t Zuschläge und 600.000 t Kohlenstoffträger verarbeitet (Voest Alpine, 2005a). Demnach stammen die restlichen 1,1 Mio. t Eisenerz aus dem Ausland. Bei einem durchschnittlichen Eisengehalt von 63 % im importierten Erz (Weber & Zsak, 2004) sind das 710.000 t Eisen.



Schrott:

Der Schrotteinsatz in der steirischen Stahlindustrie wird wie folgt berechnet: Gara & Schrimpf (1998) beziffern den Schrotteinsatz im Jahr 1995 in der österreichischen Eisen- und Stahlindustrie mit 1,7 Mio. t.

Tabelle 4-30: Schrotteinsatz 1995

Schrotteinsatz	Linz	Donawitz	Marienhütte	Böhler	Breitenfeld	Summe
1995	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
Schrottzukauf	500.000	220.000	280.000	70.000	75.000	1.145.000
Eigenschrott	414.000	51.000	6.000	50.000		521.000
Summe	914.000	271.000	286.000	120.000	75.000	1.666.000

Laut Statistik Austria (2004b) wurden im Jahr 2003 2,3 Mio. t Schrott eingesetzt. Bei einem Fe-Gehalt von 95 % entspricht dies einer Eisenmasse von 2,2 Mio. t.

Tabelle 4-31: Schrottbilanz der Stahlwerke 2003

Schrottbilanz 2003	[t]	[t Fe]
Schrottanfall in Stahlwerken	662.404	630.000
Zukauf Inland	905.318	860.000
Zukauf Ausland	904.331	860.000
Summe	2.472.053	2.300.000
Gesamtverbrauch	2.274.827	2.200.000

In der Außenhandelsstatistik wird der Schrottimport nach Österreich für das Jahr 2003 mit 945.000 t angegeben (Statistik Austria, 2004a).

Für die Abschätzung des Schrotteinsatzes in der Steiermark wird angenommen, dass die Kapazitäten der drei Werke (Marienhütte Graz, Böhler Edelstahl Kapfenberg und Breitenfeld Edelstahl GmbH) annähernd gleich geblieben sind. Im Jahresbericht 2003 des Fachverbandes der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie (2004) wird die Produktion an Elektrostahl mit 430.000 t angegeben. Dies entspricht auch den Zahlen für 1995. Für den Standort Linz werden die Daten für das Jahr 2004 herangezogen.

Für die weiteren Berechnungen wird nach Tabelle 4-31 der Gesamtverbrauch an Schrott und nicht die zur Verfügung stehende Schrottmasse verwendet. Unter der Annahme, dass der Eisenanteil im Schrott 95 % beträgt, wurden im Jahr 2003 in der Steiermark 0,99 Mio. t Schrott mit einem Eisenanteil von 0,94 Mio. t verarbeitet.

Tabelle 4-32: Schrottbilanz 2003

Schrotteinsatz	Österreich	Linz (2004)	Steiermark	Steiermark
2003	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t Fe /a]
Schrottzukauf	1.610.000	820.000	790.000	750.500
Eigenschrott	660.000	460.000	200.000	190.000
Eigenschrott	2.270.000	1.280.000	990.000	940.500



2003 wurden 945.000 t Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl nach Österreich importiert (Statistik Austria, 2004a). Bei einem durchschnittlichen Eisengehalt von 94 % (Döberl et al, 2005) in diesen Abfällen sind das 890.000 t Fe. Aus der Tabelle 4-32 ist ersichtlich, dass ca. 50 % des in Österreich zugekauften Schrottes in der Steiermark verarbeitet werden. Es wird angenommen, dass der importierte Schrott ebenfalls zu 50 % in der Steiermark verarbeitet wird. Demnach wurden im Jahr 2003 470.000 t Schrott mit einem Eisengehalt von 450.000 t in die Steiermark importiert. Für die auf den gesamten Schrottzukauf fehlenden 320.000 t mit einem Eisengehalt von 300.000 t Masse wird angenommen, dass davon 30 % aus der Steiermark kommen und die restlichen 70 % aus den anderen Bundesländern Österreichs.

Zu Beginn des Jahres 2003 lag der Bestand an Schrott in Österreich bei 97.000 t Schrott. Der Lagerbestand Ende 2003 belief sich auf 140.000 t (Statistik Austria, 2004b). Aufgrund des Verhältnisses des Schrotteinsatzes in Linz und der Steiermark wird angenommen, dass die Hälfte dieses Lagers in der Steiermark liegt. Bei einem Eisenanteil von 95 % beträgt das Schrottlager in der Steiermark 45.000 t zu Beginn und 65.000 t am Ende des Jahres.

Produktion:

Am Standort Donawitz wurden 2003 1,3 Mio. t Rohstahl produziert (Schindler et al., 2004). 530.000 t Knüppel wurden in der VOEST-Alpine Austria Draht GmbH zu 510.000 t Walzdraht verarbeitet. 470.000 t Stahlvorblöcke wurden in der VOEST-Alpine Schienen GmbH zu 430.000 t Schienen, Stahlvormaterial und Oberbauprofilen verarbeitet. In diesen beiden Bereichen fallen ca. 60.000 t Schrott an (Schindler, 2004). Diese beiden Bereiche verarbeiten 1 Mio. t Roheisen. Es wird angenommen, dass von den 650.000 t Blöcken und Halbzeugen, die in Österreich produziert werden (Fachverband der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie, 2004), 80 % in Linz und 20 % in Donawitz hergestellt werden.

Im Jahresbericht 2003 des Fachverbandes der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie (2004) wird die Exportquote der Langprodukte mit 60 % angegeben. Der Eisenanteil wird mit 98 % angenommen. Es wird angenommen, dass 25 % des österreichischen Absatzes in der Steiermark verarbeitet werden. Die Berechnungen für den Standort Donawitz ergeben, dass von der gesamten Produktion 700.000 t aus Österreich exportiert werden. 410.000 t gehen in die anderen Bundesländer und 160.000 t verbleiben in der Steiermark.

Bichler (2001) gibt die Rohstahlproduktion der drei Edelstahlwerke für das Jahr 1995 wie folgt an:

Marienhütte Graz	250.000 t
Böhler Edelstahl Kapfenberg	122.000 t
Breitenfeld Edelstahl GmbH.....	60.000 - 90.000 t

Die produzierte Masse 1995 deckt sich mit den Angaben des Fachverbandes Bergwerke und Eisen erzeugende Industrie für das Jahr 2003. Demnach haben sich die Kapazitäten nicht wesentlich geändert. Als Rohstoff wird unlegierter Fe-Schrott (Marienhütte, 2005) beziehungsweise Roheisen unter Zugabe von Schrott angegeben (Bichler, 2001). Nach Einschätzung von Herrn Doswald (2005) beträgt der Exportanteil der 430.000 t Elektrostahl, die in den drei Edelstahlwerken produziert werden, ca. 70 %. Da es sich dabei in erster Linie



um Werkzeug- und Edelstahlprodukte handelt, wird der Fe-Gehalt mit 80 % angenommen. Es wird angenommen, dass 25 % der in Österreich verbleibenden Produktion in der Steiermark verarbeitet werden. Demnach werden 300.000 t aus Österreich exportiert, 100.000 t gehen in die anderen Bundesländer und 30.000 t verbleiben in der Steiermark.

In der Tabelle 4-33 ist der Absatz der steirischen Stahlindustrie samt Eisengehalt in den Rohprodukten zusammengestellt.

Tabelle 4-33: Absatz der steirischen Eisen- und Stahlindustrie

2003	Österreich	Steiermark	Export	Summe	Fe-Gehalt	Steiermark	Export	Summe
	[t]	[t]	[t]	[t]	[%]	[t Fe]	[t Fe]	[t Fe]
Steiermark								
Langprodukte	330.000	140.000	660.000	1.130.000	98	140.000	970.000	1.110.000
Blöcke und Halbzeug	60.000	20.000	50.000	130.000	98	20.000	100.000	130.000
Zwischensumme	390.000	170.000	710.000	1.260.000		160.000	1.070.000	1.230.000
Elektrostahl	90.000	40.000	300.000	430.000	80	30.000	320.000	350.000
Gesamtsumme	480.000	210.000	1.010.000	1.690.000		190.000	1.390.000	1.580.000

In Summe wurden im Jahr 2003 1,4 Mio. t Eisen in Rohprodukten exportiert und 190.000 t Eisen verblieben zur Weiterverarbeitung in der Steiermark.

Schlacke:

Im Werk Donawitz fallen jährlich 320.000 t Hochofenschlacke an (Schindler et al., 2004). Der Fe-Gehalt liegt zwischen 0,2 und 0,7 % (Gara & Schrimpf, 1998)

Bei einem Rechenwert von 0,5 % sind dies 1.600 t Eisen. Ein Teil des Eisens wird als Separationseisen in der Schlackenaufbereitung zurück gewonnen und in der Sinteranlage und im Hochofen wieder eingesetzt. Zusätzlich fielen 1995 nochmals 320.000 t Box-Schlacke an (Bichler, 2001). Der Eisengehalt liegt zwischen 18 und 24 %, allerdings ist der metallische Fe-Gehalt < 1 % (Gara & Schrimpf, 1998). Bei einem Rechenwert von 0,5 % für metallisches Eisen und 22 % für Gesamteisen sind dies 1.600 t metallisches Eisen und 50.000 t Gesamteisen. Von der Stahlwerksschlacke (BOF-Schlacke) werden die Eisenanteile in der Rückgewinnungsanlage von der Restschlacke getrennt und ebenfalls wieder im Hochofen eingesetzt (Gara & Schimpf, 1998). Wie im Kapitel Abfallwirtschaft beschrieben, verlassen 800 t Eisen das Stahlwerk in Schlacken und Stäuben.

Bei den drei anderen Stahlherstellern fallen jährlich ca. 80.000 t Schlacken und Stäube an. Der Eisenanteil wird mit 22 % beziehungsweise 20 % angenommen. Somit verlassen ca. 18.000 t Eisen die Elektrostahlwerke.

In der steirischen Stahlindustrie werden im Jahr 2003 1,7 Mio. t Eisen umgesetzt. Die beschriebene Bilanzierung der Stahlwerke ergibt eine um 30.000 t höheren Input als Output, da das Schrottlager der Stahlwerke im Jahr 2003 angestiegen ist.



EISEN VERARBEITENDE INDUSTRIE UND GEWERBE:

Für die Berechnung der Eisenbilanz im produzierenden Bereich werden zunächst die Daten für Österreich herangezogen und anschließend auf die Steiermark bezogen.

In der Steiermark leben 15 % der Österreicher auf 20 % der Fläche Österreichs. Aufgrund der Nähe zum Stahlwerk Donawitz und zu den Elektrostahlwerken einerseits und aufgrund der in der Steiermark überdurchschnittlich großen Autozulieferindustrie andererseits wird aber das Verhältnis der beschäftigten Personen und der abgesetzten Produktion in den Branchen Maschinen- und Stahlbau, Fahrzeugindustrie und Metallwarenindustrie in der Steiermark im Vergleich zu Österreich als Berechnungsbasis herangezogen.

In der Tabelle 4-34 sind die Betriebe, Beschäftigte und die abgesetzte Produktion in Österreich und der Steiermark aufgelistet (WKO Steiermark, 2005). 17 % der Betriebe der Fachverbände 2160 bis 2180 sind in der Steiermark beheimatet. Der Anteil der Beschäftigten liegt in der Steiermark bei 27 % und der Anteil der abgesetzten Produktion bei 26 %.

Tabelle 4-34: Vergleich Österreich Steiermark im produzierenden Bereich

WKO Steiermark, 2005		Betriebe			Beschäftigte			Abges. Produktion [Mio. €]		
Fachverband		Stmk.	Österr.	Stmk % Ö.	Stmk.	Österr.	Stmk % Ö.	Stmk.	Österr.	Stmk % Ö.
2011	Bergwerke	14	28	50	1.584	2.764	57	252	445	57
2012	Eisenhütten	geh	13		geh	13.446		geh	4.472	
2020	Erdölindustrie	geh	6		geh	2.376		geh	5.743	
2030	Steine und Keramik	58	260	22	2.648	16.069	17	495	3.201	16
2040	Glasindustrie	5	35	14	812	9.312	9	110	1.212	9
2050	Chemische Industrie	37	309	12	3.896	41.438	9	848	10.571	8
2060	Papierherzeugung	8	27	30	3.405	9.312	37	1.340	3.204	42
2070	Papierverarbeitung	11	61	18	1.773	8.418	21	323	1.792	18
2090	Bauindustrie	12	145	8	2.363	26.366	9	365	4.380	8
2100	Holzverarbeitung	65	353	18	4.761	29.420	16	843	5.958	14
2110	Nahrung und Genussmittel	25	249	10	3.144	28.862	11	608	7.265	8
2120	Lederherzeugung	geh	5		geh	2.167		geh	459	
2130	Lederverarbeitung	geh	21		geh	2.376		geh	437	
2140	Gießerei	5	41	12	1.268	7.809	16	165	1.262	13
2150	NE.-Metall	geh	23		geh	5.207		geh	1.832	
2160	Maschinen und Stahlbau	76	424	18	10.005	60.229	17	1.796	12.532	14
2170	Fahrzeugindustrie	7	53	13	10.028	29.288	43	4.755	11.741	41
2180	Metallwarenindustrie	60	357	17	9.155	45.193	20	1.865	8.358	22
2190	Elektroindustrie	38	189	20	11.026	50.007	22	1.681	10.668	16
2200	Textilindustrie	11	123	9	1.322	13.680	10	237	2.122	11
2210	Bekleidungsindustrie	8	69	12	654	5.346	12	40	714	6
2220	Gas-Wärmeversorgung	9	36	25	680	4.325	16	464	1.633	28
Mittelwert gesamt				18			20			19
Mittelwert 2160-2180				16			27			26

Sofern keine genaueren Daten vorliegen, wird bei den folgenden Berechnungen angenommen, dass 30 % der Massen in der Steiermark verarbeitet werden.

Im Jahr 2003 wurden in Österreich 6,2 Mio. t Rohstahl produziert (Fachverband der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie, 2004). Der Inlandsabsatz beträgt dabei 2,5 Mio. t (Döberl et al., 2005). Unter der Annahme, dass davon 30 % in der Steiermark verarbeitet



werden, beträgt die Masse an Eisen in den Rohprodukten 770.000 t. Anhand der oben stehenden Berechnungen stammen 190.000 t Eisen in Rohprodukten aus der steirischen Stahlindustrie.

In der Tabelle 4-35 sind die Berechnungen für das Stahlwerk der Voest in Linz dargestellt. Wie oben beschrieben wird angenommen, dass Blöcke und Halbzeug zu 80 % in Linz und zu 20 % in Donawitz produziert werden. Vom österreichischen Absatz gehen 30 % in die Steiermark.

Tabelle 4-35: Absatz des Stahlwerkes Linz

2003	Österreich	Steiermark	Export	Summe	Fe-Gehalt	Steiermark	Export	Summe
	[t]	[t]	[t]	[t]	[%]	[t Fe]	[t Fe]	[t Fe]
Linz								
Blöcke und Halbzeug	230.000	100.000	190.000	520.000	98	100.000	410.000	510.000
Flachprodukte ohne OB	780.000	330.000	1.720.000	2.840.000	98	330.000	2.450.000	2.780.000
Oberflächenveredeltes Blech (OB)	320.000	140.000	760.000	1.210.000	95	130.000	1.020.000	1.150.000
Zwischensumme	1.710.000	730.000	3.380.000	5.830.000		550.000	3.890.000	4.440.000

Bei den Rohprodukten in der Tabelle 4-35 und der Tabelle 4-37 handelt es sich nach SITC Nomenklatur um die Nummern 671 bis 675, welche 2003 im Ausmaß von 3,9 Mio. t exportiert wurden.

Neben den in der Steiermark produzierten Rohprodukten werden demnach noch 550.000 t aus Oberösterreich importiert.

Import:

Eine exakte Zuordnung der importierten Waren zu den Prozessen Güterproduktion und Konsum ist nicht möglich. Es wird angenommen, dass der Großteil der SITC Nummern 67 – Eisen und Stahl und Teile von Maschinen und Kraftfahrzeugen sowie Wälzlager und Getriebe zur Weiterverarbeitung in die Automobil und Maschinenindustrie gelangen. In der Tabelle 4-36 sind diese Waren mit einer Masse von 3,2 Mio. t aufgelistet (Statistik Austria, 2005). Der Eisengehalt in den bearbeiteten Waren (SITC 6) wird anhand der wesentlich genaueren Aufschlüsselung der Außenhandelsbilanz nach KN8 ermittelt und von Döberl et al (2005) übernommen. Aufgrund des Autoclusters Styria wird angenommen, dass 30 % davon in der Steiermark bearbeitet werden. Somit gelangen 1 Mio. t bearbeitete Waren aus Eisen und Stahl mit einem Eisengehalt von 840.000 t in die Steiermark.



Tabelle 4-36: Importierte Rohstoffe, Halbzeug und Legierungen

Außenhandel (Statistik Austria, 2005)		Import	Fe-Anteil	Import
SITC	Warenbezeichnung	[t]	[%]	[t Fe]
6	Bearbeitete Waren			
67	Eisen und Stahl			
671	Roheisen u.ä., Ferrolegierungen	179.594	44	79.021
672	Ingots und andere Rohformen	99.103	98	97.120
673	Bleche a. Eisen o. nichtleg. Stahl, n. überzogen	655.390	98	642.282
674	Bleche a. Eisen o. nichtleg. Stahl, überzogen	401.594	96	385.530
675	Bleche aus legiertem Stahl	187.227	80	149.782
676	Walzdraht und Profile aus Eisen oder Stahl	888.979	98	871.200
678	Draht aus Eisen oder Stahl	131.540	98	128.909
7	Maschinen und Fahrzeuge			
71	Kraftmaschinen			
713	Kolbenverbrennungsmotoren, Teile davon	179.331	60	107.599
716	Rotierende elektr. Kraftmaschinen, Teile davon	42.755	40	17.102
74	Maschinen a.n.g.			
746	Wälzlager	38.246	80	30.597
748	Wellen, Getriebe u.a.	78.417	80	62.734
78	Straßenfahrzeuge			
784	Kfz-Teile und Zubehör	359.526	60	215.716
Summe		3.241.700	86	2.787.590
Anteil Steiermark		972.510		836.277

In Summe stehen somit durch Import aus Oberösterreich, steirischer Produktion und Import aus dem Ausland 1,6 Mio. t Eisen für die Weiterverarbeitung in der Steiermark zur Verfügung. Dies sind 28 % der in Österreich weiterverarbeiteten Rohprodukte. Dies deckt sich gut mit der abgesetzten Produktion der Branchen 2160 bis 2180, bei der die Steiermark einen Anteil von 26 % hat (nach WKO Steiermark, 2005). Die Berechnung über die österreichischen Daten liefert dasselbe Ergebnis: In Österreich stehen 5,3 Mio. t Eisen zur Verarbeitung in der Güterproduktion zur Verfügung. Unter der Annahme, dass davon 30 % in der Steiermark verarbeitet werden, sind dies 1,6 Mio. t Eisen.

Produktion:

Die Bestimmung der Masse der Produktion anhand der Produktionsstatistik PRODCOM liefert kein brauchbares Ergebnis, da viele produzierte Waren der Geheimhaltung unterliegen beziehungsweise keine Daten verfügbar sind. Das Bauwesen ist definitionsgemäß nicht im PRODCOM erfasst. Döberl et al. (2005) geben anhand der verfügbaren Daten die Produktion in Österreich mit 2 Mio. t Produkten mit einem Eisengehalt von 1,6 Mio. t an. Bei einem steirischen Anteil von 30 % sind dies 480.000 t Eisen in den produzierten Waren. Es darf aber angenommen werden, dass die 1,6 Mio. t Eisen in Rohprodukten und bearbeiteten Waren auch in der Steiermark verarbeitet werden.



Export:

Wie in Tabelle 4-37 dargestellt, wurden im Jahr 2003 5,4 Mio. t Produkte aus Österreich exportiert (Döberl et al., 2005). Unter der Annahme, dass 30 % davon aus der Steiermark stammen, wurden 1,6 Mio. t bearbeitete Waren und Maschinen und Fahrzeuge mit einem Eisengehalt von 1,2 Mio. t exportiert.

Tabelle 4-37: Exportierte Produkte (SITC zweistellig)

Außenhandel (Statistik Austria, 2005)		Export	Fe-Anteil	Export
SITC	Warenbezeichnung	[t]	[%]	[t Fe]
6	Bearbeitete Waren			
67	Eisen und Stahl	1.638.700	92	1.511.606
69	Metallwaren a.n.g.	1.002.153	93	927.777
7	Maschinen und Fahrzeuge			
71	Kraftmaschinen	289.410	55	160.442
72	Arbeitsmaschinen	418.102	69	289.006
73	Metallbearbeitungsmaschinen	53.752	70	37.627
74	Maschinen a.n.g.	453.844	55	249.941
75	Büro-EDV-Maschinen	16.791	20	3.358
76	Nachrichtengeräte	28.049	20	5.610
77	Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g.	398.018	17	69.409
78	Straßenfahrzeuge	843.435	63	530.777
79	Andere Transportmittel	218.606	56	122.246
Summe		5.360.859	73	3.907.799
Anteil Steiermark		1.608.258	73	1.172.340

Über den Export von bearbeiteten Waren, Maschinen und Fahrzeugen nach Österreich und den Import aus Österreich in die Steiermark liegen keine Informationen vor. Es wird angenommen, dass diese beiden Flüsse in etwa gleich groß sind.

Produktionsabfälle:

Über Produktionsabfälle liegen keine gesammelten Daten vor. Im Bundesabfallwirtschaftsplan 2001 werden die Eisen- und Stahlabfälle aus Industrie und Gewerbe mit 1,1 Mio. t angegeben (Perz, 2001). Unter der Annahme, dass davon 30 % in der Steiermark anfallen, ergibt sich bei einem Eisengehalt von 80 % eine Abfallmasse von 264.000 t. Diese setzen sich aus Produktionsabfällen der Eisen- und Stahlverarbeiter sowie aus nicht mehr benötigten Maschinen und Anlagen aus Industrie und Gewerbe zusammen.

Wie erwähnt stehen 1,6 Mio. t Eisen zur Verarbeitung in der Güterproduktion zur Verfügung. Unter der Annahme, dass 7 % der Produktion als Abfall anfallen, wären dies 110.000 t Produktionsabfälle. Der Schrotinput aus der Steiermark in die Stahlwerke wurde oben mit 90.000 t berechnet.



Die Differenz von den gesamten Abfällen aus Eisen und Stahl (264.000 t) zu den Produktionsabfällen sind nicht mehr benötigten Maschinen und Anlagen, welche als Konsumabfälle mit einer Masse von 154.000 t Eisen anfallen.

Die Produkte, die in den Konsum gelangen, lassen sich anhand der Differenz aller Inputs und den bereits bestimmten Outputgütern berechnen. Demnach gelangen 140.000 t Produkte aus Eisen in den steirischen Konsum. Döberl et al. (2005) berechneten die Eisenmasse, die aus der österreichischen Verarbeitung in den Konsum gelangt, mit 1 Mio. t. Bezogen auf die Steiermark mit einem Anteil von 15 % an der Bevölkerung sind dies 150.000 t Eisen.

Für die Aufteilung dieser Produkte auf Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und Privater Haushalt wird zunächst vom Lager in Österreich ausgegangen. Im Jahr 2003 betrug das Eisenlager in Österreich (ohne Deponie) 35,5 Mio. t. Die unten angeführten Berechnungen des Bestandes an Fahrzeugen in der Steiermark ergeben, dass sich 70 % in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur befinden. Für die Netzwerke wird ein Anteil von 96 % berechnet. Bezogen auf die Einwohner der Steiermark (15 % von Österreich) befinden sich 83 % der Güter im Lager Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und 17 % im Lager Privater Haushalt (siehe Tabelle 4-38). Es wird angenommen, dass sich die produzierten Güter im selben Verhältnis auf diese beiden Prozesse aufteilen. Demnach gelangen von den 140.000 t Eisengebrauchsgüter 86.000 t in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und 54.000 t in den Prozess Privater Haushalt.

Tabelle 4-38: Abschätzung des Anteils der produzierten Güter für Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und Privater Haushalt

Österreich Lager Konsum	[Mio. t Fe]	Anteil IGD [%]	für die Steiermark [Mio. t Fe]		Summe
			Anteil IGD	Anteil PHH	
private Gebäude	2,7	-	-	0,4	
Fahrzeuge	10,1	70	1,1	0,5	
Industrie- und Gewerbegebäude	10,5	100	1,6	-	
Sonstige Bauwerke, Maschinen	4,0	100	0,6	-	
Netzwerke	8,2	96	1,2	0,05	
Summe	35,5		4,4	0,91	5,3
Anteil in [%]			82,9	17,1	100,0

Sonstige Abfälle:

Döberl et al. (2005) geben den Eisengehalt in den mineralischen Abfällen, Gewerbeabfällen und Baustellenabfällen in Österreich mit 72.000 t an. Bezogen auf die Steiermark sind dies 10.800 t. Es wird angenommen, dass diese Abfälle im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur anfallen. Im Kapitel Privathaushalt wird angeführt, dass ca. 5.400 t Eisen in Altfahrzeugen aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur enthalten sind. Von den 32.000 t Eisen in Elektroaltgeräten, die in Österreich anfallen (Döberl et al., 2005), wird angenommen, dass 70 % aus Privathaushalten stammen und 30 % aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur. Somit ergibt sich eine Masse von 1.400 t für die Steiermark.

In der Eisen verarbeitenden Industrie werden im Jahr 2003 1,6 Mio. t Eisen umgesetzt.

Über die Emissionen liegen keine Daten vor. Die VOEST LINZ emittiert beispielsweise 1.000 t Staub pro Jahr (VOEST ALPINE, 2005c).



Bezüglich der industriellen Kläranlagen sind nur Daten über den Klärschlamm (12.000 t) vorhanden. Aufgrund derer wird angenommen, dass die Masse der zu klärenden Abwässer ca. 30 % bis 50 % jener der kommunalen Abwässer (104 Mio. t) ist. Bei einem Eisengehalt von 1 mg/l gelangen ca. 50 t Eisen in Abwässern zu industriellen Kläranlagen.

KONSUM UND LAGER

Import Produkte:

In der Tabelle 4-39 sind die nach Österreich importierten, bearbeiteten Waren, Maschinen und Fahrzeuge angeführt. Im Jahr 2003 wurden 3,5 Mio. t Produkte mit einem Eisengehalt von 2,3 Mio. t nach Österreich importiert (Döberl et al., 2005). Der Anteil der Steiermark wurde nach Einwohnern beziehungsweise nach Anzahl der Beschäftigten in den relevanten Branchen abgeschätzt. Die detaillierten Annahmen dazu befinden sich im Anhang Tabelle 9-40. Demnach gelangen 350.000 t Eisen mit diesen Fertigerzeugnissen in den steirischen Verbrauch dieses Prozesses. Der Anteil an Produkten, der in den Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft gelangt, wird nicht extra ausgewiesen.

Tabelle 4-39: *Importierte Waren, Maschinen und Fahrzeuge in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur*

Außenhandel (Statistik Austria, 2005)		Import A	Fe-Anteil	Import A	Stmk.		IGDL	IGDL
SITC	Warenbezeichnung	[t]	[%]	[t Fe]	Anteil [%]	[t Fe]	Anteil [%]	[t Fe]
6	Bearbeitete Waren							
67	Eisen und Stahl	332.539	90	299.864	20	59.973	90	54.196
69	Metallwaren a.n.g.	995.419	94	931.132	20	186.226	74	137.137
7	Maschinen und Fahrzeuge							
71	Kraftmaschinen	19.917	48	9.602	20	1.920	91	1.751
72	Arbeitsmaschinen	327.488	69	227.515	22	49.030	100	49.030
73	Metallbearbeitungsmaschinen	59.460	70	41.622	20	8.324	100	8.324
74	Maschinen a.n.g.	307.767	50	154.131	20	30.826	97	29.901
75	Büro-EDV-Maschinen	38.752	20	7.750	20	1.550	84	1.301
76	Nachrichtengeräte	49.957	20	9.991	15	1.499	10	150
77	Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g.	446.766	16	70.418	19	13.048	55	7.173
78	Straßenfahrzeuge	694.290	63	437.977	17	73.924	58	43.115
79	Andere Transportmittel	232.062	56	129.897	18	23.870	79	18.758
Summe		3.504.415	66	2.319.899	19	450.191	78	350.834

Lager:

Abschätzung des Lagers an Eisen im Konsum:

Das Eisenlager wird anhand der wichtigsten Eisenträger abgeschätzt. Als diese wurden identifiziert: Bauwerke, Fahrzeuge, Netzwerke, Maschinen

Fahrzeuge:

Im Statistischen Jahrbuch 2005 (Statistik Austria, 2005) ist der Bestand an Straßenfahrzeugen in 9 Gruppen untergliedert. Die Bundesländer sind aber nicht explizit ausgewiesen. Auf Bundesländerebene ist aber die Kraftfahrzeugsdichte von Kraftfahrzeugen, Motorrädern, PKW/Kombi und LKW je 1.000 Einwohner angeführt. Der Anteil der in der Steiermark in Betrieb stehenden Fahrzeuge beträgt bei diesen Gruppen 14,7 %. Zur Berechnung der Eisenmasse in den steirischen Fahrzeugen wird dieser Prozentsatz pauschal über alle 9 Gruppen angewendet. Nach Döberl et al. (2005) beträgt die Masse an Eisen in den österreichischen Fahrzeugen 9,7 Mio. t. Für die Steiermark ergibt dies eine Eisenmasse von



1,5 Mio. t. Weiters wird der Anteil abgeschätzt, der sich im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur befindet. Der andere Anteil wird beim Lager Privater Haushalt berücksichtigt. Omnibusse, LKW und Zugmaschinen werden zu 100 % dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur zugeordnet, PKW und Kombi zu 30 %, Sonstige KFZ und Anhänger zu 90 %. Es wird angenommen, dass sich die Motorfahräder, Motorräder und Fahrräder nur im Privaten Haushalt befinden. Die Masse an Eisen in den steirischen Fahrzeugen im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur beträgt demnach 1 Mio. t.

Laut Statistik Austria (2005) sind in Graz 70 Triebwagen im Straßenbahnnetz unterwegs. Die Eisenmasse beträgt 630 t (vgl. Döberl et al., 2004). Zur Berechnung der Eisenmasse in den steirischen Triebfahrzeugen und Wagen der ÖBB wird deren Bestand in Österreich auf die Fläche der Steiermark (20 %) bezogen. Das Stückgewicht und der Eisenanteil werden größtenteils abgeschätzt beziehungsweise von Manstein & Stiller (2000) übernommen. Der Eisenanteil beträgt 75.000 t.

Die Eisenmasse in den Lokomotiven und Wagen der Privatbahnen der Steiermark werden anhand der Angaben des Verkehrsministeriums (BMVIT, 2005) mit 7.000 t abgeschätzt. Die detaillierte Berechnung befindet sich im Anhang Tabelle 9-41.

Bei den Sonstigen (Seilbahnen, Wasserfahrzeuge und Flugzeuge) wird angenommen, dass sich 20 % des österreichischen Bestandes (Statistik Austria, 2005), (AUA, 2005) in der Steiermark befinden. Weiters werden diese zu 100 % dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur zugeordnet. Aufgrund der geringen Eisenmasse hat dies keinen Einfluss auf das Verhältnis dieser Lagergröße zum Lager im Privaten Konsum.

Tabelle 4-40: Berechnung des Eisenlagers in Fahrzeugen - Zusammenfassung

Bestand IGDL	Anzahl	Umrechnung	Masse	Fe-Anteil	Masse Fe
	[Stück]	kg/Stück	[t]	[%]	[t]
Straßenfahrzeuge (2003)	2.564.243	522	1.339.232	74	995.631
Straßenbahnen (2002)	70	15.000	1.050	60	630
Triebfahrzeuge ÖBB (2003)	305	78.490	23.924	69	16.442
Wagen ÖBB (2003)	4.053	16.336	66.207	89	58.648
Privatbahnen (2002)	486	18.210	8.850	83	7.313
Sonstige (2002)	426	6.450	2.750	62	1.710
Summe	2.569.583	561	1.442.013	75	1.080.375

Netzwerke

Die Berechnungen zum Eisenlager in den Netzwerken werden unter Anlehnung an Döberl et al. (2005) durchgeführt. Die Streckenlänge der Grazer Straßenbahn beträgt 30 km, jene der steirischen Privatbahnen 220 km (BMVIT, 2005). Der Anteil der ÖBB-Strecken, Brücken und Tunnels wird mit 20 % angenommen. Die Straßenlängen wurden aus der Homepage der Steirischen Landesregierung (Steiermark, 2005) und der Studie Verkehr in Zahlen (BMVIT, 2002) entnommen. Da die Angaben des Ministeriums das Jahr 1999 betreffen, wurde die Länge der Brücken und Tunnels von Autobahnen und Schnellstraßen um 50 beziehungsweise 40 Prozent erhöht, da in der Zwischenzeit auch die Straßenlänge in der Steiermark um diese Prozentsätze angewachsen ist. Das Gesamtlager an Eisen in den steirischen Straßen und Schienen beträgt 1,6 Mio. t.



Die Länge der Wasser- und Abwasserleitungen werden nach Glenck et al. (2000) auf jeweils 7.000 km abgeschätzt. Der Studie ist weiters zu entnehmen, dass das Strom- und Telefonnetz 41.000 km beziehungsweise 54.000 km lang ist. Das steirische Gasnetz ist über 3.000 km lang, das Fernwärmenetz 394 km (Energie Steiermark, 2005).

In der Tabelle 4-41 sind die Berechnungen sowie die Abschätzung des Anteils der Leitungen im Prozess Industrie, Gewerbe Dienstleistung (gegenüber dem Privathaushalt) zusammengefasst.

Tabelle 4-41: Berechnung des Eisenlagers in den Netzwerken - Leitungen

Eisenlager - Netzwerke	Länge	Umrechnung	Masse	Fe-Anteil	Masse Fe	Anteil	Anteil
	[km]	[t Stahl /km]	[t]	[%]	[t]	IGD [%]	IGDL [t]
Leitungen							
Wasser	7.000	21	148.960	40	59.584	50	29.792
Abwasser	7.000	21	148.960	40	59.584	50	29.792
Fernwärme	394	50	19.700	95	18.715	80	14.972
Gas	3.000	18,7	56.100	95	53.295	80	42.636
Strom	41.500	0,2	8.300	95	7.885	90	7.097
Telefon	54.000	0,2	10.800	95	10.260	80	8.208
Summe	112.894		392.820		209.323		132.497

Bauwerk

Das Eisenlager in den Bauwerken – Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur - Hochbau beträgt bei 10,5 Mio. t Eisen. Die Bandbreite der Unsicherheit beträgt 5,2 Mio. t bis 21 Mio. t (Stark et al., 2003). Das Lager wird anhand der Gebäudestatistik (Anzahl der Gebäude aus den verschiedenen Baudekaden) und der Zusammensetzung der Gebäude je nach Baudekade berechnet. Es wird angenommen, dass sich davon 20 % in der Steiermark befinden; es beträgt somit 2,1 Mio. t.

Sonstige Bauwerke, Maschinen etc.

In 19 untersuchten Wasserkraftwerken in Oberösterreich wurden 150.000 t Stahl inkl. Bewehrungsstahl eingebaut. Diese Kraftwerke leisten 7,7 TWh (Glenck et al., 2000). Die steirischen Wasserkraftwerke leisten 3 TWh (Statistik Austria, 2005). Unter der Annahme, dass je TWh eine ähnliche Stahlmenge eingesetzt wird, ergibt diese ein Lager von 60.000 t Eisen. Verwendet man denselben Faktor für die Wärmekraftwerke, so erhält man eine Eisenmasse von 93.000 t.

Das Eisenlager in Industrie- und Gewerbegebäuden, Maschinen und Werkzeugen, in den Bahnhöfen, Haltestellen und Gebäuden der Bahn, den Wasserbehältern, Senkgruben und Kläranlagen wird anhand der österreichischen Daten (Döberl et al., 2005) auf die Steiermark mit einem Anteil von 20 % berechnet und ist in Tabelle 4-42 dargestellt.



Tabelle 4-42: Eisenlagers in den Sonstigen Bauwerken, Maschinen etc.

Eisenlager - Sontiges	Masse	Anteil	Masse Fe
	Fe [t]	STMK [%]	STMK [t]
Sonstige - Annahme			
Wasserkraftwerke	59.120	100	59.120
Thermische Kraftwerke	93.000	100	93.000
Industrie (Stahl, Chemie etc.)	1.000.000	20	200.000
Maschinen, Werkzeuge etc.	1.000.000	30	300.000
Bauwerke der Bahn (Bahnhöfe)	280.000	20	56.000
Wasserbehälter	19.000	20	200.000
Senkgruben	22.000	20	200.000
Kläranlagen	28.000	20	56.000
Summe	2.901.120		1.164.120

In Summe befinden sich in der Steiermark im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur 4,5 Mio. t Eisen.

Stark et al. (2003) geben den mineralischen Anteil in den Netzwerken (Leitungen, Straße, Bahn) im Bauwerk Österreich mit 2.400 Tg an. Unter der Annahme, dass sich davon ca. 20 % in der Steiermark befinden und dass der Eisenanteil im mineralischen Baumaterial 5 % beträgt, befindet sich noch ein Eisenlager von 6 Mio. t in der Infrastruktur.

In der Tabelle 4-43 ist die Zusammensetzung des Eisenlagers dargestellt.

Tabelle 4-43: Eisenlager im Prozess „Privater Haushalt“

Lager IGDI [t Fe]	
Schrott	45.000
Fahrzeuge	1.080.000
Netzwerke	130.000
Sonstige Bauwerke und Maschinen	1.164.000
Gebäude IGDI	2.100.000
mineralische Infrastruktur	5.960.000
Summe IGDI	10.479.000

Lageränderung:

Das „klassische“ Eisenlager im Konsum des Prozesses wächst um 550.000 t Eisen. Dazu kommen noch 340.000 t Eisen in mineralischen Rohstoffen.

In der Abbildung 4-6 ist der Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur als Subsystem mit den Prozessen Stahlindustrie, Eisenverarbeitung und Konsum IGDI dargestellt. Mineralisches Eisen ist in dieser Grafik nicht berücksichtigt.

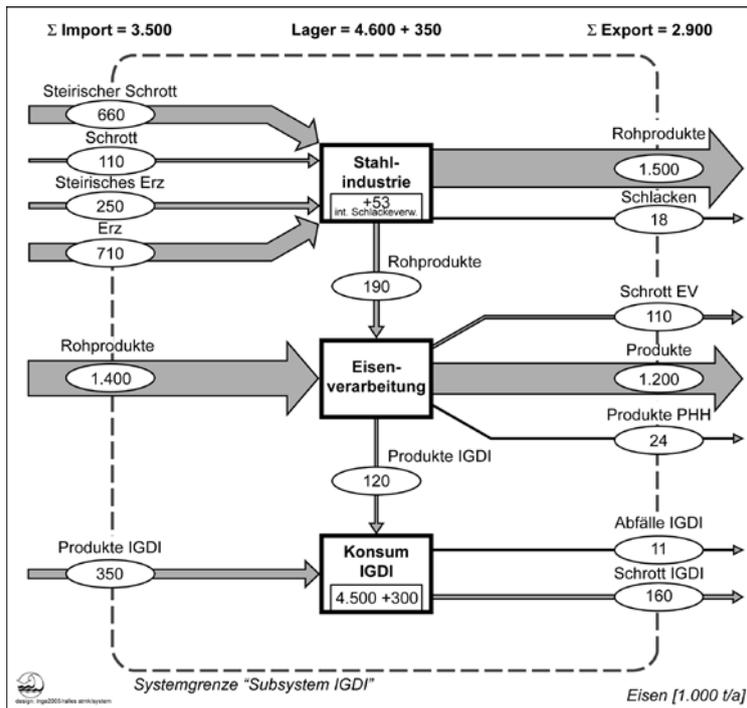


Abbildung 4-6: Subsystem Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur

In der Tabelle 4-44 sind die Ergebnisse der Bilanzierung des Prozesses Industrie, Gewerbe und Dienstleistung zusammengefasst.



Tabelle 4-44: Eisenbilanz des Prozesses „Industrie, Gewerbe und Dienstleistung“

Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur				
Input	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Rohprodukte	2.048.000	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Prozess außerhalb des Systems	Import Rohstoffe	705.600	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Prozess außerhalb des Systems	Import Produkte IGDI	350.000	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Abwasserwirtschaft	Recyclinggüter	118.600	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGDI-O	2,2	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Grundwasser	Brauchwasser IGDI-G	1,6	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Produkte BLF	588.756	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Produkte	23.940	Privater Haushalt
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Produkte IGDI	n.b.	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abfälle IGDI	299.560	Abfallwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abwässer IGDI	50	Abwasserwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abgas IGDI	n.b.	Atmosphäre
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Export Produkte IGDI	2.559.340	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output		Masse [t]	
	LAGERBESTAND BEGINN		10.479.000	
	LAGERINPUT		3.810.959	
	LAGEROUTPUT		2.882.890	
	LAGERVERÄNDERUNG		928.069	
LAGERBESTAND ENDE		11.407.069		

4.3.3 Prozess „Privater Haushalt“

In der Tabelle 4-45 sind die bearbeiteten Waren, Maschinen und Fahrzeuge angeführt, die im Jahr 2003 aus dem Ausland in den Prozess „Privater Haushalt“ importiert wurden. Der Anteil der Steiermark wurde nach Einwohnern beziehungsweise nach Anzahl der Beschäftigten in den relevanten Branchen abgeschätzt. Die detaillierten Annahmen dazu befinden sich im Anhang Tabelle 9-40. Demnach gelangen 100.000 t Eisen mit diesen Fertigerzeugnissen in den steirischen Verbrauch dieses Prozesses.

Wie im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur beschrieben gelangen 24.000 t Eisen in Produkten aus der steirischen Produktion in den steirischen Konsum der Privaten Haushalte. Die Importe aus Österreich können mangels Daten nicht berücksichtigt werden, es wird, wie oben bereits erwähnt, angenommen, dass der Export aus der Steiermark nach Österreich und der Import aus Österreich in die Steiermark eine ähnliche Masse aufweisen.



Tabelle 4-45: Importierte Waren, Maschinen und Fahrzeuge in den Privaten Haushalt

Außenhandel (Statistik Austria, 2005)		Import A	Fe-Anteil	Import A	Stmk.		PHH	PHH
SITC	Warenbezeichnung	[t]	[%]	[t Fe]	Anteil [%]	[t Fe]	Anteil [%]	[t Fe]
6	Bearbeitete Waren							
67	Eisen und Stahl	332.539	90	299.864	20	59.973	10	5.777
69	Metallwaren a.n.g.	995.419	94	931.132	20	186.226	26	49.090
7	Maschinen und Fahrzeuge							
71	Kraftmaschinen	19.917	48	9.602	20	1.920	9	170
72	Arbeitsmaschinen	327.488	69	227.515	22	49.030	-	-
73	Metallbearbeitungsmaschinen	59.460	70	41.622	20	8.324	-	-
74	Maschinen a.n.g.	307.767	50	154.131	20	30.826	3	925
75	Büro-EDV-Maschinen	38.752	20	7.750	20	1.550	16	249
76	Nachrichtengeräte	49.957	20	9.991	15	1.499	90	1.349
77	Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g.	446.766	16	70.418	19	13.048	45	5.876
78	Straßenfahrzeuge	694.290	63	437.977	17	73.924	42	30.810
79	Andere Transportmittel	232.062	56	129.897	18	23.870	21	5.112
Summe		3.504.415	66	2.319.899	19	450.191	22	99.356

In Summe stehen in Österreich für den Konsum in Privaten Haushalten 124.000 t Eisen zur Verfügung.

Kuras (2003) gibt den Stahlverbrauch mit 410 kg pro Kopf an, die VA TECH (2003) mit 368 kg. Für die Steiermark ergibt sich daraus ein Stahlverbrauch von knapp 500.000 t. Bei diesen Berechnungen ist nicht nur der Stahlverbrauch im Privaten Haushalt sondern auch jener von Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur berücksichtigt, welcher oben mit 440.000 t berechnet wurde. Der gesamte Stahlverbrauch der Steiermark beträgt somit knapp 600.000 t. Der um 20 % höhere Stahlverbrauch kann mit der im Vergleich zu Österreich höheren Dichte an Eisen- und Stahl verarbeitenden Betrieben argumentiert werden.

Wie in Tabelle 4-46 dargestellt sind in den kommunalen gesammelten Abfällen (Himmel et al, 2004a) ca. 30.000 t Eisen enthalten. Diese Abfälle werden zu 100 % dem Prozess Privater Haushalt zugeschrieben. Der Fehler ist angesichts der geringen Masse an beispielsweise 7 t LKW-Reifen zu vernachlässigen. Die Abfälle aus dem Baugewerbe wurden im obigen Kapitel mit einer wesentlich größeren Masse berechnet, sodass argumentiert werden darf, dass die hier beschriebenen Bauabfälle von privaten Bautätigkeiten stammen.



Tabelle 4-46: Kommunale Abfälle mit wesentlichen Eisenanteilen

Kommunale Abfallerhebung	Sammelaufkommen	Fe-Anteil	Quelle	Fe-Anteil
Steiermark	[t] 2003	[mg/kg]		[t]
Restmüll	134.589	56.000	Schachermayer et al., 1995	7.537
Sperrmüll	46.607	50.000	Eder, 2005	2.330
Altmittel/Eisenschrott (ohne KFZ)	14.343	800.000	Annahme	11.474
Metallverpackungen ARGEV	5.751	800.000	Eder, 2005	4.601
Kühlgeräte	616	470.000	Truttmann et al., 2005	289
Altreifen	434	160.000	Reiter & Stroh, 1995	70
Altreifen (LKW)	44	160.000	Annahme	7
Altreifen mit Felge	87	500.000	Annahme	43
Altreifen mit Felge (LKW)	11	800.000	Annahme	9
Altreifen (Traktor)	15	160.000	Annahme	2
Altreifen mit Felge (Traktor)	2	800.000	Annahme	2
Bauschutt	10.939	10.000	Glenck et al., 2000	109
Baustellenabfälle	912	43.954	Eder, 2005	40
Baurestmasse	378	5.000	Annahme	2
Betonabbruch	61	35.000	Döberl et al., 2005	2
Autowracks	2.655	710.000	Döberl et al., 2005	1.885
E-Schrott - Kleingeräte und Teile	356	500.000	nach Truttmann et al., 2005	178
E-Schrott - Großgeräte (o. Kühls.)	189	500.000	nach Truttmann et al., 2005	94
E-Schrott - Bildschirmgeräte	471	170.000	nach Truttmann et al., 2005	80
Summe	218.460			28.756

Die Masse der hier beschriebenen Autowracks wird für die Berechnung nicht herangezogen. Jährlich werden in Österreich 120.000 Altfahrzeuge einer Verwertung zugeführt (Shredder) (Stoiber & Neubacher, 2002). Bei einer Masse von 1,4 t/kg ergibt sich eine Masse der Altfahrzeuge von 170.000 t. Bei einem Eisenanteil von 71 % erhält man eine Masse von 120.000 t Eisen. 14 % der 2003 fabrikneu zugelassenen Kraftfahrzeuge entfallen auf die Steiermark (Statistik Austria, 2005c). Der Bevölkerungsanteil der Steiermark an Österreich beträgt 15 %. Mit diesem Prozentsatz wird die Altfahrzeugmasse berechnet. Weiter wird angenommen, dass 70 % der Autos aus dem Privaten Haushalt (12.500 t Eisen) kommen und 30 % aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur.

Von den 32.000 t Eisen in Elektroaltgeräten, die in Österreich anfallen (Döberl et al., 2005), wird angenommen, dass 70 % aus Privathaushalten stammen. Somit ergibt sich eine Masse von 3.400 t für die Steiermark.

In Österreich fallen jährlich 1,4 Mio. t Eisen in Konsumabfällen an (Döberl et al., 2005). Unter der Berücksichtigung, dass davon ca. 20 % in der Steiermark anfallen und das Verhältnis Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur zu Privaten Haushalten jenem des Lagers an Eisen in diesen entspricht, fallen in steirischen Privathaushalten ca. 55.000 t Eisen in Konsumabfällen an. Bisher wurden 43.000 t in kommunalen Abfällen, Altfahrzeuge und Elektroaltgeräten berechnet. Es wird angenommen, dass dazu noch ca. 10.000 t Eisen in sonstigen nicht kommunal gesammelten Abfällen oder noch verwendbaren Produkten enthalten sind und exportiert (nach Osteuropa?) werden.

Die Emissionen aus privaten Haushalten in die Atmosphäre können nicht bestimmt werden.

In den Senkgruben werden 14 Mio. t Abwasser gesammelt. Bei einem Eisengehalt von 1 mg/l und der Annahme, dass davon 75 % (Kroiß (1998) gibt den Anteil mit 60 % bis 90 % an) versickern, gelangen 11 t Eisen direkt in den Boden und die restlichen 3 t Eisen (Annahme: landwirtschaftliche Nutzung des Senkgrubeninhaltes) über die Landwirtschaft in den Boden.



Zu den kommunalen Kläranlagen fließen ca. 104 Mio. t Abwässer mit 100 t Eisen.

Lager:

Fahrzeuge:

Aufgrund der Berechnungen und Annahmen des Lagers an Fahrzeugen im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur beträgt das Lager an Fahrzeugen im Prozess Privater Haushalt 460.000 t Eisen. Es besteht hauptsächlich aus Autos.

Netzwerke

Bei den Berechnungen zum Eisenlager in den Netzwerken im vorhergehenden Kapitel wurde der Anteil der Leitungen für Wasser, Abwasser, Fernwärme, Gas, Strom und Telefon für den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur abgeschätzt. Demnach verbleiben noch 77.000 t Eisen für den Prozess Privater Haushalt.

Haushaltsgeräte

Im Jahr 2001 gab es in der Steiermark 530.000 Wohnungen. Es wird angenommen, dass je Wohnung 100 kg an Eisen in Küchengeräten (Herd, Geschirrspüler, Waschmaschinen etc.), elektronischen Geräten (PC, TV etc.), Werkzeugen, Maschinen, Heizkörpern, Ölöfen, Gasthermen etc. vorhanden ist.

Bauwerk

Das Eisenlager in den Bauwerken – Privathaushalte beträgt bei 2,7 Mio. t Eisen. Die Bandbreite der Unsicherheit beträgt 1,3 Mio. t bis 5,3 Mio. t (Stark et al., 2003). 16 % der österreichischen Gebäude und 14 % der Wohnungen befinden sich in der Steiermark (Statistik Austria, 2005). Zur Berechnung des Eisenlagers in den Privathaushalten wird der Mittelwert von 15 % herangezogen; es beträgt somit 400.000 t.

In der Tabelle 4-47 ist die Zusammensetzung des Eisenlagers dargestellt.

Tabelle 4-47: Eisenlager im Prozess „Privater Haushalt“

Lager PHH [t Fe]	
Fahrzeuge	460.000
Netzwerke	77.000
Haushaltsgeräte	53.000
Gebäude PHH	405.000
Summe PHH	995.000

In der Tabelle 4-48 sind die Ergebnisse der Bilanzierung des Prozesses Privater Haushalt zusammengefasst. Im Jahr 2003 wurden in der Steiermark 124.000 t Eisen in neuen Produkten eingesetzt. Die Abfälle PHH haben zusammen eine Masse von 53.000 t. Somit wächst das Lager an Eisen um 80.000 t auf 1,1 Mio. t an.



Tabelle 4-48: Eisenbilanz des Prozesses „Privater Haushalt“

Privater Haushalt				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Produkte PHH	100.000	Privater Haushalt
	Pedosphäre, Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	0,3	Privater Haushalt
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	1,1	Privater Haushalt
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Produkte	23.940	Privater Haushalt
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Output	Privater Haushalt	Abfälle PHH	52.900	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	direkte Versickerung	14	Pedosphäre, Lithosphäre
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	104	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	Abgas PHH	n.b.	Atmosphäre
	Bestand, Input, Output	Masse [t]		
Lager		LAGERBESTAND BEGINN	995.000	
		LAGERINPUT	123.941	
		LAGEROUTPUT	53.018	
		LAGERVERÄNDERUNG	70.923	
		LAGERBESTAND ENDE	1.065.923	

4.3.4 Prozess „Abfallwirtschaft“

Schlacken und Stäube:

Die Schlacken der Stahlindustrie werden im Straßenbau sowie in der Zement- und Bauindustrie verwertet. Ein weiterer Teil wird (teilweise werksinternen) auf Deponien abgelagert oder zur Auffüllung von Schottergruben (Marienhütte Graz, Daten aus 1995) verwendet. In der Tabelle 4-49 sind die Verwertungs- und Entsorgungspfade nach Gara & Schimpf (1998) dargestellt.

Tabelle 4-49: Verwendung und Verwertung der Schlacken der Stahlindustrie

Schlacken und Stäube	Summe	Zement-Industrie				Fe-Anteil	Zement-Industrie			
		interne Verwertung	externe Verwertung Deponie	Straße	Summe		interne Verwertung	externe Verwertung Deponie	Straße	Summe
Donawitz	[t/a]	[t/a]				[%]	[t Fe /a]			
HO Schlacke	320.000	160.000	160.000			1	800	800		
BOF-Schlacke	240.000		240.000			22		52.800		
Marienhütte Graz										
EAF-Schlacke	48.000				48.000	22				10.560
Staub	5.700				5.700	20				1.140
Böhler Udeholm										
EAF-Schlacke	18.000			18.000		22			3.960	
Staub	2.000			2.000		20			400	
Breitenfeld										
EAF-Schlacke	5.000			5.000		22			1.100	
Summe	638.700	160.000	400.000	25.000	53.700		800	53.600	5.460	11.700

Die beiden Zementwerke in Retznei und Peggau haben eine installierte Klinkerkapazität von 850.000 t/a. Dies sind 21 % der österreichischen Kapazität. In Österreich wurden im Jahr 2003 560.000 t Hochofenschlacke eingesetzt. Bei gleicher Verteilung auf alle Zementwerke wurden demnach in der Steiermark 120.000 t Hochofenschlacke mit ca. 800 t Eisen mit dem Klinker zu Zement vermahlen. Es wird angenommen, dass die restlichen 40.000 t Hochofenschlacke mit 200 t Eisen zu den anderen Zementwerken in Österreich transportiert werden. Es wird angenommen, dass die 12.000 t Eisen, die zur Straßenbefestigung verwendet werden, in steirischen Straßen eingebaut werden. 5.500 t gehen auf Deponien.

**Kommunale Abfälle:**

Die 10.000 t Eisen im Rest- und Sperrmüll wurden 2003 deponiert. Der Wirbelschichtofen in Niklasdorf wurde erst im November 2003 fertig gestellt (ENAGES, 2006), die im Probetrieb verbrannten Abfälle werden nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die 16.000 t kommunal gesammelten Altmetalle inklusive Metallverpackungen in der Stahlindustrie verwertet werden.

Elektroaltgeräte:

Im Jahr 2003 wurden in der Steiermark ca. 0,85 kg Elektroaltgeräte je Einwohner gesammelt (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005). Dies entspricht in etwa 1.000 t. Weiters ist angeführt, dass die Elektroaltgeräteverordnung einen Wert von 4 kg/EW.a vorsieht. Die Differenz wird mit der schlechten Erfassung der Massen begründet. Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, wird die Masse Eisen in den Elektroaltgeräten in der Steiermark mit 4.800 t berechnet. Das sind genau 4 kg Eisen je Einwohner.

Altautos:

In Österreich werden in 6 ca. gleich großen Autoshredderbetrieben ca. 100.000 t Altautos geshreddert (WKO, 2004). Es wird angenommen, dass in der Steiermark nur steirische Altautos aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur (5.400 t) und Privaten Haushalten (12.500 t) verwertet werden. Der Eisenschrott geht in die Stahlindustrie.

Schrott (Export):

Im Jahr 2003 wurden 915.000 t Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl exportiert (Statistik Austria, 2005). Bei einem durchschnittlichen Eisengehalt von 92 % in diesen Abfällen sind das 840.000 t Eisen. Ein steirischer Anteil von 20 % davon wären ca. 170.000 t. Aus den obigen Berechnungen ergibt sich, dass aus der Produktion 110.000 t Schrott anfallen. Weiters stammen 18.000 t Eisen aus den geshredderten Altautos, 4.800 t aus Elektroaltgeräten und 154.000 t ausgemusterte Maschinen und Anlagen aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und 10.000 t sonstige Konsumabfälle aus Privaten Haushalten. 90.000 t werden in den steirischen Stahlwerken eingeschmolzen, der Rest wird exportiert.

Aus Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur werden 10.800 t Eisen in Bau- und Gewerbeabfällen gesammelt. Der Anfall an Baurestmassen ist wesentlich höher (Glenck et al, 2000). Die berechnete Masse mineralischer Baurestmassen beträgt in der Steiermark ca. 3 Mio. t, erfasst werden aber nur ca. 0,3 Mio. t (Amt der steiermärkischen Landesregierung, 2005) Davon werden ca. 0,23 Mio. t deponiert. Es wird angenommen, dass die erfasste Masse (10.800 t Eisen) ebenfalls deponiert wird.

In der Tabelle 4-50 sind die Ergebnisse der Bilanzierung des Prozesses Abfallwirtschaft zusammengefasst. In Summe fallen in der Steiermark 600.000 t Eisenabfälle an. Mehr als 40 % davon entfallen auf Eisen in Schrott und Schlacke, die in den Stahlwerken innerbetrieblich verwertet werden. 35 % werden als Schrott exportiert und knapp 20 % werden als Produktionsschrott aus der Steiermark wieder in den Stahlwerken verwertet. 4 % werden deponiert.



Die Masse der importierten Abfälle (eventuell Restmüll zur Ablagerung auf steirischen Deponien) konnte nicht ermittelt werden.

Es wird angenommen, dass die 286 t Eisen im Klärschlamm bei der Verbrennung zu 100 % in die Schlacke und Asche transferiert werden, welche in der Folge in der Steiermark deponiert wird.

Die mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen werden nicht berücksichtigt. Im Jahr 2003 wurden von den 135.000 t gemischten Siedlungsabfällen 100.000 t direkt deponiert und 34.000 t mechanisch-biologisch vorbehandelt und anschließend 24.500 t deponiert (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005). Es darf angenommen werden, dass der Anteil des Eisens, der bei der mechanisch-biologischen Vorbehandlung in den Kompost beziehungsweise ins Abgas gelangt, zu vernachlässigen ist. Somit gelangt das gesamte Eisen in den gemischten Siedlungsabfällen direkt oder indirekt auf die Deponie.

Der Eisengehalt im Abgas und im Abwasser der Abfallwirtschaft wird nicht bestimmt.

Tabelle 4-50: Eisenbilanz des Prozesses „Abfallwirtschaft“

Abfallwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Privater Haushalt	Abfälle PHH	52.900	Abfallwirtschaft
	Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	n.b.	Abfallwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abfälle IGD	299.560	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	286	Abfallwirtschaft
Output	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	26.546	Deponie und Halde
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	n.r.	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	118.600	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Abfallwirtschaft	Abgas AWS	n.b.	Atmosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	n.r.	Pedosphäre, Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	exportierte Abfälle	206.900	Prozess außerhalb des Systems

4.3.5 Prozess „Abwasserwirtschaft“

Im Jahr 2001 fielen in der Steiermark 22.650 t kommunaler und 12.000 t industrieller Klärschlamm an. Die Eisenkonzentration im Klärschlamm beträgt 12.500 mg/kg (Mitterwallner, 2005). In der Tabelle 4-51 ist dargestellt, wie der Klärschlamm im Jahr 2003 in der Steiermark bewirtschaftet wurde.



Tabelle 4-51: Klärschlammbewirtschaftung in der Steiermark

Kommunaler Klärschlamm	Anteil [%]	Masse [t] TS	Fe-Anteil [mg/kg]	Fe-Anteil [t]
Landwirtschaft	27	8.910	12.500	111
Landschaftsbau	40	13.200	12.500	165
Deponie	24	7.920	12.500	99
Verbrennung	9	2.970	12.500	37
Summe	100	33.000		413
Industrieller Klärschlamm				
Industrieller Klärschlamm	Anteil [%]	Masse [t] TS	Fe-Anteil [mg/kg]	Fe-Anteil [t]
Verbrennung	100	12.000	12.500	150

Jene Anteile, die in die Landwirtschaft und den Landschaftsbau gelangen, werden dem Prozess Pedosphäre/Lithosphäre zugeordnet, die anderen dem Prozess Abfallwirtschaft. Es wird angenommen, dass die Schlacke der Klärschlammverbrennung in der Steiermark deponiert wurde.

Der Eisengehalt im Abwasser wird mit 1 mg/l angenommen. Da in der Kläranlage Eisen zur Phosphatfällung eingesetzt wird, geht sich die Eisenbilanz über das Wasser im Zulauf und dem gereinigten Abwasser plus Klärschlamm nicht aus. Die Chemikalien und Hilfsstoffe zur Reinigung des Abwassers werden nicht berücksichtigt.

Zu den kommunalen Kläranlagen fließen ca. 104 Mio. t Abwasser mit 100 t Eisen. Diese werden hier den privaten Haushalten zugerechnet. Auf dem Weg zur Kläranlage versickern bis zu 2 % des Abwassers im Kanal und gehen in den Boden (2 t Eisen).

Die Eisenkonzentration im Ablauf (selbe Masse wie im Zulauf) wird mit 0,1 mg/l angenommen (Wandl, 2006). Der Regenüberlauf wird mit 10 % des Zulaufes angenommen, wobei hier die Eisenkonzentration mit 1 mg/l angenommen wird. In Summe gelangen 30 t Eisen in die Oberflächengewässer.

Tabelle 4-52: Eisenbilanz des Prozesses „Abwasserwirtschaft“

Abwasserwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Privater Haushalt	Abwasser PHH	104	Abwasserwirtschaft
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abwasser IGDI	50	Abwasserwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	278	Pedosphäre, Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	286	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Abwasser AWW	30	Oberflächengewässer
	Abwasserwirtschaft	Abgas AWW	n.r.	Atmosphäre



4.3.6 Prozess „Deponie und Halde“

Die gesamten Bautätigkeiten in der Steiermark werden dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur zugeordnet. Wie oben beschrieben werden 10.800 t Eisen in den mineralischen Abfällen, Gewerbeabfällen und Baustellenabfällen deponiert. Bei den mineralischen Abfällen handelt es sich um die erfasste Masse. Wie auch im Landesabfallwirtschaftsplan dargestellt ist die Masse der anfallenden mineralischen Abfälle wesentlich größer. Es wird angenommen, dass diese beispielsweise im Landschafts- und Wegebau wieder in den Konsum gelangen.

Ca. 10.000 t Eisen werden zusammen mit dem Restmüll deponiert. Aus der Stahlindustrie stammen ca. 5.500 t Eisen in Schlacken und Stäuben.

Über die in der Steiermark deponierten Abfälle liegen keine Zeitreihen vor. Anhand der Angaben von Lunzer et al. (1998) und dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2005) wird die Masse der deponierten Abfälle in der Steiermark abgeschätzt. Bei einer Dichte des Deponiekörpers von 1,1 t/m³ wurden auf 15 erfassten Deponien 9 Mio. t abgelagert. Es wird angenommen, dass die Masse der tatsächlich deponierten Abfälle doppelt so groß ist. Bei einem Eisengehalt von 3 % erhält man ein Eisenlager von 560.000 t in den steirischen Deponien (vgl. Tabelle 9-39).

In der Tabelle 4-53 ist die Zusammensetzung des Eisenlagers dargestellt.

Tabelle 4-53: Eisenlager im Prozess „Privater Haushalt“

Lager Halde und Deponie [t Fe]	
Erzhalden	7.000.000
Kohlehalden	300.000
Deponien	560.000
Summe Halde und Deponie	7.860.000

Die Berechnungen zum Eisengehalt im Sickerwasser sind ebenfalls in der Tabelle 9-39 dargestellt. Die Oberfläche der 15 erfassten Deponien beträgt 500.000 m². Unter der Annahme, dass von den 700 mm Niederschlag pro Jahr 20 % ins Sickerwasser gelangen und die Eisenkonzentration im Sickerwasser zwischen 5 und 8 mg/l liegt, werden 600 bis 900 kg Eisen aus den Deponien ausgewaschen. Unter Berücksichtigung der nicht erfassten Deponien (Faktor 2) werden 1,5 t Eisen ausgewaschen.

Im Jahr 2003 fielen ca. 4,2 Mio. t Taubgestein an. Bei einem durchschnittlichen Fe-Gehalt von 1 % im tauben Gestein gelangen 42.000 t Fe als Bergbauabfälle auf Halde.

Allein am steirischen Erzberg wurden seit Beginn des Bergbaus vor mehr als 500 Jahren über 700 Mio. t Abraum und Begleitmaterial auf Halde gelegt (Proske et al., 2005). Über den Eisengehalt werden keine Angaben gemacht. Unter der Annahme, dass der Eisengehalt bei 1 % liegt, wurden dabei 7 Mio. t Eisen nicht genutzt. Weitere große Halden befinden sich bei den Kohlebergwerken in Köflach, Voitsberg und Fohnsdorf. Unter der Annahme, dass der Eisengehalt in diesen 60 Mio. m³ Abraum ebenfalls 0,5 % beträgt, kommen nochmals 0,3 Mio. t Eisen dazu.

Der Eisenanteil im Deponiegas wird nicht bestimmt.



Tabelle 4-54: Eisenbilanz des Prozesses „Deponie und Halde“

Deponie und Halde				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Bergbauabfälle	42.496	Deponie und Halde
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	26.546	Deponie und Halde
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Output	Deponie und Halde	Deponiegas	n.r.	Atmosphäre
	Deponie und Halde	Gereinigtes SIWA	2	Oberflächengewässer
	Deponie und Halde	Bestand, Input, Output	Masse [t]	
Lager		LAGERBESTAND BEGINN	7.860.000	
		LAGERINPUT	69.042	
		LAGEROUTPUT	2	
		LAGERVERÄNDERUNG	69.040	
		LAGERBESTAND ENDE	7.929.040	

4.3.7 Prozess „Atmosphäre“

Die Eisendeposition wird über die Angaben der Luftgütedaten von Leoben – Donawitz abgeschätzt (Tabelle 9-47, Amt der steiermärkischen Landesregierung, 2006). In der Messperiode 1997/98 wurden im Mittel 300 µg / Eisen m².d registriert, in der Messperiode 1998/99 400µg Eisen / m².d. Es wird angenommen, dass in der gesamten Steiermark nur die Hälfte dessen als Deposition auf den Boden gelangt. Demnach beträgt die Eisendeposition ca. 1.000 t

Tabelle 4-55: Eisenbilanz des Prozesses „Atmosphäre“

Atmosphäre				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Abgas BLF	n.b.	Atmosphäre
	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur	Abgas IGDI	n.b.	Atmosphäre
	Privater Haushalt	Abgas PHH	n.b.	Atmosphäre
	Deponie und Halde	Deponiegas	n.r.	Atmosphäre
	Pedosphäre, Lithosphäre	Denitrifikation	n.r.	Atmosphäre
	Abfallwirtschaft	Abgas AWS	n.b.	Atmosphäre
	Abwasserwirtschaft	Abgas AWW	n.r.	Atmosphäre
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Output	Atmosphäre	Deposition	1.000	Pedosphäre, Lithosphäre

4.3.8 Prozess „Pedosphäre und Lithosphäre“

Über den Pflanzenentzug gelangen 14 t Eisen in Getreide, Ölf Früchten etc., 2 Eisen t im Obst und 350 t Eisen im Grünfütter aus dem Boden in die Landwirtschaft. Durch den Holzzuwachs werden jährlich 860 t Eisen in den Bäumen gebunden.

Der Eisengehalt in den Wässern wird mit 0,1 mg/l angenommen. Demnach enthalten die jährlich konsumierten 30 Mio. t Trinkwasser 0,3 t Eisen, die zur Gänze dem Privaten Haushalt zugeordnet werden.



Für die Berechnung des Lagers an Eisen in der Erdkruste (nicht in Erzlagerstätten) wird die Fläche der Steiermark mit einer Tiefe von 50 cm herangezogen. Die Dichte der Erdkruste wird mit 2,7 t/m³ angenommen. Der durchschnittliche Eisengehalt in der Erdkruste beträgt 5 %. Mit diesen Angaben kann die Masse an Eisen in der Erdkruste mit 5.700 Mio. t berechnet werden.

Das Boden-Sickerwasser wird über die Bilanz berechnet, indem der Export mit dem Oberflächenwasser und die Bewässerung addiert werden und der Nettoexport über das Grundwasser subtrahiert wird. Somit erhält man eine Eisenfracht im Boden-SIWA von 800 t pro Jahr.

Tabelle 4-56: Eisenbilanz des Prozesses „Pedosphäre und Lithosphäre“

Pedosphäre, Lithosphäre				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	Abfälle LW+FW	73	Pedosphäre, Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	n.r.	Pedosphäre, Lithosphäre
	Privater Haushalt	direkte Versickerung	14	Pedosphäre, Lithosphäre
	Grundwasser	Bewässerung	3	Pedosphäre, Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	278	Pedosphäre, Lithosphäre
	Atmosphäre	Deposition	1.000	Pedosphäre, Lithosphäre
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Output	Pedosphäre, Lithosphäre	Boden SIWA	800	Grundwasser
	Pedosphäre, Lithosphäre	Denitrifikation	n.r.	Atmosphäre
	Pedosphäre, Lithosphäre	Erosion	n.b.	Oberflächengewässer
	Pedosphäre, Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	0,3	Privater Haushalt
	Pedosphäre, Lithosphäre	Pflanzenentzug	1.226	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft
	Bestand, Input, Output		Masse [t]	
Lager	LAGERBESTAND BEGINN		1.106.392.500	
	LAGERINPUT		1.368	
	LAGEROUTPUT		2.026	
	LAGERVERÄNDERUNG		- 658	
	LAGERBESTAND ENDE		1.106.391.842	

4.3.9 Prozess „Grundwasser“

Der Eisengehalt im Grundwasser wird mit 0,02 mg/l angenommen (UBA, 2006). Demnach gelangen mit den 82 Mio. t Brauchwasser IGDI-G 1,6 t Eisen in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und mit den 57 Mio. t Trinkwasser 1,1 t Eisen in den Privaten Haushalt.

Das Eisenlager im Grundwasser wird nicht bestimmt. Die Importe und Exporte des Grundwassers werden als Netto-Exporte berechnet. Unter Berücksichtigung der jährlichen Grundwasserneubildung berechnet sich nach Kresser (1994) ein Abfluss von 500 Mio. t. Demnach werden über das Grundwasser ca. 10 t Eisen exportiert.

Für die landwirtschaftliche Bewässerung werden in Österreich jährlich 250 Mio. m³ Grundwasser dem Boden entnommen (RMA, 2003). Der Anteil der steirischen landwirtschaftlichen Nutzfläche beträgt 13 % (Statistik Austria, 2006). Unter



Berücksichtigung dieses Anteils gelangen 3,3 t Eisen über die Bewässerung in die Pedosphäre/Lithosphäre.

Die Eisenfracht im Nettoexfiltrat aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer wird über die Bilanz gerechnet, in dem angenommen wird, dass es zu keiner Lagerveränderung im Grundwasser kommt. Somit gelangen 784 t Eisen mit dem Exfiltrat in die Oberflächengewässer.

Tabelle 4-57: Eisenbilanz des Prozesses „Grundwasser“

Grundwasser				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	n.b.	Grundwasser
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B + LW I	n.r.	Grundwasser
	Pedosphäre, Lithosphäre	Boden SIWA	800	Grundwasser
	Oberflächengewässer	Infiltrat	n.r.	Grundwasser
Output	Grundwasser	Exfiltrat	784	Oberflächengewässer
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	1,1	Privater Haushalt
	Grundwasser	Bewässerung	3	Pedosphäre, Lithosphäre
	Grundwasser	Brauchwasser IGDI-G	1,6	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Grundwasser	Nettoexport Grundwasser	10	Prozess außerhalb des Systems
Lager		Bestand, Input, Output	Masse [t]	
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	800	
		LAGEROUTPUT	800	
		LAGERVERÄNDERUNG	-	
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.	

4.3.10 Prozess „Oberflächengewässer“

Der Eisengehalt in den Oberflächenwässern wird mit 0,1 mg/l angenommen. Demnach gelangen mit den 215 Mio. t Brauchwasser IGDI-O 2,2 t Eisen in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur.

Der Import an Oberflächenwasser beträgt 1.400 Mio. t, der Export 8.500 Mio. t (UBA, 2006). Darin sind 140 t beziehungsweise 850 t Eisen enthalten.

Tabelle 4-58: Eisenbilanz des Prozesses „Oberflächengewässer“

Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Outputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	142	Oberflächengewässer
	Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft	flüssige Emissionen B + LW II	n.r.	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	n.r.	Oberflächengewässer
	Abwasserwirtschaft	Abwasser AWW	30	Oberflächengewässer
	Pedosphäre, Lithosphäre	Erosion	n.b.	Oberflächengewässer
	Deponie und Halde	Deponie und Halde	2	Oberflächengewässer
	Grundwasser	Exfiltrat	784	Oberflächengewässer
Output	Oberflächengewässer	Infiltrat	n.r.	Grundwasser
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGDI-O	2,2	Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur
	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	853	Prozess außerhalb des Systems



4.4 Kupfer

Für die Bestimmung der Kupferflüsse in der Steiermark wurden Daten der Außenhandelsstatistik Steiermark, des Landes Steiermark und aus weiterführender Literatur erhoben und zu einer Stoffflussanalyse verknüpft. Folgende Prozesse wurden eingehender untersucht:

- Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen
- Private Haushalte
- Landwirtschaft/Pedosphäre
- Abfallwirtschaft
- Abwasserwirtschaft
- Deponie und Halden

Unter den farbigen Metallen kommt dem roten heutzutage die größte wirtschaftliche Bedeutung zu. Kupfer zeichnet sich durch hervorragende elektrische und thermische Leitfähigkeit bei gleichzeitig sehr gutem Umformverhalten und höchster Korrosionsbeständigkeit sowie langer Haltbarkeit aus. Dieses einzigartige Eigenschaftsprofil erklärt die Vielzahl der Anwendungen und die große Verbreitung von Kupfer in der modernen Technologie.

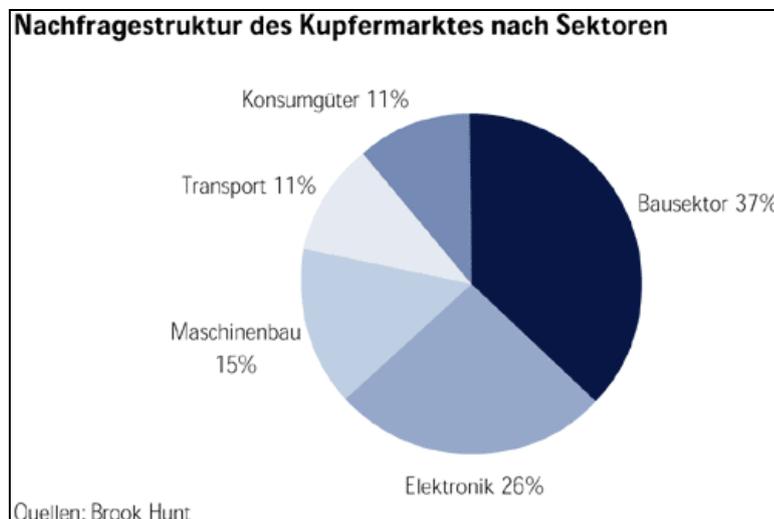


Abbildung 4-7: Kupferanwendungen

Als das Metall mit der höchsten elektrischen Leitfähigkeit findet Kupfer seine Anwendung in der Herstellung von Kabeln für die Übertragung von elektrischer Energie und Daten sowie bei der Herstellung von Telefonleitungen und Netzwerken. Auch in der Herstellung von Computern und Halbleitern kommt Kupfer zum Einsatz. Seine hohe thermische Leitfähigkeit macht die Anwendung von Kupfer in Kühlschränken und Klimaanlage für den schnellen Wärmetausch fast unausweichlich. Jedoch sind die klassischen Anwendungen im Baubereich, wie z.B. Bedachungen und Installationsrohre, weiterhin für über ein Drittel der Nachfrage



verantwortlich. Allerdings nimmt der Anteil von innovativen Hightech Produkten mit Kupfer, wie z.B. Trägerstreifen, Unterwasserbreitbandkabel oder die hochreine Kupfermatrix von Supraleitern, in der Gesamtnachfragestruktur ständig zu. Die Automobilindustrie kommt ebenfalls nicht ohne Kupfer aus: In jedem PKW sind durchschnittlich rund 20 kg Kupfer enthalten, doppelt soviel wie noch vor 20 Jahren, die Tendenz ist weiter steigend. Die Problematik schrumpfender Ressourcen steht auf den ersten Blick bei Kupfer noch eher im Vordergrund als bei anderen nicht erneuerbaren Industrie- oder Edelmetallen. Die offiziell ausgewiesenen Kupferreserven betragen lediglich 470 Mio. Tonnen bei einer jährlichen Weltminenproduktion von rund 15 Mio. Tonnen. Somit beträgt die Lebensdauer dieser Reserven etwa 30 Jahre und liegt damit noch unter der von Rohöl. Diese Zahl, auch Statische Reichweite genannt, deutet auf den ersten Blick auf die baldige Notwendigkeit einer Erschließung zusätzlicher Ressourcen und auf eine allgemeine Erschöpfung der Reserven hin. Allerdings liegt diese Kennzahl schon seit vielen Jahrzehnten bei 30 Jahren und im Moment gibt es noch keine Anzeichen einer baldigen Verlangsamung der Erkundungs- und Produktionsraten. Verbesserte Explorations- und Gewinnungstechniken, eine breitere Anwendung von SX-EW Methoden gepaart mit höheren Recycling-Quoten führen im Gegenteil eher zu einer Stabilisierung und Steigerung der Lebensdauer der nachgewiesenen Reserven. Trotz der steigenden Kosten für den Rohstoff Kupfer – der Preis je Tonne hat sich von 2000 \$ im Jahr 2003 auf knapp 4000 \$ im Jahr 2005 (Quelle: Global Insight) mehr als verdoppelt – sind wachsende Zuwachsraten zu bemerken

4.4.1 Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“

Bergbau

In der Steiermark findet kein bergmännischer Abbau von Kupfererzen statt und auch keine Kupferproduktion aus Eisensulfiderzen. In den in der Steiermark abgebauten Eisenerzen und Braunkohlen findet sich Kupfer nur in marginalen Spuren.

Forst- und Landwirtschaft

Kupfer gelangt zu über 90 % über Wirtschaftsdünger auf die Anbauflächen (Lindermayer 2002). Es wird vorwiegend über die Getreidesorten in landwirtschaftliche Produkte eingebracht und kommt somit in kleinen Mengen (15t) in Lebensmittel. Zusätzlich liefert die Holzindustrie etwa 9 t in den Prozess IGDI. Die Flüsse von und zum Prozess Pedosphäre/Lithosphäre werden ebendort eingehender diskutiert

Emissionsseitig gelangen 14 t in die Atmosphäre, 12 t Cu in Oberflächengewässer und 40 t werden als landwirtschaftliche Reststoffe oder flüssige Emissionen wieder dem Boden zugeführt.



Tabelle 4-59: Prozessliste Bergbau, Land- und Forstwirtschaft

Bergbau, Landwirtschaft + Forstwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	5	BLF
	IGDI	Produkte IGDI	4	BLF
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzentzug	70	BLF
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	BLF	Produkte BLF	27	IGDI
	BLF	Exportprodukte BLF	3	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	Abgas	14	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	12	Oberflächengewässer
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	0	Grundwasser
	BLF	Abfälle LW + FW	39	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle Bergbau	n.b.	Halden + Deponien
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	79	
		LAGEROUTPUT	95	
		LAGERVERÄNDERUNG	-16	
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.	

4.4.2 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“

Das in der Steiermark verarbeitete Kupfer stammt zu 96 % aus Importen und zu 4% aus systeminternen Recyclingprozessen. Importiertes Kupfer lässt sich laut Außenhandelsstatistik folgenden Produktgruppen zuordnen:

Tabelle 4-60: Import von Kupfer in die Steiermark

KN	Bezeichnung	Cu in [t]
26	Erze Schlacken und Aschen	692
28	Anorgan. chem. Erzeugn., chem. Elemente	329
74	Kupfer und Waren daraus	19.344
74 04	Abfälle und Schrott, aus Kupfer (ausg. Rohblöcke [Ingots] oder ähnl. Rohformen, aus eingeschmolzenen Abfällen und Schrott aus Kupfer, Aschen und Rückstände, die Kupfer enthalten sowie Abfälle und Schrott von elektrischen Primärelementen, -batterien und Akkumulatoren)	655
85 44	Drähte und Kabel "einschl. Koaxialkabel" für elektrotechnische Zwecke, isoliert "auch lackisoliert oder elektrolytisch oxidiert" und andere isolierte elektrische Leiter, auch mit Anschlussstücken; Kabel aus optischen, einzeln umhüllten Fasern, auch elektrische Leiter enthaltend oder mit Anschlussstücken	9.737
SITC	Maschinen und Fahrzeuge	1.386
Gesamtsumme		32.143

Zusätzliche Importe von rund 4.000 t Kupfer in die Steiermark stammen von Österreichischen Betrieben, in erster Linie aus der Kupferhütte in Brixlegg und von der VOEST in Linz.



Für die Berechnung der Kupferfrachten wurde ein Anteil der Steiermark am Gesamtimport je nach Branche von 15 -20% angesetzt. Lediglich bei importierten Abfällen wurde dieser Anteil geringer gewählt (1%), da die Annahme getroffen wurde, dass nahezu sämtliche kupferreichen Fraktionen in der Kupferhütte in Brixlegg (T) verarbeitet und regeneriert werden. Diesem Umstand wurde auch beim Export von Produktionsabfällen Rechnung getragen. Aschen, Stäube, Schlacken usw. werden den Montanwerken Brixlegg zum Zweck der Wiedergewinnung von Kupfer übergeben.

Die Produktion in der Steiermark verteilt sich auf Maschinenbau, Draht- und Walzwerke, Elektronikproduktion und den Bausektor.

Beachtenswert ist, dass fast $\frac{3}{4}$ des verarbeiteten Kupfers wieder in den Export gelangen. Etwa 3.300 t werden in den Prozess Private Haushalte eingebracht und 3.800 t werden in der Infrastruktur verwendet. Es wurde die Annahme getroffen, dass von den in der Steiermark produzierten Gütern, die nicht in den Export gelangen, $\frac{2}{3}$ in der Steiermark verbleiben, 33% werden innerhalb Österreichs verwendet.

Besonders in Immobilien und Netzwerken ist Kupfer sehr stark in Verwendung. Die Anwendung von Kupfer verteilt sich auf elektronische Kabel, elektrische Geräte und Maschinen, auf Fahrzeuge und auf Produktionsanlagen und Netzwerke. Der pro Kopf Verbrauch lag im Jahr 2000 in der EU bei 11 kg (DIW Berlin), in der Steiermark bei 10 kg.

An Reststoffen und Rückständen fallen in steirischen Anlagen 7.900 t Kupfer an. Etwa 1.300 t Kupfer werden in internen Prozessen wieder der Produktion zugeführt. Das sind vorwiegend Wertstoffe aus EAG und Material aus der Stahlproduktion wie Schlacken, Aschen und Zunder. Diese Reststoffe gelangen wieder in den Produktionsprozess (bei Stahlwerken) oder werden in der Bauindustrie verwendet

Das Gros der betrieblich anfallenden Abfälle (3.000 t Schlacken und Aschen, 4.000 t Kupfer) aus der Produktion wird exportiert (BAWP 2001).

Luftemissionen aus industriellen Feuerungsanlagen, Elektrostahlöfen und Sinteranlagen haben ein Ausmaß von 15 t (Statistik Austria). Weiters werden 4 t im Abwasser zu Abwasserreinigungsanlagen gebracht. Die Abschwemmungen von Oberflächen wie Straßen und anderen Infrastruktureinrichtungen betragen rund 2 t und gelangen in die Pedosphäre (entspricht rund 6 g/EW.a).



Tabelle 4-61: Prozessliste Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur

Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen + Infrastruktur				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohstoffe	6.575	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohprodukte	23.928	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Produkte	3.788	IGDI
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	1.113	IGDI
	Oberflächenwasser	Brauchwasser	1	IGDI
	BLF	Produkte BLF	27	IGDI
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	IGDI	Produkte PHH	3.306	Privater Haushalt
	IGDI	Abwässer IGDI	4	Abwasserwirtschaft
	IGDI	versickertes Abwasser	2	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	Abfälle IGDI	7.871	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abgas IGDI	15	Prozess außerhalb des Systems
	IGDI	Exportprodukte IGDI	20.448	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	86.000	
		LAGERINPUT	35.432	
		LAGEROUTPUT	31.646	
		LAGERVERÄNDERUNG	3.786	
	LAGERBESTAND ENDE	89.786		

Das Kupferlager des Prozesses IGDI setzt sich zu über 60 % aus Netzwerken zusammen, der Rest verteilt sich auf Immobilien und Mobilien. (z.B. Fahrzeuge 15 %).

Die Zuwachsraten werden zukünftig weiter steigen, je nach Sektor zwischen 2 % und 10 % (Erdmann et al.). Während der Einsatz in elektronischen Gütern, Kupferrohren und Fahrzeugen weiter zunehmen wird, findet ein Rückbau in Netzwerken statt. Hochspannungsleitungen werden zunehmend aus Aluminium mit Stahlkern anstelle von Kupfer ausgerüstet. Dennoch liegen die gesamten jährlichen Zuwachsraten mit ca.5 % über den anderer Rohstoffe.

4.4.3 Prozess „Privater Haushalte (PHH)“

Im Jahr 2003 wurden 5.700 t Kupfer in private Haushalte eingebracht, wovon 40% importierte Produkte waren und 60% aus innersteirischen Betrieben stammen. Diese importierten 2.400 t setzen sich aus EDV Geräten, Kommunikationsgütern, Fahrzeugen und sonstigen Kupferprodukten wie Messing, Rohren und Haushaltswaren zusammen. Besonders in Bauwerken wird Kupfer in privaten Haushalten eingesetzt. Im Detail zählen Stromleitungen (240V) und Telekommunikationsnetze aber auch Dach- und Fassadenelemente, Heizungen, Klimaanlage und Sanitäreanlagen zu den Anwendungsbereichen.

Aufgrund der Daten aus dem BAWP und den Daten der Steirischen Abfallwirtschaft errechnet sich eine Abfallmenge von 1.900 t. Davon entfallen rund 500 t auf Siedlungsabfälle und weitere 400 t auf unterschiedliche Wertstoffe der kommunalen getrennten Sammlung. Rund 1.000 t stammen aus EAG, Leiterplatten, Fahrzeugen und Nicht-Eisen-Schrott, der den privaten Haushalten zugeschlagen wurde.



In das Konsumlager - es umfasst in etwa 100.000 t (85 kg/EW) - gelangten 2003 etwa 3.800t. Dieses wächst um ca. 4 % jährlich. Aufgrund der Lebensdauer der maßgeblichen Produkte ist damit zu rechnen, dass das Lager auch in den nächsten Jahren im selben Ausmaß weiter wachsen wird.

Die Einträge in die Umwelt sind verhältnismäßig gering (4 t ins Abwasser, 8 t in die Atmosphäre), jedoch gelangen über Metallabschwemmungen und deren direkte Versickerung rund 5 t in den Boden. Außerdem hat der Abrieb von Bremsen, Fahrbahn und Reifen einen bedeutenden Anteil an der Feinstaubproblematik (Land Steiermark, Umwelt).

Tabelle -4-62: Prozessliste private Haushalte

Privater Haushalt				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Importprodukte	2.426	Privater Haushalt
	IGDI	Produkte	3.306	Privater Haushalt
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	0	Privater Haushalt
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	4	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	Versickerte Abwässer	5	Pedo- + Lithosphäre
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	1.900	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Abgas PHH	8	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	100.000	
		LAGERINPUT	5.732	
		LAGEROUTPUT	1.917	
		LAGERVERÄNDERUNG	3.815	
		LAGERBESTAND ENDE	103.815	

4.4.4 Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Atmosphärische Deposition

Die atmosphärische Deposition liefert den weitaus größten Beitrag zum Prozess Pedosphäre/Lithosphäre. Aufgrund mehrerer Untersuchungen (Huber et al., Erdmann et al, Messungen des Landes Steiermark) konnte eine Depositionsrate von 10 - 20g/ha bis 70g/ha (in Deponienähe) ermittelt werden. Aus Messungen in der Steiermark ergeben sich durchschnittliche Jahresmittelwerte von 48µg/m².d (170 g/ha.a). Diese Messdaten stammen aus städtischen Gebieten mit teils starkem Anteil der Industrie. Stellt man diese Daten zueinander in Relation, ergeben sich Kupferdepositionen von 100 – 120 t auf dem Gebiet der Steiermark.

Weitere Einträge in die Pedosphäre stammen von landwirtschaftlichem Wirtschaftsdünger und Pflanzenrückständen. Aufgrund der landwirtschaftlichen Daten über Wirtschaftsdünger, Ernteerträge, Viehbestand und Holzeinschlag errechnet sich eine jährliche Kupferfracht von 25 – 75 t. Komposte sowie aufgebracht Klärschlamm spielen im Vergleich dazu eine geringere Rolle.

Der Pflanzenentzug entnimmt dem Boden jährlich ca. 70 t Kupfer. 31 t stammen aus Ernterträgen, allen voran Getreide, 9 t aus der Holzbewirtschaftung und weitere 30 t werden über Weidevieh dem Boden entzogen.



Der Austrag über Erosion betrifft in erster Linie die freien Agrar- und Wiesenflächen und beläuft sich auf rund 20 t (Lampert 2000). Für den Übergang vom Kompartiment Boden ins Grundwasser wurden auch die Waldflächen berücksichtigt. Für die Steiermark errechnet sich somit eine Fracht von 54 t.

Tabelle 4-63: Erosion und Auswaschung aus Böden

CU	[g/ha]	ha	t
Auswaschung	49	1.100.000	53,90
Erosion	38	546.667	20,77

Aufgrund der vorhandenen Daten und deren Unschärfe ist davon auszugehen, dass sich in der gesamten Steiermark der Lagerbestand in der Pedosphäre nicht ändert. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass es auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sehr wohl zu einer Anreicherung kommt. Genaueres dazu ist in der Zusammenfassung zu finden.

Tabelle 4-64: Prozessliste Pedosphäre & Lithosphäre

Pedosphäre + Lithosphäre				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Deposition	110	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	versickertes Abwasser	2	Pedo- + Lithosphäre
	PHH	versickertes Abwasser	5	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Bewässerung	0	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	18	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	2	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle LW + FW	39	Pedo- + Lithosphäre
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Pedo- + Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	n.b.	Privater Haushalt
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	54	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzenentzug	70	BLF
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	200.000	
		LAGERINPUT	176	
		LAGEROUTPUT	145	
		LAGERVERÄNDERUNG	31	
		LAGERBESTAND ENDE	200.031	

4.4.5 Prozess „Grundwasser“

Die Kupfereinträge in das Grundwasser verteilen sich auf Bodensickerwasser aus der Pedosphäre und auf flüssige Emissionen aus der Landwirtschaft. Insgesamt gelangen etwa 70 t Kupfer in das Grundwasser. Kupfer stellt allerdings kein Problem im Grundwasser dar, wie folgende Messdaten belegen (UBA 2005).



Tabelle 4-65: Grundwassermesswerte in der Steiermark 2003

Kupfer [mg/l]										
Anzahl	Min	Max	MW	25% Perc.	Median	75% Perc.	<MBG	≤SW	>SW≤TWV	> TWV
4498	0,000	0,210	0,0018	0,000	0,000	0,002	2585	4491	7	0

MBG: Mindestbestimmungsgrenze (WGEV BGBl. 338/91) 0,0010 mg/l
 SW: Schwellenwert (GSwV BGBl. 502/91 i.d.g.F.) 0,0600 mg/l
 TWV: Trinkwasserverordnung (BGBl. 304/01) 2,0000 mg/l

Die Zuflüsse und Abflüsse in die Steiermark liefern keine brauchbaren Daten zur Grundwasserbilanz der Steiermark, da die Kommunikation mit Oberflächengewässern, die Versickerung in tiefe Schichten sowie sonstige Pfade nicht zur Gänze verifizierbar sind.

Eine genaue Betrachtung der sedimentierten Fracht war nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Auch kann anhand fehlender Daten keine Aussage über die genaue Kommunikation mit dem Grundwasser getroffen werden. Auf anthropogene Einflüsse sind knapp 50 t der ins Grundwasser eingeleiteten Kupferfrachten zurück zu führen.

Tabelle 4-66: Prozessliste Grundwasser

Grundwasser				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	n.b.	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen BLF I	0	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	54	Grundwasser
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Grundwasser	Export Grundwasser	n.b.	Prozess außerhalb des Systems
	Grundwasser	Brauchwasser IGD I	n.b.	IGDI
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	0	Privater Haushalt
	Grundwasser	Bewässerung	0	Pedo- + Lithosphäre
Grundwasser	Exfiltrat	35	Oberflächengewässer	

4.4.6 Prozess „Oberflächengewässer“

Zur Ermittlung der Kupferfracht wurden zum Einen die Zu- und Abflüsse steirischer Fließgewässer ermittelt, zum Anderen aktuelle Studien zur Situation in Oberflächengewässern und EPER-Daten herangezogen.

Anhand der ausgewerteten Daten ergeben sich im Besonderen Einträge aus Erosion (21 t), aus Exfiltrat (35 t) sowie aus ungeklärten Abwässern (ca. 14 t). Letztere stammen aus flüssigen Emissionen der Landwirtschaft sowie aus Entlastungsbauwerken (Regenüberläufen) der Kanalisation.

Die Flusssysteme der Steiermark sind als unbelastet anzusehen, lediglich bei 2 Messstellen – Vordernbergbach bei Leoben und Thörlbach bei Kapfenberg - konnten erhöhte Werte festgestellt werden. Wie auch im Falle von Zink sind diese erhöhten Konzentrationen wahrscheinlich geogenen Ursprungs.



Der durchschnittliche Kupfergehalt der betrachteten Fließgewässer beim Eintritt in die Steiermark beträgt ca. 3,6 µg/l, bis zum Austritt steigt dieser Wert auf 6,5 µg/l oder 38 – 73 t. (Zum Vergleich: Schwellenwert lt. GSwV BGBL. 502/91 i.d.g.F. = 60µg/l)

In Flusssedimenten lagern sich schätzungsweise ca. 700 t - 1000 t Kupfer ab, dass Lager im fließenden und stehenden Gewässern wurde nicht erhoben. Der aus der Stoffflussanalyse resultierende Zuwachs im Lager von ca. 20 t kann mittels vertiefender Untersuchungen und Messungen genauer bestimmt werden.

Tabelle 4-67: Prozessliste Oberflächengewässer

Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	5	Oberflächengewässer
	BLF	flüssige Emissionen BLF II	12	Oberflächengewässer
	Grundwasser	Exfiltrat	35	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	21	Oberflächengewässer
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	2	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	0	Oberflächengewässer
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0	Oberflächengewässer
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	55	Prozess außerhalb des Systems
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGDI	1	IGDI
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	-	
		LAGERINPUT	75	
		LAGEROUTPUT	56	
		LAGERVERÄNDERUNG	19	
	LAGERBESTAND ENDE	-		

4.4.7 Prozess „Abfallwirtschaft“

In die Abfallwirtschaft der Steiermark gelangten 2003 11.000 t Kupfer.

Tabelle 4-68: Herkunft der Kupferabfälle in der Steiermark

Herkunft der Kupferabfälle in der Steiermark	Cu [t]
Importe	1.330
Konsum getrennte Sammlung	295
Konsum Restmüll	496
Sonstiges lt. BAWP	1.035
IGDI	7.871
Gesamtsumme	11.027

Die Daten stammen aus der Außenhandelsstatistik der Statistik Austria und aus dem BAWP 2001 und wurden für die Steiermark und das Jahr 2003 umgerechnet. (Zunahme seit 2001 um 3%) Pro Kopf fallen 9,25 kg Abfall pro Jahr an. ¾ der Abfälle stammen aus Produktionsbetrieben und verteilen sich auf Kupferabfälle und Schlacken sowie Aschen.



Die Kupferabfälle werden nach Brixlegg gebracht, wo sie wieder aufbereitet werden. Mit höher angereicherten Schlacken und Aschen wird ebenso verfahren, auch gelangen 1.300 t als Recyclinggüter wieder in Produktionsprozesse.

Über Siedlungsabfälle werden knapp 500 t Kupfer entsorgt. Hauptbestandteile in dieser Fraktion sind Kupferkabel, EAG, sowie Haushaltsgeräte und Messingteile. Weitere 300 t stammen aus der getrennten Sammlung, vorwiegend Autowracks und EAG. Von den sonstigen erfassten Abfallmengen können weitere 1.000 t aus EAG, Elektronikteilen oder Fahrzeugen den privaten Haushalten zugerechnet werden.

Neben 1.100 t Kupfer welches als Recyclingmaterial Verwendung findet, werden 8.600 t exportiert, zum Großteil zum Zweck der Wiederverwendung in Kupferhütten oder in Aluminiumschmelzen. Die verbleibenden 1.350 t werden in der Steiermark einer mechanisch biologischen Behandlung (25%) unterzogen bzw. direkt deponiert (75%).

Letztendlich landen 2003 1.330 t Kupfer auf steirischen Deponien (1,11 kg/EW). Aufgrund der Tatsache, dass seit 2004 eine thermische Verwertung sichergestellt und dafür eine Vorbehandlung vorgesehen ist, ist zu erwarten, dass durch die Splittinganlage ein Großteil des Kupfers aussortiert werden kann. Auch wird die Sammlung der EAG seit August 2005 dazu beitragen, den Kupfereintrag in die Deponien zu reduzieren.

Die steirische Abfallwirtschaft verursacht keine nennenswerten Kupferemissionen.

Tabelle 4-69: Prozessliste Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	1.330	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abfälle IGDI	7.871	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	1.900	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	4	Abfallwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	1.113	IGDI
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	0	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	1.333	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Kompost	18	Pedo- + Lithosphäre
Abfallwirtschaft	Export Abfälle	8.640	Prozess außerhalb des Systems	

4.4.8 Prozess „Abwasserwirtschaft“

Kupferfrachten gelangen in die Abwasserwirtschaft aus Industrieanlagen, Korrosion von Wasserrohren, Abschwemmungen von Dachflächen, Abwässern der privaten Haushalte sowie sonstigen diffusen Quellen. Die Einträge über das kommunale Abwasser wurden mit 4 g/EW.a (das entspricht rund 4 t/a) angesetzt, Abschwemmungen von Oberflächen mit 6 g/EW.a (Hillenbrand et al.). Zusätzlich wurden knappe 4 t Kupfer aus industriellen Indirekteinleitern erfasst. In Summe ergibt sich eine Kupferfracht aus den Prozessen PHH und IGDI von 8 t.

Von den rund 8 t Input in Abwasserreinigungsanlagen finden sich 6 t im Klärschlamm, 2 t werden mit dem gereinigten Abwasser in Oberflächengewässer eingeleitet (Rückhaltequote 80%; Hillenbrand et al. 2004).



In der Steiermark fielen 2003 33.000 t Klärschlamm mit einer mittleren Kupferkonzentration von 160 mg/kg an. Der Klärschlamm wird in der Landwirtschaft eingesetzt (2 t), deponiert oder im findet im Landschaftsbau Verwendung.

Tabelle 4-70: Prozessliste Abwasserwirtschaft

Abwasserwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	IGDI	Abwässer IGDI	4	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	4	Abwasserwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	2	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	4	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	2	Oberflächengewässer

4.4.9 Prozess „Deponie mit Halde“

Der Zuwachs des Deponielagers beträgt 1.300 t/a. Diese Menge stammt ausschließlich aus der Abfallwirtschaft. Das Deponievolumen der Steiermark beträgt derzeit rund 8,4 Millionen m³. Bei einem durchschnittlichen Kupfergehalt von 2.200 mg/kg errechnet sich ein Kupferlager von knapp 30.000 t. Graedel (2003) beschreibt das weltweite Kupferlager mit 85.000.000 t und Wittmer (2003) gibt das Lager für die Schweiz mit 60 kg/EW an. Daraus resultiert ein Lager für die Steiermark von 70.000 t Diese Menge korreliert auch mit dem jährlichen Zuwachs von 1.300 t bzw. 2 %. Es ist somit davon auszugehen, dass nur rund die Hälfte des Kupferlagers der Steiermark in erfassten Deponien lagert und etwa die gleiche Menge sich in nicht definierten Halden befindet.

Kupfer gelangt aus den Deponien nicht in die Umwelt. So ergibt die EPER Auswertung für ganz Österreich eine Kupferfracht von 7 kg. Für die Steiermark bedeutet das einen Austrag von 0,00000143 % des Deponielagers pro Jahr.

Tabelle 4-71: Prozessliste Deponie mit Halde

Deponien + Halde				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	BLF	Abfälle Bergbau	n.b.	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	1.333	Halden + Deponien
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Halden + Deponien	Deponiegas	0	Prozess außerhalb des Systems
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0	Oberflächengewässer
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	72.000	
		LAGERINPUT	1.333	
		LAGEROUTPUT	0	
		LAGERVERÄNDERUNG	1.333	
		LAGERBESTAND ENDE	73.333	



4.5 Zink

Für die Zinkbilanz der Steiermark wurden folgende Prozesse eingehender untersucht:

- Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen
- Private Haushalte
- Abfallwirtschaft
- Abwasserwirtschaft
- Bergbau, Land- und Forstwirtschaft
- Pedosphäre/Lithosphäre

Anhand der jeweiligen Input und Outputmengen konnte somit ein klares Bild des Zinkflusses in der Steiermark erstellt werden. Die Daten stammen aus eingehenden Literaturrecherchen und Abgleichen mit ähnlichen Studien. Eine detaillierte Aufstellung der verwendeten Daten ist im Anhang aufgelistet.

Der Zinkverbrauch weltweit betrug 2003 9,3 Millionen Tonnen (IZA), der pro Kopf Verbrauch in Europa liegt bei 5,8 kg/EW. In der Steiermark lag der Verbrauch 2003 bei rund 7.500 t bzw. 6,2 kg/EW.

4.5.1 Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“

Bergbau

Die Steiermark verfügt über keine eigene Zinkproduktion. Es gibt keinen Abbau von Zinkerzen.

Zink kommt jedoch als Beiprodukt in Eisenerz (Erzberg) und in Braunkohle vor. Beide Bergbauprodukte werden in der steirischen Industrie verwendet. Eisenerz in den Stahlwerken, Braunkohle bei der Stahlerzeugung und zur Energieerzeugung. Die dabei entstehenden Zinkmengen sind jedoch sehr gering und spielen für die Gesamtbetrachtung nur eine untergeordnete Rolle. Mittlerweile ist der Braunkohlebergbau eingestellt, auch bei der Eisenproduktion spielt Zink keine gravierende Rolle.

Forst- und Landwirtschaft

Eine detaillierte Diskussion der Land und Forstwirtschaft wird unter dem Prozess Pedosphäre/Lithosphäre angeführt. In Produkten aus diesem Prozess gelangen rund 42 t in die Lebensmittelproduktion (Getreide, Futtermittel, Fleischprodukte,...). Rund 210 t Zink werden dem Boden durch die Pflanzen entzogen, wovon wiederum 140 t als Wirtschaftsdünger und Einstreu auf landwirtschaftliche Böden aufgebracht werden. Die Forstwirtschaft hat, bezogen auf die gesamten Zinkflüsse in der Steiermark, keine Bedeutung.



Tabelle 4-72: Prozessliste Bergbau, Land- und Forstwirtschaft

Bergbau, Landwirtschaft + Forstwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	40	BLF
	IGDI	Produkte IGDI	8	BLF
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzentzug	210	BLF
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	BLF	Produkte BLF	42	IGDI
	BLF	Exportprodukte BLF	28	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	Abgas	n.b.	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	19	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	0	Oberflächengewässer
	BLF	Abfälle LW + FW	175	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle Bergbau	n.b.	Halden + Deponien
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	258	
		LAGEROUTPUT	264	
		LAGERVERÄNDERUNG	-6	
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.	

4.5.2 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“

Insgesamt gelangten 2003 ca. 25.000 t Zink in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur der Steiermark.

22.400 t Zink wurden laut Statistik Austria in folgenden Gütern in die Steiermark importiert:

Tabelle 4-73: Import Zinkhaltiger Güter in die Steiermark

Warenbezeichnung	Zn Gehalt %	Zn Menge [t]	Quelle
26 Erze, Schlacken, Aschen	5 – 90	924	Döberl et al 2004
72 Eisen und Stahl	1,5 – 3,0	3.027	Döberl et al 2004
73 Waren aus Eisen und Stahl	1 – 3	25	Döberl et al 2004
74 Messingwaren	30 – 35	947	35% Zn / 65% Cu
79 Zinkwaren	30 – 100	15.100	Döberl et al 2004
28 Chemische Erzeugnisse	41 - 74	603	Döberl et al 2004
SITC Maschinen	0,85 – 1,0	149	Gorden et al 2003
Kunststoffe	0,2	178	
Sonstige Produkte		1.518	
Gesamtsumme		22.471	

Weitere 2.500 – 3.000 t gelangen als Recyclingmaterial wieder in den Produktionsprozess. Das sind vorwiegend Güter, die in der Stahlproduktion oder in der Zementindustrie verwendet werden können: Zinkabfälle, Schrott oder Altmetall, Stäube und ähnliches. Material, welches prozessintern einer Wiederverwendung zugeführt wurde, ist in diesen Mengen inkludiert.

Für die innerösterreichische Handelsbilanz wurde angenommen, dass mehr Waren exportiert wurden als importiert. Grund für diese Annahme sind der im Österreichvergleich



überproportionale Anteil an der Stahlproduktion (25% – 30%), an Maschinenfabriken (35 – 40%) und Metall verarbeitenden Industrien (30% – 35%). Deswegen wurden für den Import der oben erwähnten Waren branchenspezifische Produktionsanteile zwischen 20% und 40% berücksichtigt (Quelle: BMWA, 2004).

Rund die Hälfte des im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen anfallenden Zinks ist als Rohzink (11.800 t) verarbeitet worden, in erster Linie zum Verzinken von Stahlprodukten und Blechen und als Zinklegierung.

Rohzink wird in Verzinkereien als Korrosionsschutz auf Oberflächen aufgetragen. Die Schichtdicke variiert dabei von 20 µm bei Drähten bis zu 140 µm bei Blechen im Außenbereich. Die so behandelten Bleche werden im Fassadenbau, als Karosserie im Fahrzeugbau, als Dachdeckmaterial, im Maschinenbau und teilweise in Rohrleitungen eingesetzt (Quelle: Statistik Austria, 2004). Die weltweiten Einsatzgebiete für Zink sind in Abbildung 4-8 dargestellt.

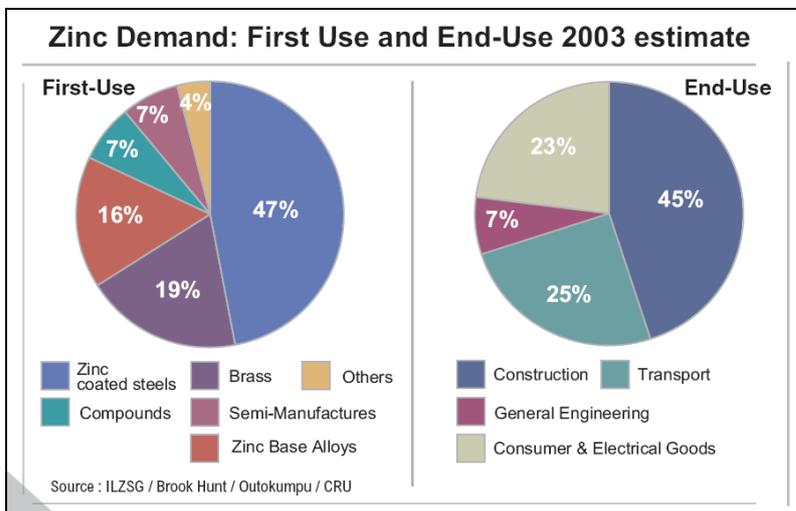


Abbildung 4-8: Anwendung von Zink nach Sparten

Rund 80 % des verarbeitenden Zinks gelangte in den Export (Karosserien, Maschinen, Bleche, Rohzink):

- 17.600 t wurden ins Ausland geliefert
- 800 t wurden innerhalb Österreichs verwendet. Diese Menge ergibt sich daraus, dass in der Steiermark überdurchschnittlich viele Zink verarbeitende Betriebe angesiedelt sind.
- 2.000 t wurden in der steirischen Infrastruktur eingebaut (Masten, Fassaden, Rohrleitungen).
- 1.200 t wurden in den Prozess Konsum übergeleitet und
- 3.400 t gelangten in den abfallwirtschaftlichen Kreislauf, wovon ein Großteil wieder (BAWP) als Schrott Eingang in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung findet.

In der Stahlindustrie anfallende Schlämme und Stäube können wieder verwendet werden, sofern der Zinkgehalt unter 0,2% liegt (Gara & Schrimpf, 1998). Liegt der Zinkgehalt darüber,



müssen die Stäube (z.B. Gichtgasstäube) deponiert werden oder mit Zink angereichert werden, (bis 20%) damit eine Wiederverwertung möglich ist.

Zink wird in die Atmosphäre emittiert und findet sich vor allem in Staub und Feinstaub als Deposition wieder. Die errechnete Fracht von 30 - 40 t (Quelle: EPER, UBA 2003) stammt zu einem geringen Teil aus der Schwerindustrie, aus Industrieöfen, Verzinkereien und vor allem aus verkehrsbedingten Emissionen. Mit den Abwässern gelangten aus Korrosion und Abschwemmung von Dachflächen, Strommasten usw. oder aus Produktionsrückständen etwa 12 t Zink in die Pedosphäre und 12 t zu Abwasserreinigungsanlagen. Obwohl diese Gesamtmenge relativ gering ist, kann es vereinzelt zu stärkeren Anreicherungen kommen (z.B. beim Sandstrahlen verzinkter Oberflächen).

Tabelle 4-74: Prozessliste Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur

Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen + Infrastruktur				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohstoffe	12.920	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohprodukte	7.909	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Produkte	1.518	IGDI
	Abfallwirtschaft BLF	Recyclinggüter	2.705	IGDI
		Produkte BLF	42	IGDI
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	IGDI	Produkte PHH	1.200	Privater Haushalt
	IGDI	Abwässer IGDI	12	Abwasserwirtschaft
	IGDI	versickerte Abwässer	12	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	Abfälle IGDI	3.405	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abgas IGDI	36	Prozess außerhalb des Systems
	IGDI	Exportprodukte IGDI	18.446	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	60.000	
		LAGERINPUT	25.094	
		LAGEROUTPUT	23.111	
		LAGERVERÄNDERUNG	1.983	
		LAGERBESTAND ENDE	61.983	

Für die Berechnung des Lager wurden als Erstes die Daten der Infrastruktur – Gebäude, Straßen, Leitungen, usw. – herangezogen, zum Zweiten die Anzahl der Fahrzeuge und Maschinen ermittelt und schließlich die Zinkmenge in Produkten wie z.B. Messing geschätzt. Das Lager besteht aus einem mobilen Anteil - Fahrzeuge und Maschinen - und einem ungefähr doppelt so großen Immobilien-Anteil (Infrastruktur wie zum Beispiel Gebäudehüllen, Rohrleitungen und Baumaterialien) und hat eine Größe von 60.000 t (50 kg/EW). Da sich die Ermittlung vorwiegend auf Daten der Statistik Austria, des Landes Steiermark und eigene Annahmen stützt, ist eine Genauigkeit von +/- 10% (6.000 t) zu erwarten. Der jährliche Zuwachs beträgt 1,60 kg/EW.a bzw. 3,27 % (2.000 t) (Quellen: Abfallwirtschaft Steiermark, BAWP 2001).



4.5.3 Prozess „Privater Haushalte (PHH)“

In den Prozess Private Haushalte gelangen Zinkwaren aus Importen und heimischer Produktion. Diese Waren umfassen verzinkte Drähte und Bleche, Kunststoffe, Messingwaren, Fahrzeuge, Maschinen und sonstige Produkte aus Zink. Verzinkte Bleche als Korrosionsschutz finden vielfältige Anwendungen, z.B. Karosserien, Fassadenelemente oder Dachdeckungen. Insgesamt gelangten 2.000 t Zink in den Konsum und wurden als Fahrzeug (55 %) oder Zinkwaren (35 %) importiert.

Der Anteil am Gesamtimport nach Österreich wurde – äquivalent zum Bevölkerungsanteil - mit 15 % festgelegt und umfasst ca. 40 % des in den steirischen Konsum gelangenden Zinks. Weitere 1.200 t Zink stammen in der Steiermark aus dem Prozess Industrie, Dienstleistung und Gewerbe. Das sind vor allem Produkte aus der Metall verarbeitenden Industrie aber auch Elektrogeräte, Messingwaren, Fahrzeuge und weitere Konsumgüter. Insgesamt wurden in der Steiermark 7.500 t Zink verbraucht. Der errechnete pro Kopf Verbrauch in der Steiermark lag bei 6,2 kg/EW.a. Eine Abschätzung des Zinkverbrauches anhand des Weltverbrauchs bzw. anhand des westeuropäischen Verbrauchs ergibt für die Steiermark ebenfalls Werte um 7.500 t (Quelle: Statistik Austria, IZA).

Anhand der Daten der steirischen Abfallwirtschaft konnte eine Abfallmenge von 630 t recherchiert werden, aus dem Bundesabfallwirtschaftsplan 2001 konnten weitere 260 t identifiziert werden, wodurch sich eine Gesamtabfallmenge von 884 t Zink ergibt

Tabelle 4-75: Abfallaufkommen PHH in der Steiermark

Fraktion	Zn in [t]	Quelle
Restmüll	400	Land Steiermark
Getrennte Sammlung	227	Land Steiermark
sonstiges Metall	53	BAWP
Reifen	126	BAWP
Kunststoffe	46,2	BAWP
Sonstiges	32	BAWP
Gesamtumme	884,2	

52 t gelangten aus privaten Haushalten als Korrosionsprodukte und Abschwemmstoffe in öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen. Aus Verkehr und Verbrennung gelangten 22 t in die Atmosphäre. Als die wichtigsten Quellen hierfür sind Reifenabrieb und Russpartikel zu nennen. Verzinkte Dachflächen korrodieren ebenfalls und tragen 24 t zu den Emissionen bei. Diese Fracht versickert unbehandelt in den Boden.

In nachstehender Tabelle findet sich eine Aufstellung der erhobenen Stoffflüsse für den Prozess „Private Haushalte“.



Tabelle 4-76: Prozessliste private Haushalte

Privater Haushalt				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Importprodukte	821	Privater Haushalt
	IGDI	Produkte	1.200	Privater Haushalt
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	5	Privater Haushalt
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	52	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	versickerte Abwässer	24	Pedo- + Lithosphäre
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	884	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Abgas PHH	22	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	45.000	
		LAGERINPUT	2.026	
		LAGEROUTPUT	982	
		LAGERVERÄNDERUNG	1.044	
		LAGERBESTAND ENDE	46.044	

Das Lager wurde anhand bekannter Studien (Stark et al 1995, Döberl et al 2004) und durchschnittlichen Zuwachsraten errechnet. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten ergibt sich ein Lager von ca. 45.000 t. und ein jährlicher Zuwachs von 2,3 %.

4.5.4 Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Atmosphärische Deposition

Zur Bestimmung der Zinkfracht aus atmosphärischer Deposition wurden mehrere vergleichbare Studien herangezogen. Aus Literaturangaben wurden Werte für trockene und nasse Deposition ermittelt und mit der Situation in der Steiermark verglichen.

Die Werte für trockene und auch für nasse Deposition haben eine große Bandbreite und reichen von 40 µg/m².d bis zu 300 µg/m².d. Anhand von Messdaten aus dem Straßenverkehr konnte näherungsweise ein Wert von 293 t ermittelt werden.

Ausgehend von einem Anteil von 60 %, den der Verkehr an der Gesamtbelastung ausmacht, scheint ein Zink-Deposition von ca. 500 t (300 g/ha.a) – 700 t (400 g/ha.a) pro Jahr für die gesamte Steiermark realistisch.

Aus anderen vergleichbaren Untersuchungen in Oberösterreich 1994 (200 g/ha.a -900 g/ha.a), in Deutschland (umgerechnet 380 t, Fraunhofer ISI Karlsruhe 2004) und des Forschungszentrums Seibersdorf 1990 (600 g/ha.a) errechnet sich eine Zinkfracht von 400 t – 700 t Zink für die gesamte Steiermark. Aus Abgasmessungen in Tunneln (Puxbaum et al. 2004; Sterbeck et al. 2002) errechnen sich Zinkfrachten in der Höhe von 340 t.

Geht man von den Emissionen aus industriellen Feuerungen aus, errechnen sich bei einem Jahresverbrauch von 31 Millionen m³ Erdgas (Statistik Austria) im Jahr 2003 in der Steiermark Emissionen von 30 t. Weitere 10 t sind den Verzinkereien und anderen Metall verarbeitenden Betrieben zuzuordnen. Den in privaten Haushalten verfeuerten Brennstoffen lassen sich weitere 10 t Zink zuordnen. Somit können nicht einmal 30 % der Emissionen einer eindeutigen Quelle zugeordnet werden. Aufgrund der großen Unsicherheiten bei der



Ermittlung der Fracht aus Depositionen ist ein Wert von 550 t (330 g/ha) angenommen worden. Als Verursacher wurde zum einem Feinstaub (250 t Zink) mit je $\frac{1}{3}$ aus Verkehr; Privaten Haushalten und Industrie, zum anderen die Energieproduktion (Zn-Gehalt Annahme: 75 mg/kg) – 60% aus Industrie, 40% private Haushalte - mit 300 t Zink angenommen. (Quelle: Energiebilanz der Statistik Austria, Merian 1984).

Lithosphäre

In der gesamten Steiermark ergeben sich Einträge von 700 t, davon entfallen 90% auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im Sektor Landwirtschaft ergeben sich Zinkeinträge durch Deposition, Dünger (40 t), Klärschlamm (7 t), Wirtschaftsdünger (140 t) sowie aus Umwandlungsprozessen in der Pedosphäre.

Berücksichtigt wurde dabei, dass nur 25% der Gesamtfläche landwirtschaftlich genutzt wird und davon wurde die Anbaufläche der relevanten Getreidesorten Hafer, Gerste, Roggen, Weizen und vor allem Mais (120.000 ha) betrachtet (Quelle: Land Steiermark).

Aus den beiden Transferkoeffizienten Boden -> Vegetation (0,35; Lampert, 2000) und Vegetation -> Produkt (0,83; Deutsche Gesellschaft für Ernährung) ergibt sich ein Nettoeintrag in landwirtschaftliche Produkte von 42 t. Diese 42 t kommen entweder indirekt als Tierfutter oder direkt als Schlachtfleisch und in pflanzlichen landwirtschaftlichen Produkten zum Endverbraucher und werden zum Teil im Körper eingebaut oder aber zum Großteil über die Abwasserwirtschaft wieder entsorgt.

Alternativ wurde die landwirtschaftliche Produktion hochgerechnet. In den erwirtschafteten 2.500.000 t sind bei einem Zink-Gehalt von 30 mg/kg und einem Transferkoeffizienten Pflanze – Nahrungsmittel von 0,5 42 t Zink in den Lebensmitteln enthalten.

Zur Berechnung des Zinkgehaltes im Boden wurde auf die Schichtenmodelle von Lampert (2000) zurückgegriffen. Ausgehend von einer durchschnittlichen Zinkbelastung von 80 – 100 mg/kg TS, einem geogenen Hintergrund von 65 mg/kg (Alloway, 1997) und einem flächenspezifischen Input von bis zu 1,6 kg/ha.a errechnet sich ein geogenes Lager von 380 kg/ha.30cm. Einen beträchtlichen Anteil am Zinkeintrag in den Boden haben Wirtschaftsdünger mit 750g/ha.a und Klärschlamm (100 - 800 g/ha.a). Aus weiteren Untersuchungen (Wenzel 1999, Lampert 2000) errechnet sich ein Zinkaustrag aus dem Boden in die Pflanzen von 200 – 250 g/ha.a je nach Biosphäre. Hinzu kommt der Austrag über Auswaschung und Erosion.

Tabelle 4-77: Erosion und Auswaschung aus Böden

Zn	[g/ha]	ha	t
Auswaschung	86	1.100.000	95
Erosion	120	546.667	66

Aus Abschätzungen zu den Transferraten Boden – Pflanze – Grundwasser und dem Schichtenmodell nach Lampert wird ein Austrag in das Grundwasser von zirka 95 t angenommen.

(Quellen; Puxbaum TU Wien 2004; Sternbeck SERI 2002, TU Wien 1995, Landesamt für Umweltschutz Sachsen: RMA 2001; Lampert 200, TU Wien)



Tabelle 4-78: Prozessliste Pedosphäre + Lithosphäre

Pedosphäre + Lithosphäre				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Deposition	550	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	versickertes Abwasser	12	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Bewässerung	n.b.	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	8	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	14	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle LW + FW	175	Pedo- + Lithosphäre
	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
Output	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	66	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Trinkwasser PHH I	n.b.	Privater Haushalt
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	95	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzenentzug	210	BLF
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	100.000	
		LAGERINPUT	759	
		LAGEROUTPUT	371	
		LAGERVERÄNDERUNG	388	
		LAGERBESTAND ENDE	100.388	

4.5.5 Prozess „Grundwasser“

In das Grundwasser gelangt Zink über mehrere Pfade: Versickerung aus verbauten Gebieten, Landwirtschaft, Deposition, Kommunikation mit dem Oberflächenwasser u.v.m.

Im Jahresbericht zur Erhebung der Wassergüte (UBA, 2004) lagen in Österreich 98,8 % der Messungen des Grundwassers unterhalb des Schwellenwertes (1,8mg/l). Die Steiermark verbraucht jährlich rund 70 Millionen m³ Trinkwasser, der Zinkgehalt liegt unter der Nachweisgrenze von 0,02 mg/l (Quelle: Land Steiermark, Stadtwerke Graz).

Tabelle 4-79: Grundwassermesswerte in der Steiermark 2003

Zink [mg/l]									
Anzahl	Min	Max	MW	25% Perc.	Median	75% Perc.	< MBG	≤ SW	> SW
4498	0,000	13,822	0,1170	0,000	0,015	0,053	2459	4446	52

MBG: Mindestbestimmungsgrenze (WGEV BGBl. 338/91) 0,0200 mg/l

SW: Schwellenwert (GSwV BGBl. 502/91 i.d.g.F.) 1,8000 mg/l

TWV: Trinkwasserverordnung (BGBl. 304/01) mg/l

Es werden jährlich ca. 80 t Zink im Grundwasser umgesetzt, rund die Hälfte stammt aus der Landwirtschaft. Aufgrund dieser Menge sowie den gemessenen Werten im steirischen Trinkwasser besteht kein Anzeichen für eine mögliche alarmierende Steigerung des Zinkgehaltes im Grundwasser. Der Grenzwert, er liegt bei 0,3mg/l Zink, wurde nicht erreicht. Somit lässt sich eine maximale Zinkfracht von 23t im Trinkwasser ermitteln. Der tatsächliche Wert ist deutlich darunter anzusiedeln, lässt sich aber anhand fehlender Daten nicht exakt quantifizieren. Input- und Outputflüsse für den Prozess „Grundwasser“ sind in folgender Übersicht gegenübergestellt.



Tabelle 4-80: Prozessliste Grundwasser

Grundwasser				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	n.b.	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen BLF I	0	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	95	Grundwasser
	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
Output	Grundwasser	Export Grundwasser	n.b.	Prozess außerhalb des Systems
	Grundwasser	Brauchwasser IGD I	n.b.	IGDI
	Grundwasser	Trinkwasser PHH II	5	Privater Haushalt
	Grundwasser	Bewässerung	n.b.	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Exfiltrat	6	Oberflächengewässer

4.5.6 Prozess „Oberflächengewässer“

Zur Bilanzierung der Zinkfracht in Oberflächengewässer wurden die Zu und Abläufe ermittelt und dann mit einem durchschnittlichen Zinkgehalt bewertet. Zu den beobachteten Flussgebieten zählen die Enns, die Mürz und die Mur, es wurden durchschnittliche Wasserstände zur Berechnung der Zinkfrachten herangezogen. Ebenso wurden Daten für Zinkfrachten aus EPER Studien herangezogen

Definierte anthropogene Einträge stammen aus den Stahlwerken (z.B. VOEST Alpine GmbH in Donawitz 3 t), aus Korrosion und Abschwemmpartikeln, von Kanalüberläufen, Kläranlageneinleitungen (20 t) und aus der Landwirtschaft (19 t). Diese Daten werden durch jene des EPER Berichts 2002 bestätigt. Von den über österreichische Flüsse exportierten 592 t Zink entfallen demnach auf das System Steiermark 12 %, also 71 t.

Aufgrund eigener Berechnung beläuft sich der Export auf eine Fracht von 70 t – 114 t, als Mittelwert wurden 93 t angenommen. Als durchschnittlicher Zinkgehalt wurden im Import 11 µg/l angesetzt, im Export erhöht sich der Zinkgehalt auf bis zu 13,5 µg/l. Aufgrund des dynamischen Systems mit sich ständig ändernden Rahmenbedingungen und der zu erwartenden geringen Mengen wurde auf eine Berechnung des Lagerbestandes in Oberflächengewässern verzichtet.

In Oberflächengewässern finden zahlreiche Umwandlungen und Lösungsprozesse statt, eine genaue Betrachtung der sedimentierten Fracht war nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Anhand fehlender Daten kann keine Aussage über die genaue Kommunikation mit dem Grundwasser getroffen werden. Auf anthropogene Einflüsse sind knapp 50 t der in die Oberflächengewässer eingeleiteten Zinkfrachten zurück zu führen.

Aus dem Jahresbericht zur Erhebung der Wassergüte konnten in der Steiermark in den Flusssedimenten des Vordernbergerbachs bei Leoben starke und in denen des Thörlbach bei Kapfenberg mäßige Zinkbelastungen erhoben werden. Beide überdurchschnittlich hohen Zinkkonzentrationen sind geogen bedingt.

Die übrigen Werte (100 -200 mg/kg) bewegen sich alle im Bereich der natürlichen Hintergrundbelastung (124 mg/kg), die entsprechenden Gewässer gelten als praktisch unbelastet.



Die abgeschätzten Zinkflüsse den Prozess „Oberflächengewässer“ betreffend sind in Tabelle 4-81 angeführt.

Tabelle 4-81: Prozessliste Oberflächengewässer

Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	15	Oberflächengewässer
	BLF	flüssige Emissionen BLF II	19	Oberflächengewässer
	Grundwasser	Exfiltrat	6	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	66	Oberflächengewässer
	Abwasserswirtschaft	Abwässer AWW	20	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	0	Oberflächengewässer
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0	Oberflächengewässer
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	93	Prozess außerhalb des Systems
	Oberflächengewässer	Brauchwasser IGD I	n.b.	IGDI
Lager		Bestand, Input, Output		
		LAGERBESTAND BEGINN	-	
		LAGERINPUT	126	
		LAGEROUTPUT	93	
		LAGERVERÄNDERUNG	33	
		LAGERBESTAND ENDE	-	

4.5.7 Prozess „Abfallwirtschaft“

2003 wurden 1.979 t Zink für die Weiterverarbeitung in den Stahlwerken oder in der Zementindustrie in die Steiermark importiert. Diese importierten Abfälle bestanden aus Schlacken und Aschen sowie Schrott aus Metall verarbeitenden Betrieben. In der Steiermark wurden 20% des nach Österreich importierten Abfalls weiter verarbeitet.

Etwas über 3.400 t wurden aus der Produktion in den abfallwirtschaftlichen Prozess eingebracht (BAWP 2001), vorwiegend Rückstände aus der Metallverarbeitenden Industrie wie Zinkschlämme, Zinkstaub, Hartzink usw. Davon gelangten 2.700 t wieder in den Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und 970 t wurden von der Abfallwirtschaft weiter zur Deponierung gebracht. 880 t stammen aus privaten Haushalten (Quelle: Statistik Austria, BAWP 2001)

Ein Großteil der Abfälle wird zum Zweck der Wiederaufbereitung exportiert (2.100 t), wobei ein Teil innerhalb Österreichs weiter behandelt wird (VOEST Linz, EBS). Schrott und Eisen und Stahlabfälle werden in Stahlwerken der VOEST Donawitz, Marienhütte und Böhler weiter genutzt oder zu anderen Standorten in Linz verbracht. Zinkschlämme werden in industriellen Betrieben thermisch verwertet, Schlacken teilweise der Baustoffindustrie zugeführt oder deponiert. 660 t stammen laut steirischer Abfallwirtschaft aus kommunalen Sammlungen aus privaten Haushalten, 400 t davon sind im Restmüll enthalten. Aus der Wasseraufbereitung stammen noch 17 t Zink, die in kommunalen Klärschlämmen enthalten sind

2003 gelangten 75 % des steirischen Restmülls unbehandelt auf Deponien (300 t Zink). Der Rest wurde einer mechanisch-biologischen Behandlung unterzogen.



Dabei konnte kaum Zink aus dem Prozess ausgeschleust werden, es gelangten weitere 90 t auf Deponien. Ab 2004 ist durch die vorgeschaltet Splittinganlage eine höhere Effizienz der stofflichen Verwertung zu erwarten. Auch die Sammlung der EAG wird dazu beitragen, dass die jährlich zu deponierende Zinkmenge reduziert wird. Die Gegenüberstellung aller Zinkflüsse enthält Tabelle 4-82.

Tabelle 4-82: Prozessliste Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
		Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	1.979
	IGDI	Abfälle IGDI	3.405	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	884	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	22	Abfallwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	2.705	IGDI
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	0	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	965	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Kompost	8	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Export Abfälle	2.607	Prozess außerhalb des Systems

4.5.8 Prozess „Abwasserwirtschaft“

Im Prozess Abwasserwirtschaft wurden zuerst kommunale Abwässer erfasst. Die darin enthaltenen Zinkfrachten aus Korrosionsmaterial und Abschwemmungen, die von Dachflächen, Wasserleitungen und sonstigen verzinkten Flächen stammen, wurden jedoch im Prozess Pedosphäre + Lithosphäre bilanziert. Dabei wurde eine jährliche Abschwemmrate von 3 g/m² angenommen (Fuchs & Scherer). Andere Berechnungen ergeben eine spezifische Abschwemmrate von Oberflächen von 50 g/EW.a. Aus privaten Haushalten wurden Zinkfrachten von 23 g/EW.a (UBA 2004) festgesetzt.

Diese Abwässer (ca. 150.000.000 m³/a) (Land Steiermark) werden entweder über ein Trennsystem oder ein Mischsystem erfasst oder direkt versickert. Aus Entlastungsbauwerken im Kanalsystem (Regenüberläufen) gelangen beträchtliche Zinkfrachten direkt in den Vorfluter. Der Abscheidegrad von rund 80% (Fuchs & Scherer 2004) ist eine Ursache dafür, dass nur 50% des anfallenden Zinks im Klärschlamm gesammelt werden. Ausgehend von einer jährlichen Schlammmenge von 33.000 t TS und einem durchschnittlichen Zinkgehalt von 700 mg/kg – 800 mg/kg TS ergibt sich eine Zinkfracht in kommunalen Klärschlämmen von 24 t (Quelle: Land Steiermark). Die folgende Tabelle zeigt die Ein- und Austräge von Zink des Prozesses „Abwasserwirtschaft“.

Tabelle 4-83: Prozessliste Abwasserwirtschaft

Abwasserwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
		IGDI	Abwässer IGDI	12
	PHH	versickerte Abwässer	24	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	52	Abwasserwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	14	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	22	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	20	Oberflächengewässer



Der anfallende kommunale Klärschlamm wird zu je einen Drittel (ca. 7 t) in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau verwendet oder deponiert. 3% wurden thermisch verwertet. Aus Industriellen Abwasserreinigungsanlagen stammen 12 t, der Anteil der Industrie am Zulauf zu ARA beträgt 20%. Zink-Schlämme aus industriellen Anlagen werden in den Produktionsprozess rückgeführt oder ebenfalls deponiert.

4.5.9 Prozess „Deponie mit Halde“

Auf Steirischen Deponien lagern insgesamt etwa 35.000 t Zink, der jährliche Zuwachs beträgt 950 t. Auf Reststoffdeponien lagern ca. 13.000 – 20.000 t (Zuwachs 3 %) und auf industrielle Schlackendeponien lagern 6.000 t, mit einem jährlichen Zuwachs von 150 t. Auch in Baurestmassen ist Zink enthalten (im Schnitt 3.200 mg/kg). Auf die Baurestmassendeponien der Steiermark gelangen jedes Jahr rund 400 t Zink, das Lager umfasst eine Größe von 14.400 – 21.000 t (Quellen: Land Steiermark, TU Wien). Der jährliche Zuwachs beträgt zwischen 2,5% und 3%, der Austrag ist sehr gering. So gelangen über das Deponiegas so gut wie keine Zinkemissionen in die Atmosphäre. Im Sickerwasser (0,6 mg/l – 4 mg/l) entweichen rund 70 kg (entspricht 0,00036% der Gesamtmenge) in das Grundwasser bzw. werden über eine Berieselungsanlage wieder dem Deponiekörper zugeführt.

Das Wachstum des Lagers beträgt derzeit rund 2,75% pro Jahr. Diese Steigerungsrate wird sich in den nächsten Jahren nicht signifikant ändern. Eine Änderung im Konsum und Deponieverhalten ist nicht zu erwarten. Die Vorschaltung der Splittinganlagen und die thermische Verwertung des Hausmülls wird auf die großen Massen – Schrott, Eisenteile, usw. - keinen wesentlichen Einfluss haben. Hinzu kommt, dass bei der Verwertung von Alteisen und Schrott keine wesentlichen Steigerungen zu erwarten sind.

Folgende Tabelle 4-84 fasst alle Zinkflüsse des Prozesses „Deponie mit Halde“ für die Steiermark zusammen.

Tabelle 4-84: Prozessliste Deponie mit Halde

Halden + Deponien				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	BLF	Abfälle Bergbau	n.b.	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	965	Halden + Deponien
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Halden + Deponien	Deponiegas	0	Prozess außerhalb des Systems
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0	Oberflächengewässer
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	35.000	
		LAGERINPUT	965	
		LAGEROUTPUT	0	
		LAGERVERÄNDERUNG	965	
	LAGERBESTAND ENDE	35.965		



4.6 Cadmium

Zur Bestimmung der Import/Export-Mengen wurden auf Grundlage der Außenhandelsstatistik der Statistik Austria die relevanten, Cadmium enthaltenden, Gütergruppen erhoben:

- Abfälle aus Schlacken und Aschen KN 27
- Fossile Brennstoffe KN 28
- chemische Erzeugnisse (Pigmente, Additive) KN 28
- Düngemittel KN 31
- Farben und Pigmente KN 32
- PVC Profile KN 38
- Legierungen KN 72
- NiCd Akkumulatoren KN 85
- Elektronische Haushaltsgeräte & Werkzeug KN 85
- Fahrzeuge KN 87

Für die jeweiligen Cadmiumgehalte wurden umfassende Literaturdaten herangezogen, auf die verwendeten Quellen wird in der Arbeit hingewiesen. Eine vollständige Liste der verwendeten Cadmiumgehalte der in dieser Arbeit verwendeten Stoffe ist im Anhang angeführt.

4.6.1 Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)“

Cadmium wird als Nebenprodukt des Zinkabbaus gewonnen. Weltweit werden jährlich ca. 18.200 t Cadmium abgebaut (USGS, zitiert in Fehring, 2003).

In der Steiermark gibt es keinen Abbau mehr und somit auch keine Gewinnung von Cadmium. Cadmium ist aber auch in anderen Rohstoffen enthalten, der prozentuale Anteil variiert sehr stark. Für die Steiermark relevant sind der Eisenerzabbau am steirischen Erzberg für die VOEST-Alpine in Donawitz und die steirischen Braunkohleabbaugebiete (Betrieb bis voraussichtlich 2006).

In der Landwirtschaft sind die Cadmiumfrachten gering. Die dem Boden entzogenen Frachten liegen bei ca. 0,1 t, wovon ein Großteil wieder als Wirtschaftsdünger aufgetragen wird. (0,07 t). Lediglich 12 kg Cadmium gelangen in die Lebensmittelproduktion.



Tabelle 4-85: Prozessliste Bergbau, Land- und Forstwirtschaft

Bergbau, Landwirtschaft + Forstwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
	Prozess außerhalb des Systems	Import Güter	0,00	BLF
	IGDI	Produkte IGDI	0,06	BLF
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzentzug	0,09	BLF
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	BLF	Produkte BLF	0,01	IGDI
	BLF	Exportprodukte BLF	0,07	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	Abgas	0,00	Prozess außerhalb des Systems
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	n.b.	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen B + LW II	n.b.	Oberflächengewässer
	BLF	Abfälle LW + FW	0,07	Pedo- + Lithosphäre
	BLF	Abfälle Bergbau	n.b.	Halden + Deponien
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	0,15	
		LAGEROUTPUT	0,15	
		LAGERVERÄNDERUNG	0,00	
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.	

4.6.2 Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur (IGDI)“

Dieser Prozess umfasst sämtliche Tätigkeiten, in denen Cadmium bzw. Güter, die Cadmium enthalten, weiterverarbeitet oder hergestellt werden. Die Infrastruktur wird ebenfalls betrachtet. So gelangt Cadmium in Rohprodukten und Rohstoffen über den Import in diesen Prozess und verlässt diesen als Konsumprodukt, Exportware oder Abfallprodukt. Weiters kann in Importprodukten Cadmium enthalten sein (z.B. Industrielle NiCd Akkumulatoren).

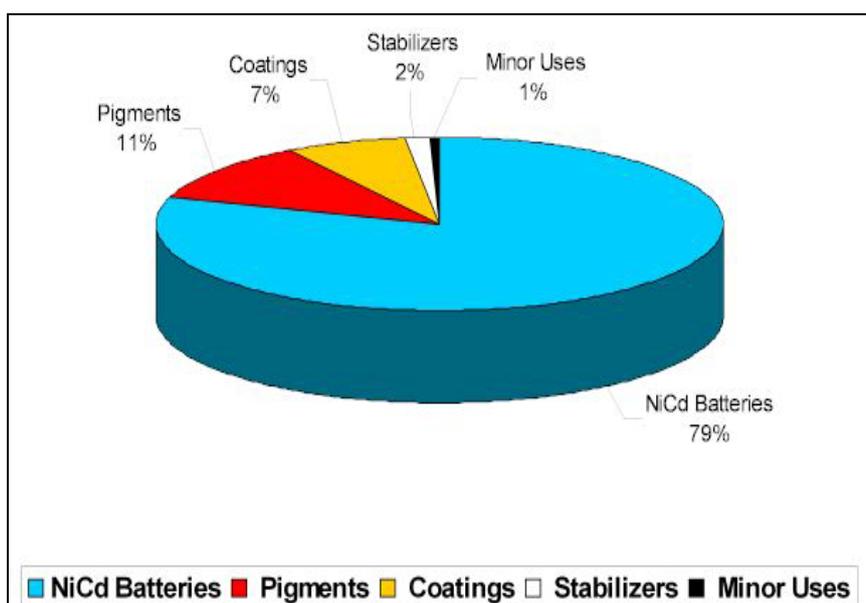


Abbildung 4-9: Cadmiumanwendungen 2003



Die Import- und Exportmengen wurden anhand der Außenhandelsstatistik Österreichs 2003 (Statistik Austria, 2004) ermittelt und für die Steiermark entsprechend dem Bevölkerungsanteils, der Infrastruktur und der Industriestandorte umgerechnet. Die Stoffflüsse von und zu anderen österreichischen Bundesländern sind nur sehr begrenzt anhand weniger Daten betroffener Industriestandorte nachvollziehbar und wurden in der Bilanz als ausgeglichen angenommen. Insgesamt wurden im Jahr 2003 2,8 t Cadmium (2,3 g/EW.a) in Rohstoffen, Produkten und Rohprodukten zur Weiterverarbeitung in die Steiermark importiert.

Den weitaus größten Anteil machten Sekundärbatterien für industriellen Einsatz, chemische Erzeugnisse und die Beiprodukte in Erzen aus, die im Prozess „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur“ verarbeitet und danach in den Prozess „privater Haushalt“ übergeleitet wurden.

In den Hochöfen in Donawitz wurden knapp 1.900.000 t Eisenträger und 600.000 t Kohlenstoffträger verarbeitet. In den Werken Marienhütte und Kapfenberg (Böhler-Uddeholm) wurden 900.000 t Schrott eingesetzt (Döberl et al., 2004). Das entspricht einem Durchsatz von 400 – 500 kg Cadmium. Davon gelangen ca. 120 kg in Produkte, der Rest wird als Schlacke deponiert, wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt oder zu einem geringen Anteil an die Zement- und Baustoffindustrie weitergegeben. Die weiteren importierten Güter wurden fast ausnahmslos als Legierungen oder Pigmente in der Metall verarbeitenden Industrie verwendet (Döberl et al., 2004).

Tabelle 4-86: Importiertes Cadmium 2003

Außenhandel – Statistik Austria		Import	Cd Gehalt	Import Cd
Warenbezeichnung		[t]		[t]
26	Eisenerz	1.200.000	0,12 – 0,3 mg/kg	0,14 – 0,36
26	Zinkerzen (als Beiprodukt)	35	0,03 – 0,1 Gew %	0,01 -0,35
27	Steinkohle	800.000	0,06 – 0,11 mg/kg	0,05 – 0,09
27	Fossile Brennstoffe	1.005.000	0,01 - 1,0mg/kg	0,010 – 1,0
36	Importierte Produkte			1,680
38	Anorganische chemische Erzeugnisse	83	0,1 Gew %	0,084
38	Verschiedene Chemische Erzeugnisse	2.340	0,02 Gew %	0,468
72	Schrott	900.000	0,1 mg/kg	0,09
Gesamtsumme		2.707.458		2,322

Aus dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, Infrastruktur gelangten:

- 0,2 t in den Export (Autoindustrie, Stahlprodukte, etc)
- 0,4 t in die Produktion und in den Konsum (Beiprodukte in Stahl, Baustoffe, Spuren bei Verzinkereien, Kunststoffen, chemischen Produkten)
- im Abgas wurden 120 kg in die Atmosphäre emittiert.(UBA)
(Unter der Annahme, dass die Hälfte der anthropogenen Einträge aus der Produktion inklusive industriebezogenem Verkehr stammt)
- Weitere 15 kg gelangten in das Abwasser und somit in die Kläranlagen (EPER, UBA 2002: 94 kg fielen in Österreich an, somit 15 kg in der Steiermark)



- 3,2 t werden in den Prozess „Abfallwirtschaft“ transferiert:
 - PVC Fensterprofile (1,4 t)
 - Schreddermaterial (0,2 t),
 - Rückstände der industriellen Feuerung (0,6t)
 - Autowracks und Maschinenteile (1,0 t)

Tabelle 4-87: Prozessliste IGDI

Industrie, Gewerbe + Dienstleistungen				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohstoffe	0,57	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	importierte Rohprodukte	0,55	IGDI
	Prozess außerhalb des Systems	Importierte Produkte	1,68	IGDI
	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	0,09	IGDI
	BLF	Produkte BLF	0,01	IGDI
	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
Output	IGDI	Produkte PHH	0,42	Privater Haushalt
	IGDI	Abwässer IGDI	0,02	Abwasserwirtschaft
	IGDI	versickerte Abwässer	0,05	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	Abfälle IGDI	3,17	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abgas IGDI	0,12	Prozess außerhalb des Systems
	IGDI	Exportprodukte IGDI	0,17	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	194,00	
		LAGERINPUT	2,90	
		LAGEROUTPUT	3,95	
		LAGERVERÄNDERUNG	-1,05	
		LAGERBESTAND ENDE	192,95	

Das gesamte Lager des Prozesses IGDI umfasst eine Menge von ca. 200 t Cadmium. Den größten Anteil daran haben Bauwerke, Infrastruktur und Bauhilfsstoffe aus PVC, wie zum Beispiel PVC-Profilen oder Fensterprofilen.

Aufgrund der Tatsache, dass besonders mit Fahrzeugen und PVC-Profilen zunehmend ältere cadmiumhaltige Produkte entsorgt werden und stattdessen cadmiumfreie Bauteile eingebaut werden, verringert sich das Lager in diesem Prozess jährlich um rund 1 t oder 0,5 %. Dieser Trend wird in den nächsten Jahren anhalten und mit dem Lebensende langlebiger cadmiumhaltiger Güter abnehmen.

Der Prozess IGDI ist für Emissionen als Abluft (0,21 t) und in Form von Abschwemmungen aus Oberflächen (0,02 t), besonders jenen der Infrastruktur, verantwortlich.



4.6.3 Prozess „Privater Haushalt (PHH)“

Seit 1993 besteht ein Anwendungs- und Importverbot für Cadmium in vielen Produkten (Cadmiumverordnung 1993). Wegen dieses Verbotes in den meisten Anwendungsgebieten spielt Cadmium eine immer kleiner werdende Rolle. Trotz des Rückganges in den meisten Anwendungen – sowohl mengenmäßig als auch bezogen auf die Produktvielfalt – findet sich dennoch eine nicht unerhebliche Menge in unseren Konsumprodukten.

Hauptsächlich findet Cadmium in den kostengünstigen, wieder aufladbaren NiCd-Sekundärbatterien (Akkus) Verwendung und wird u. a. auch in elektronischen Haushaltsgeräten (z.B. Akku-Werkzeuge) verwendet.

In der Steiermark ist keine derartige Produktion bekannt. Als weitere Cadmiumträger sind PVC-Fensterprofile bekannt. Cadmium wurde früher vorwiegend in Hart-PVC als Stabilisator verwendet, wurde aber fast zur Gänze aufgrund gesetzlicher Einschränkungen substituiert.

Trotz des Anwendungs- und Importverbotes (Cadmiumverordnung, 1993) gelangen immer noch PVC-Profile mit Cadmium-Stabilisatoren in die Steiermark. Vor allem in Produkten aus Fernost, hauptsächlich China, wurde Cadmium im Jahr 2000 nachgewiesen (UBA, 2000).

Auch in Kunststoffen, die im Fahrzeugbau Verwendung fanden, kann Cadmium enthalten sein. Allerdings ist das aufgrund des Verbotes für cadmiumhaltige Stoffe (EU Richtlinie 91/338/EC) in Zukunft für Neuwagen (seit 1.7.2003) nahezu auszuschließen.

Über die übrigen Kunststoffprodukte können nur Mutmaßungen angestellt werden, aussagekräftiges Datenmaterial stand nicht zur Verfügung. Als weitere bedeutende Quellen sind Verkehr (Reifenabrieb) und Hausbrand (Ruß) zu erwähnen. Außerdem findet sich Cadmium in Nischenprodukten, wie in speziellen Farbstoffen und Glasprodukten. Eine Übersicht der relevanten Güter gibt Tabelle 4-19.

Tabelle 4-88: Importierte Produkte mit Cadmium privater Haushalt

Außenhandel		Import	Cd Gehalt	Import Cd	Quelle
SITC	Warenbezeichnung	[t]	mg/kg	[t]	
32	Farbmittel	570	10	0,006	Fehringer 1997
85	Elekt, Geräte & Waren	13 000	200	2,61	Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2004
85	NiCd Akkus gasdicht	2,8 Millionen Stück	12 Gew %	2,218	EU Batterie Richtlinie
87	Kraftwagen	53 454 Stück	5	0,4	
Gesamtsumme				5,234	

Insgesamt gelangten im Beobachtungszeitraum 2003 5,2 t (4,3 g/EW.a) als Importgüter in die Steiermark, davon entfallen 42 % auf NiCd Akkus, 50 % auf elektronische Haushaltsgeräte und 5 % auf Fahrzeuge.

Weitere 0,15 t gelangen aus der innersteirischen Produktion, als Bestandteil von Zinkbeschichtungen, in private Haushalte. Auf der Outputseite steht in erster Linie der Fluss zur Abfallwirtschaft. Insgesamt wurden 2003 über die kommunale Sammlung 9,6 t Cadmium erfasst.



Tabelle 4-89: Cadmiumhaltige Abfälle in der Steiermark 2003

Abfallart	[t]	mg/kg	[t]	[t]	g/cap.a
1. Restmüll inkl. Sperrmüll	180.000	9 - 14	1,6 -2,5	1,9	1,6
2. Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle	72.000	1	0,1	0,1	0,1
3. Altstoffe- verwertbare Siedlungsabfälle	31.000	0,1 - 40	0,00 – 0,12	0,1	0,1
4. Problemstoffe	3.900	0,01 - 2000	0,00 – 2,5	1,9	1,6
5. Sonstige Abfälle	8.200	14.611	0,00 – 0,33	0,1	0,1
6. Baurestmassen	12.600	5	0,1	0,100	0
7. Autowracks	2.700	14.001	0,01 – 0,1	0,1	0,1
8. Elektro- und Elektronikaltgeräte	1.000	200 – 7.500	0,2 – 5,0	3,3	2,7
9. Straßenkehrriecht	3.300	1	< 0,01	0	0
10. Verpackungsabfälle	138.700	0,1 - 100	0,14 – 5,61	2,2	1,8
Gesamt mengen	453.400			9,6	8

Die errechneten Werte bewegen sich zwischen 2,3 t und 16,3 t. Es wird ein Mittelwert von 9,6 t (8 g/EW.a) gewählt. Der Wert von 8 g/EW.a errechnet sich auch, wenn man den europäischen bzw. den weltweiten Cadmium-Verbrauch mit der Wirtschaftsleistung und der Einwohnerzahl der Steiermark in Beziehung setzt (siehe Anhang). Auch eine Näherungsrechnung anhand der Emissionen thermischer Behandlungsanlagen ergibt eine Menge von ca. 10 t Cadmium für die Steiermark.

Zusätzlich gelangen ca. 50 kg in die Abwasserwirtschaft, rund 70 kg werden über den Verkehr und den Hausbrand in die Atmosphäre entlassen und 30 kg versickern direkt in den Boden. Sie stammen aus beschichteten Dachflächen privater Wohnhäuser und deren Ableitungen.

Tabelle 4-90: Prozessliste privater Haushalt

Privater Haushalt				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
		Prozess außerhalb des Systems	Importprodukte	5,24
	IGDI	Produkte	0,42	Privater Haushalt
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	0,05	Abwasserwirtschaft
	Privater Haushalt	versickertes Abwasser	0,03	Pedo- + Lithosphäre
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	9,60	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Abgas PHH	0,07	Prozess außerhalb des Systems
Lager		Bestand, Input, Output		
		LAGERBESTAND BEGINN	183,00	
		LAGERINPUT	5,66	
		LAGEROUTPUT	9,75	
		LAGERVERÄNDERUNG	-4,09	
		LAGERBESTAND ENDE	178,91	

Es wurden im Jahr 2003 deutlich mehr cadmiumhaltige Abfälle gesammelt als in den Konsum gelangten. Dies ist zum einen auf die rückgängige Menge Cadmium im Input – hervorgerufen durch rechtliche Maßnahmen und Substitution durch weniger schädliche Stoffe – zum anderen auf einen steigenden Erfassungsgrad cadmiumhaltiger Produkte, im besonderen NiCd-Akkus und Kunststoffe zurückzuführen. Dieser Trend wird durch die EAG-Sammelungsverpflichtung seit August 2005 weiter verstärkt werden.



Es ist daher anzunehmen, dass die Menge cadmiumhaltiger Kunststoffe geringer werden wird, da die betroffenen Konsumgüter das Ende ihrer Lebenszeit bereits erreicht haben.

Problematisch werden weiterhin alte Fensterprofile, alte PKW sowie Konsumgüter sein, die nicht vom Prozess Abfallwirtschaft erfasst werden. Fensterprofile haben eine zu erwartende Lebensdauer von 30 Jahren, somit ist für die nächsten 10 – 15 Jahren mit einem Cadmium-Aufkommen aus Fensterprofilen zu rechnen.

Für PKW ist ein Zeithorizont von 5–7 Jahren anzunehmen, in dem noch ein erhöhtes Cadmiumaufkommen aus Kunststoffbauteilen zu erwarten ist.

Das Lager der privaten Haushalte umfasst ca. 180 t Cadmium (150 g/EW) und reduziert sich jährlich um 4 t (2,7%). Aufgrund des sehr starken Anteils von PVC und EAG an dieser Menge ist mit einem Anhalten dieses Trends in den nächsten 10–20 Jahren zu rechnen, da diese Produkte nunmehr entweder cadmiumfrei produziert werden oder eine wesentlich verbesserte Erfassung sichergestellt ist.

4.6.4 Prozess „Pedosphäre, Lithosphäre“

Dieser Prozess stellt mengenmäßig nur einen sehr kleinen Teil des Cadmiumhaushaltes in der Steiermark dar, ist aber aufgrund der sehr engen Beziehung zum Nahrungsmittelkreislauf von großer Bedeutung. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche der Steiermark beträgt ca. 25 %, das sind 490.000 ha, davon sind 330.000 ha Wiesen und rund 160.000 ha Äcker.

Insgesamt gab es 2003 Einträge von ca. 0,5 - 0,8 g Cd/ha.a auf sonstige Flächen und 1,8 – 2,7 g Cd/ha.a auf landwirtschaftliche Flächen. Diese erfolgten zum einem über die Deposition (0,9 – 1,8 t bzw. 0,15 - 0,2 µg/m².d) - an allen Messstellen konnten die Grenzwerte für Deposition (0,002 mg/m²d) 2003 eingehalten werden - zum anderen über das Ausbringen von Phosphatdünger und Bodenhilfsstoffen, Wirtschaftsdünger und Klärschlamm.

Industriebetriebe verursachten 14 % der Deposition (EPER 2003, UBA).

Als Wirtschaftsdünger fielen 2003 insgesamt 880.000 t TS an. Der Cadmiumgehalt lag lt. Roth (2002; zitiert in Kühnen, 2004) zwischen 0,3 und 0,4 mg Cd/kg.

Somit errechnet sich ein maximaler Gesamteintrag auf landwirtschaftlich genutzte Flächen von 2 g Cd/ha davon stammen 1,2 g Cd/ha aus Wirtschaftsdüngern. Pflanzen nehmen nur 20 % des zur Verfügung stehenden Cadmiums auf, der Rest verbleibt im Boden (55 %) oder wird in das Grundwasser ausgewaschen (25 %) (Fehringer et al., TU Wien 1997).

2003 wurden 50 kg Cadmium in Pflanzen gespeichert (Transferkoeffizient 0,05; Lampert, 2000), wovon die Hälfte unter Berücksichtigung des Anteils landwirtschaftlicher Flächen (24,9 %) auf landwirtschaftliche Produkte entfällt.

Tabelle 4-91: Auswaschung und Erosion von Cadmium

Cd	[g/ha]	ha	t
Auswaschung	0,9	546.667	0,49
Erosion	0,15	546.667	0,08



0,5 t Cadmium gelangten in das Grundwasser, erodierten (eigene Berechnung nach Lampert, 2000) oder verblieben zu einem größeren Teil im Boden. Es wurde die Annahme getroffen, dass nur 1/3 der Fläche einer Auswaschung bzw. einer Erosion ausgesetzt sind. Waldflächen und Gewässer wurden nicht miteinbezogen.) Somit ist mit einem Zuwachs im landwirtschaftlich genutzten Boden von 0,5–2,0 g /ha.a zu rechnen. Dieser Zuwachs deckt sich mit den Angaben aus bisherigen Untersuchungen (Fehringer et al., TU Wien 1997), in dem von einem jährlichen Zuwachs von 1,5-5 g/ha landwirtschaftlicher Fläche ausgegangen wird.

Cadmium reichert sich in Pflanzen unterschiedlich an, ca. 13 kg gelangen in Nahrungsmitteln zu den Konsumenten. Als Produkte sind hierbei Gemüse (31 %), Getreide (25 %), Ölsaaten (27 %) und Fleischprodukte (6 %) zu erwähnen. Das entspricht einer durchschnittlichen Aufnahme von 0,02 mg/E.d, und liegt somit im Bereich der durchschnittlichen Aufnahmemenge der europäischen Bevölkerung von 10µg (Elmadfa, Universität Wien)

Tabelle 4-92: Prozessliste Pedosphäre + Lithosphäre

Pedosphäre + Lithosphäre				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	Abfälle LF & FW	0,07	Pedo- + Lithosphäre
	Prozess außerhalb des Systems	Deposition	1,20	Pedo- + Lithosphäre
	IGDI	Versickerte Abwässer	0,02	Pedo- + Lithosphäre
	PHH	Versickerte Abwässer	0,03	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Kompost	0,02	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	0,02	Pedo- + Lithosphäre
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	0,07	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	0,50	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Pflanzenentzug	0,09	BLF
Lager		Bestand, Input, Output		
		LAGERBESTAND BEGINN	450,00	
		LAGERINPUT	1,36	
		LAGEROUTPUT	0,66	
		LAGERVERÄNDERUNG	0,70	
		LAGERBESTAND ENDE	450,70	

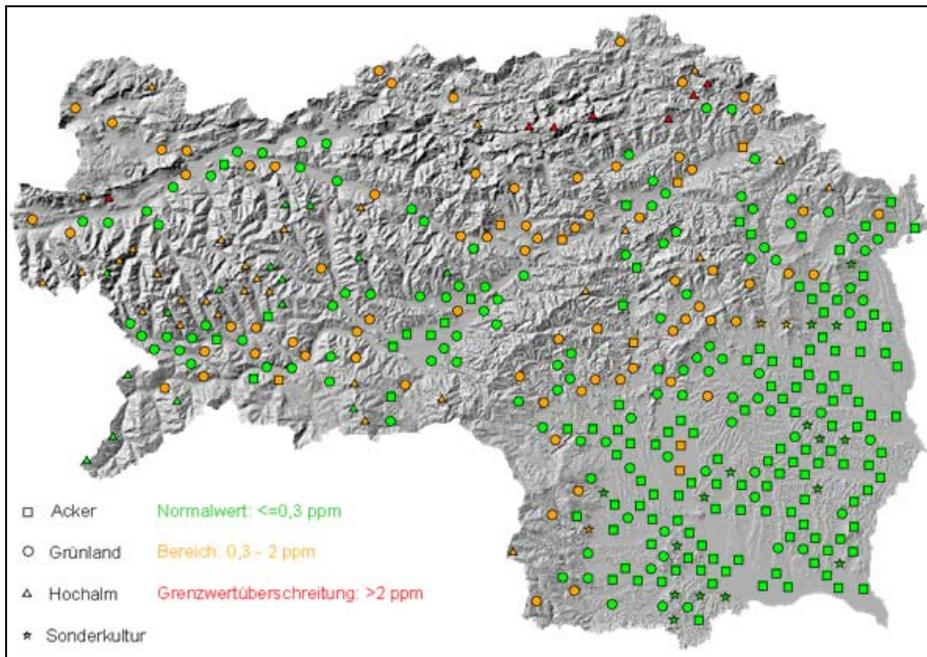


Abbildung 4-10: Cadmium Belastung in der Steiermark (Quelle: Land Steiermark)

Im Südosten der Steiermark liegen die Messwerte auf allen Flächen im geogenen Bereich (Normalwert $< 0,30$ mg/kg), entlang der Flussläufe von Mur und Enns kann eine anthropogene Auswirkung festgestellt werden (Die Werte liegen im Bereich von $0,3 - 2$ mg/kg).

Allerdings konnten Überschreitungen der Grenzwerte auf Hochalmen im Norden der Steiermark beobachtet werden. Zurückzuführen ist das auf importierte Immissionen und die extrem lange Verweilzeit von Belastungen im Boden in alpinen Zonen.

4.6.5 Prozess „Grundwasser“

Die Daten der Messstationen in der Steiermark wurden für das Jahr 2003 ausgewertet. Dabei wurde bei einer einzigen Messstelle der Wert für die Nachweisbarkeit übertroffen (Messstelle Kapfenberg/Mürztal, am 21.1.2003, UBA).

Im Jahresbericht zur Erhebung der Wassergüte (UBA, 2004) lagen in Österreich 92,8 % der Messungen unterhalb der Mindestbestimmungsgrenze ($0,0002$ mg/l) und 99,8 % unter dem Schwellenwert ($0,003$ mg/l). Das gesamte Grundwasser der Steiermark wurde auf rund 5 Milliarden m^3 geschätzt. Aufgrund der erhobenen Daten umfasst das Cadmiumlager im Grundwasser weniger als 0,8 t. Aufgrund der vorliegenden Daten ist davon auszugehen, dass die Grundwässer der Steiermark keine wesentliche Cadmiumbelastung aufweisen.



Tabelle 4-93: Grundwassermesswerte in der Steiermark 2003

Cadmium [mg/l]										
Anzahl	Min	Max	MW	25% Perc.	Median	75% Perc.	< MBG	≤ SW	>SW≤TWV	> TWV
4427	0,000	0,061	0,0001	0,000	0,000	0,000	4109	4419	3	5

MBG: Mindestbestimmgrenze (WGEV BGBl. 338/91) 0,0002 mg/l
 SW: Schwellenwert (GSwV BGBl. 502/91 i.d.g.F.) 0,0030 mg/l
 TWV: Trinkwasserverordnung (BGBl. 304/01) 0,0050 mg/l

Tabelle 4-94: Prozessliste Grundwasser

Grundwasser				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Grundwasser	n.b	Grundwasser
	BLF	flüssige Emissionen BLF I	n.b.	Grundwasser
	Pedo- + Lithosphäre	Boden-Sickerwasser	0,50	Grundwasser
	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
Output	Grundwasser	Export Grundwasser	n.b	Prozess außerhalb des Systems
	Grundwasser	Bewässerung	0,00	Pedo- + Lithosphäre
	Grundwasser	Exfiltrat	n.b	Oberflächengewässer

4.6.6 Prozess „Oberflächengewässer“

In Oberflächengewässern fanden keine Cadmiumuntersuchungen statt. Hier ist auch aufgrund der Löslichkeit mit keiner wesentlichen Anreicherung zu rechnen.

Der Parameterwert von 6 µg/l konnte nicht erreicht werden, es wurde ein Rechenwert von 0,08 µg/l herangezogen (BMLFWU 2004), weshalb mit einer Cadmiumfracht in Fließgewässern von 0,1–0,3 t/a zu rechnen ist.

Da aber keine Messwerte zur Verfügung standen, sind die Frachten mit großer Unsicherheit behaftet. Von diesen Frachten entfallen lediglich ca. 30 kg auf anthropogene Quellen wie Abläufe der Abwasserreinigungsanlagen und landwirtschaftliche Sickerwässer. Untersuchungen in den Sedimenten zeigen einen natürlichen Cadmiumanteil von 0,2–0,9 mg/kg, wobei der Großteil der Messungen innerhalb der geogenen Hintergrundbelastung (bis 0,5 mg/kg) liegt. Die Sedimente sind somit als praktisch unbelastet einzustufen (Quellen; EPER; Land Steiermark; UBA 2004).



Tabelle 4-95: Prozessliste Oberflächengewässer

Oberflächengewässer				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Oberflächenwasser	0,07	Oberflächengewässer
	BLF	flüssige Emissionen BLF II	n.b.	Oberflächengewässer
	Grundwasser	Exfiltrat	n.b.	Oberflächengewässer
	Pedo- + Lithosphäre	Erosion	0,07	Oberflächengewässer
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	0,03	Oberflächengewässer
	Abfallwirtschaft	Abwässer AWS	0,00	Oberflächengewässer
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0,00	Oberflächengewässer
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Oberflächengewässer	Export Oberflächenwasser	0,30	Prozess außerhalb des Systems
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	n.b.	
		LAGERINPUT	0,17	
		LAGEROUTPUT	0,30	
		LAGERVERÄNDERUNG	-0,13	
		LAGERBESTAND ENDE	n.b.	

4.6.7 Prozess „Abfallwirtschaft“

In einer ersten Phase wurde das Abfallaufkommen der Steiermark erhoben und die kommunalen Sammelmengen um den Cadmium-Gehalt der jeweiligen Fraktion erweitert (siehe Prozess privater Haushalt). Daraus errechneten sich die aus privaten Haushalten stammenden Cadmiummengen. Diese sind nach Fraktionen gegliedert im Anhang angeführt.

Neben den getrennt erfassten Kleinbatterien (NiCd-Anteil ca. 12%), den EAG und der Restmüllfraktion trugen noch Altmetalle zur Gesamtsammelmenge von 9,6 t bei.

Weitere Inputmengen stammen aus Rückständen von Baurestmassen, aus dem Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen in Form von gesammelten Kunststoffprofilen, Alt-PKW und Verbrennungsrückständen sowie Sieb- und Rechenrückständen und Klärschlämmen aus der Abwasserwirtschaft. Daten hierzu stammen aus dem BAWP 2001, die für das Jahr 2003 hochgerechnet wurden, und aus Recherchen bei steirischen Industrieunternehmen.

Den weitaus größten Anteil nimmt allerdings der Prozess Import ein, der neben Aschenrückständen vor allem EAG und NiCd-Akkus beinhaltet. Die auffallend große Menge von 35 t setzt sich aus NiCd-Akkus und EAG zusammen, die in ganz Österreich erfasst wurden. Diese wurden von der Fa Rumpold bei Graz verarbeitet, die Wertstoffe extrahiert und dann zur weiteren Verarbeitung (Recycling, Entsorgung) exportiert (Quelle: Fa Rumpold). Insgesamt wurden somit 35,6 t Cadmium in der Steiermark verarbeitet.

Eisen, Stahl und Metallabfälle werden in den Stahlwerken der Steiermark wieder verwendet. Es gelangen somit ca. 90 kg Cadmium im Schrott wieder in die Produktionskreisläufe. Weitere Prozessrückstände wie Schlacken werden zum Teil in der Zementindustrie weiter verarbeitet oder müssen deponiert werden.

Über die in Betrieben intern wieder verwendeten Stoffe (Schrott, Produktionsrückstände, schlacken, etc). liegen nur lückenhafte Daten vor. Diese Stoffe gelangten nicht in den externen Abfallwirtschaftskreislauf und wurden nur zum Teil berücksichtigt.



Erwähnenswert ist, dass ca. 75 % der gesammelten Hausmüllmenge unbehandelt deponiert wurden. Die Cadmium-Menge, die 2003 noch zur Deponierung kam, betrug 1,9 t.

Produkte der stofflichen Verwertung waren unter anderem Metallrückstände aus MBA und Kompost. Aufgrund der zur Anwendung kommenden Verfahren ist davon auszugehen, dass der Cd-Gehalt in dieser Fraktion nahezu Null war.

Mit der Inbetriebnahme des Wirbelschichtofens in Niklasdorf im Dezember 2003 konnte die Steiermark die notwendige Infrastruktur schaffen, um das im AWG 2002 Deponierungsverbot von unbehandeltem Restmüll einhalten zu können. Seit 2004 ist sichergestellt, dass jetzt nur mehr behandelter Abfall deponiert wird. Auch die stoffliche Verwertung konnte gesteigert werden, und die thermische Verwertung der Leichtfraktion ist ein neuer Bestandteil der Abfallwirtschaft. Ebenso konnte mittels Splittinganlage die Qualität der thermischen Fraktion erhöht werden. In der neuen Anlage in Niklasdorf können im Wirbelschichtofen jährlich 100.000 t Leichtfraktion verwertet werden. Die anfallende Asche – und damit fast das gesamte Cadmium - wird auf Deponien abgelagert.

Tabelle 4-96: Prozessliste Abfallwirtschaft

Abfallwirtschaft				
	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
Input	Prozess außerhalb des Systems	Import Abfälle	32,90	Abfallwirtschaft
	IGDI	Abfälle IGDI	3,17	Abfallwirtschaft
	Privater Haushalt	Haushaltsabfälle	9,60	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	0,02	Abfallwirtschaft
	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
Output	Abfallwirtschaft	Recyclinggüter	0,09	IGDI
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	3,20	Halden + Deponien
	Abfallwirtschaft	Kompost	0,02	Pedo- + Lithosphäre
	Abfallwirtschaft	Export Abfälle	42,38	Prozess außerhalb des Systems

4.6.8 Prozess „Abwasserwirtschaft“

In diesen Prozess gelangen zum einem kommunale Abwässer aus privaten Haushalten sowie Abwässer versiegelter Flächen, zum anderen Abwässer aus Gewerbe und Industrie.

Die Abschätzung der jeweiligen Frachten konnte anhand von Literaturangaben (EPER, UBA 2000; BMLFUW 2005) getroffen werden. So wurde für private Haushalten ein spezifischer Eintrag von 30 mg/EW.a angenommen und für Abschwemmungen von Oberflächen (z.B. verzinkte Fassadenflächen) 60 mg/EW.a (Hillenbrand et al. UBA 2004). Demnach stammen ca. 20 kg Cd aus industriellen und 36 kg aus kommunalen Abwässern.

Während der industriell anfallende Teil thermisch behandelt und anschließend deponiert wurde, gelangen die kommunalen Abwässer in den Prozess Abwasserwirtschaft und die Oberflächenabschwemmungen nur zum Teil zu Abwasserbehandlungsanlagen. Verluste entstehen durch direkte Versickerung, Regenüberläufe und Abfluss in Oberflächengewässer. Als Trennkoeffizient in den ARA wird ein Wert von 60 % angenommen (Hillenbrand et al., UBA 2004).



Im Output fand sich Klärschlamm (33.000t) mit einem durchschnittlichen Cd-Gehalt von 0,83 mg/kg zur abfallwirtschaftlichen Verwertung (Verbrennung, Deponierung) und zur Weiterverarbeitung im Landschaftsbau und als landwirtschaftliches Hilfsgut und Abwässer in Oberflächenwasser.

Insgesamt wurden in der Steiermark Cadmiumemissionen aus Überläufen kommunaler Kläranlagen in Oberflächengewässer von 30 kg festgestellt. Die Flüsse im Prozess Abwasserwirtschaft stellen sich für die Steiermark wie in Tabelle 4-97 ersichtlich dar.

Tabelle 4-97: Prozessliste Abwasserwirtschaft

Abwasserwirtschaft				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
		IGDI	Abwässer IGDI	0,02
	Privater Haushalt	Abwässer PHH	0,05	Abwasserwirtschaft
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm I	0,02	Pedo- + Lithosphäre
	Abwasserwirtschaft	Klärschlamm II	0,02	Abfallwirtschaft
	Abwasserwirtschaft	Abwässer AWW	0,03	Oberflächengewässer

4.6.9 Prozess „Deponie mit Halde“

Aus dem Prozess Abfallwirtschaft gelangten 2003 3,2 t Cadmium auf Deponien. Davon waren 2003 1,4 t unbehandelter Restmüll aus privaten Haushalten, 0,9 t aus MBA-Anlagen und 0,8 t aus Industrie und Gewerbe.

Ab dem Jahr 2004 wurden keine unbehandelten Restmüllmengen mehr deponiert. Es fällt nunmehr 0,9 t Cd als Aschen (4.000 t Aschen; AWP Steiermark, 2005) aus der Wirbelschichtverbrennung an. Aus den Splittinganlagen und MBA (51.000 t) fallen 0,7 t Cadmium an, die deponiert werden müssen. Der Anteil an wieder verwertbaren Stoffen ist deutlich gestiegen, über den jeweiligen Cadmiumgehalt sind keine Daten bekannt.

Das Lager besteht vorwiegend aus bereits deponiertem, unbehandeltem Restmüll der letzten Jahrzehnte und wurde anhand bestehender, bereits verfüllter Deponievolumina mit 110–150 t abgeschätzt (UBA, 1998). Zusätzlich sind aus Baurestmassendeponien weitere 43 t zu berücksichtigen. Aufgrund der Depletierung des Konsumlagers und der Aufkonzentrierung von Cadmium in Aschen ist mit einem jährlichen Zuwachs des Deponie Lagers von etwa 3–4 t/a zu rechnen.

In der gesamten Sickerwassermenge aus den Deponien sind 0,1–1,0 kg Cd/a enthalten. Sickerwasser stellt somit nur einen unwesentlichen Eintrag ins Grundwasser dar. Die Daten wurden anhand des bereits verfüllten Deponievolumens (1995) und eines Deponievolumenvergleiches 1995 mit 2004 ermittelt. (Quellen: UBA, 1998 und AWP des Landes Steiermark 2005). Es wurden die Niederschlagswerte der ZAMG herangezogen und ein durchschnittlicher Sickerwasseranteil von 15% der mittleren Jahresniederschlagsmenge berücksichtigt. Die Cadmiumkonzentration wurde mit 0,01-0,001 mg/l Sickerwasser festgesetzt. Ein Austrag erfolgt vorwiegend in die bestehende Kanalisation.

Über das Deponiegas werden keine Cadmium- Frachten an die Umwelt abgegeben.



Tabelle 4-98: Prozessliste Deponie mit Halde

Halden + Deponien				
Input	Herkunftsprozess	Inputgut	Masse [t/a]	Zielprozess
		BLF	Abfälle Bergbau	n.b.
	Abfallwirtschaft	Deponiegüter	3,20	Halden + Deponien
Output	Herkunftsprozess	Outputgut		Zielprozess
	Halden + Deponien	Deponiegas	0,00	Prozess außerhalb des Systems
	Halden + Deponien	gereinigtes Sickerwasser	0,00	Oberflächengewässer
Lager	Bestand, Input, Output			
		LAGERBESTAND BEGINN	160,00	
		LAGERINPUT	3,20	
		LAGEROUTPUT	0,00	
		LAGERVERÄNDERUNG	3,20	
	LAGERBESTAND ENDE	163,20		



5 Zusammenfassung der Resultate

5.1 Stickstoff

Die Abbildung 5-1 zeigt den Stickstoffhaushalt der Steiermark. Für das Jahr 2003 wurde im Mittel ein Import von 119 kt sowie ein Export von 97 kt Stickstoff bilanziert. Somit kommt es für das Bilanzjahr zu einer Lagererhöhung von rund 22 kt Stickstoff, welche in erster Linie durch eine Vermehrung der Biomasse, aber auch durch die zunehmenden Lager in privaten Haushaltungen wie auch in Deponien bedingt ist.

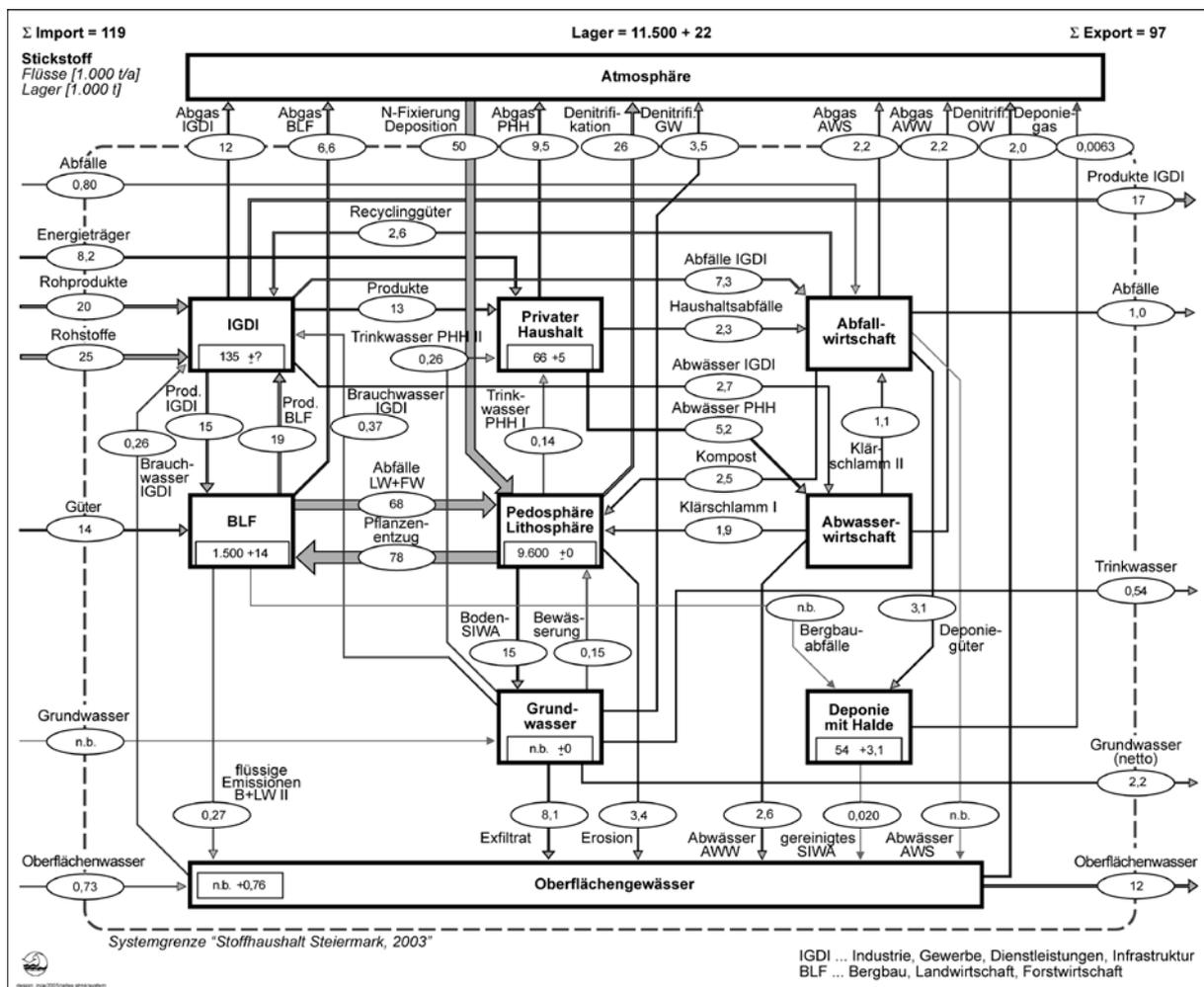


Abbildung 5-1: Stickstoffhaushalt Steiermark

Güterflüsse

Aus den Stoffbilanzen (Kapitel 4.2) lassen sich die relevanten Stickstoffflüsse für das betrachtete System „Steiermark 2003“ identifizieren.

Der Eintrag aus der Luft durch Stickstoff-Fixierung sowie atmosphärische Deposition in die Pedosphäre beträgt rund 40 % des gesamten Stickstoff-Imports in die Steiermark und stellt



somit den bedeutendsten Fluss dar. Neben atmosphärischen Einträgen werden vor allem über den Prozess „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen und Infrastruktur“ erhebliche Stickstoffmengen importiert. Maßgebend für diese Stoffflüsse sind vor allem die Holz verarbeitende Industriebe (Spanplattenerzeugung), die Papier- sowie die Nahrungsmittelindustrie durch die Einfuhr industrieller Rohstoffe bzw. Rohprodukte. In der Steiermark gibt es keine Produktionsstätten für mineralische Düngemittel. Mineraldünger müssen daher in die Landwirtschaft importiert werden. Die darin enthaltene Stickstofffracht beträgt rund 12 % des gesamten Imports.

Ein beträchtlicher Anteil des eingebrachten Stickstoffes verlässt das System in Form gasförmiger oder flüssiger Emissionen. In die Atmosphäre entweichen über natürliche sowie anthropogen bedingte Flüsse rund zwei Drittel des gesamten Stickstoffexportes. Die größte Bedeutung kommt einerseits Denitrifikationsprozessen in Böden und Gewässern und andererseits Emissionen aus industriell/gewerblichen und privaten Verbrennungsprozessen sowie Ammoniakverlusten aus der Landwirtschaft (Wirtschaftsdünger) zu. Die Stickstoffexporte über Oberflächengewässer haben einen Anteil von rund 15 % und sind zum Großteil durch Erosion und Auswaschung land- und forstwirtschaftlicher Böden bedingt. Rund 20 % des Gesamtexports finden sich in industriellen Produkten, wobei es sich im Wesentlichen um Fertig- und Halbfertigprodukte der Holzindustrie sowie Erzeugnisse der Papierindustrie handelt.

Innerhalb des Systems sind die Stickstoffflüsse zwischen Industrie/Gewerbe und Landwirtschaft von Bedeutung, die einerseits vor allem durch den Futtermittelverbrauch und andererseits durch die land- und forstwirtschaftliche Produktion (pflanzliche und tierische Produktion, Holzeinschlag) bestimmt werden. In den privaten Haushalt gelangt über diverse Gebrauchs- und Verbrauchsgüter aus Industrie und Gewerbe (etwa zur Hälfte Nahrungsmittel) eine Stickstofffracht in der Höhe von rund 11 % des Gesamtimports.

Das Subsystem „Landwirtschaft“ ist durch die größten Stoffumsätze (50 bis 60 % der gesamten Stickstoffimporte bzw. -exporte) geprägt, und wird nachfolgend eingehender behandelt.

Die übrigen Importe und Exporte bzw. die Flüsse innerhalb des Systems sind hinsichtlich der Stickstoffmengen von geringerem Belang und liegen zum Teil deutlich unter 10 % des Imports bzw. Exports.

Landwirtschaftlich bedingte Stickstoffflüsse

Abbildung 5-2 zeigt die Stickstoffflüsse des Subsystems „Landwirtschaft“, wobei die landwirtschaftliche Fläche nach den drei Hauptnutzungsarten (Ackerland, gedüngtes sowie nicht gedüngtes Grünland) unterteilt ist. Weiters wurde vorausgesetzt, dass je Hektar Ackerland bzw. gedüngtes Grünland dieselbe spezifische Düngermenge aufgebracht wird.

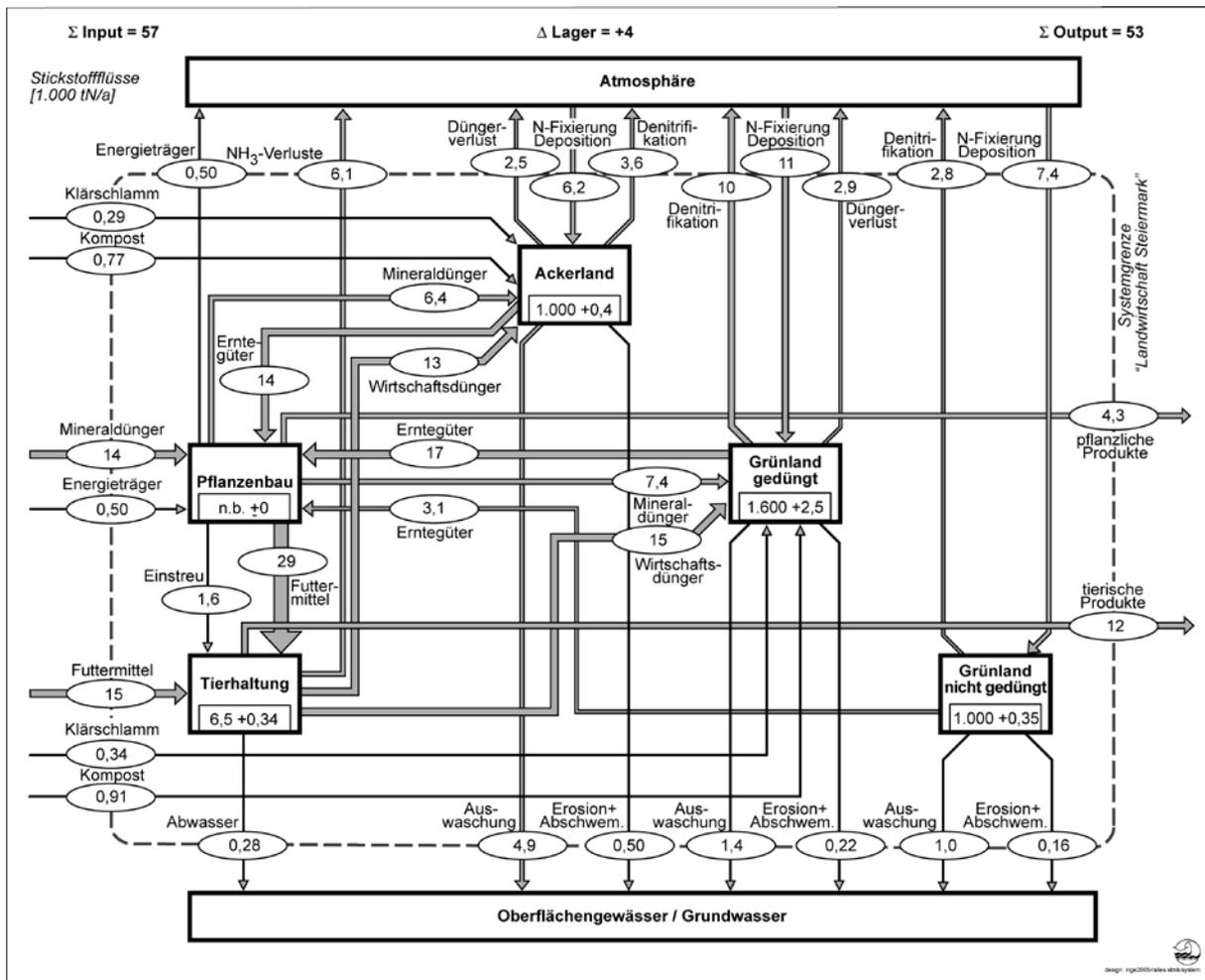


Abbildung 5-2: Subsystem „Landwirtschaft“

Die in die Landwirtschaft importierte Stickstoffmenge entstammt zu rund 50 % der Atmosphäre und gelangt über Deposition sowie Stickstoff-Fixierung in die landwirtschaftlichen Böden. In der gleichen Größenordnung bewegt sich der Eintrag in Form von mineralischen Düngern auf Ackerland und Grünland bzw. der Import von Futtermitteln in die Tierhaltung.

Damit wird auch deutlich, dass eine landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm und/oder Kompost für den Stickstoffhaushalt der landwirtschaftlichen Nutzfläche nicht relevant ist. Die Einträge über diese beiden Flüsse betragen lediglich 5,5 % der insgesamt aufgebrauchten Düngermenge (Klärschlamm: 1,7 %; Kompost: 3,8 %). Bezogen auf die gesamte Stickstofffracht in die landwirtschaftlichen Böden machen die Stickstoffmengen in Klärschlamm und Kompost nur rund 1 bzw. 3 % aus.

Dieser jährliche landwirtschaftsbedingte Input von 57.000 t entspricht knapp 50 % des Stickstoffimports in das Gesamtsystem „Steiermark“ (vergleiche Abbildung 5-1). Aus diesen 57.000 t entstehen rund 16.000 t, die in pflanzlichen und tierischen Produkten gebunden sind und die in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie weiterverarbeitet werden; der Rest geht als gasförmige (rund 28.500 t) oder flüssige (rund 8.500 t) Emissionen verloren. Nimmt man an,



dass längerfristig auch das Bodenlager konstant bleibt und die bilanzierten Stickstoffüberschüsse ebenfalls in Atmosphäre oder Gewässer emittieren, so ergeben sich innerhalb der Landwirtschaft Stickstoffverluste von rund 41.000 t. Von der gesamten in der Landwirtschaft umgesetzten Stickstoffmenge gehen somit rund 72 % bei der landwirtschaftlichen Produktion verloren. Berücksichtigt man weiters die Verluste bei der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung, gelangt lediglich ein Viertel des eingesetzten Stickstoffs in den Konsum.

Das landwirtschaftliche Lager der Steiermark wurde mit rund 3.600 kt Stickstoff abgeschätzt, welcher sich fast ausschließlich in den landwirtschaftlichen Böden befindet. Die für das Bilanzjahr ermittelte Lagererhöhung von rund 4 kt betrifft größtenteils ebenfalls das Bodenlager und ist vergleichsweise gering. Zudem ist langfristig in Bezug auf Stickstoff mit einer ausgeglichenen Bodenbilanz zu rechnen.

Importe und Exporte

In Tabelle 5-1 sind die Stickstoffimporte und –exporte für die Steiermark zusammengefasst, wobei außerdem in natürliche (über Luft und Wasser) und anthropogene (industrielle Produkte, Emissionen und Abfälle) Flüsse differenziert wird.

Tabelle 5-1: Stickstoff-Importe und -Exporte in die Steiermark

Import	N-Fluss		Export	N-Fluss	
	[kt/a]	[%]		[kt/a]	[%]
natürliche Flüsse	51	42,7	natürliche Flüsse	41	41,9
<i>aus der Atmosphäre</i>			<i>in die Atmosphäre</i>		
Deposition	34	28,6	Denitrifikation Boden	21	21,6
N-Fixierung	16	13,5	Denitrifikation Grundwasser	3,5	3,6
			Denitrifikation Oberflächengewässer	2,0	2,1
<i>über die Hydrosphäre</i>			<i>über die Hydrosphäre</i>		
Oberflächengewässer	0,7	0,6	Oberflächengewässer	12	12,4
			Grundwasser	2,2	2,3
anthropogene Flüsse	68	57,3	anthropogene Flüsse	56	58,1
<i>Rohstoffe, Produkte</i>			<i>Produkte, Abfälle</i>		
Rohstoffe IGDI	25	21,1	Produkte IGDI	17	17,5
Rohprodukte IGDI	20	16,8	Trinkwasser	0,54	0,6
Güter BLF	14	11,8	Abfälle	1,0	1,0
Produkte PHH	8,2	6,9	<i>in die Atmosphäre</i>		
Abfälle	0,8	0,7	Ammoniakverluste	12	12,4
			Abgas IGDI	12	12,4
			Abgas PHH	9,5	9,8
			Abgas AWS	2,2	2,3
			Abgas AWW	2,2	2,3
Summe Import	119	100	Summe Export	97	100

Das Verhältnis anthropogener zu natürlichen Stickstoffflüssen beträgt sowohl für die Importe als auch die Exporte rund 60:40. Während nur geringe Stickstoffmengen über die Gewässer in die Steiermark gelangen (0,7 kt/a), haben diese einen Anteil von rund 35 % an den natürlichen



Exportflüssen (14,2 kt/a). Diese Frachten sind allerdings größtenteils anthropogenen Ursprungs (Abwassereinleitung oder Auswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden).

Lager und Lagerveränderung

Abbildung 5-3 zeigt die Stickstofflager in der Steiermark. Die Lager Grundwasser und Oberflächengewässer wurden nicht bestimmt bzw. können im Verhältnis zu den Flüssen als nicht relevant beurteilt werden. Der Lagerbestand in den Prozessen Abfall- und Abwasserwirtschaft wird als vernachlässigbar angesehen.

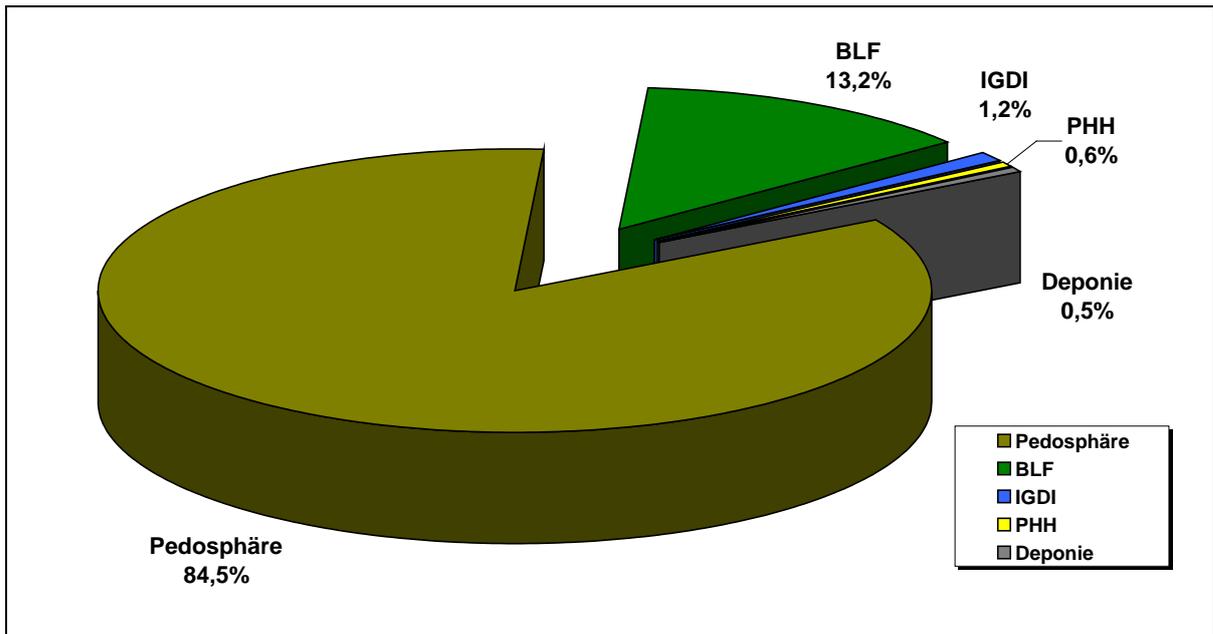


Abbildung 5-3: Verteilung des Stickstofflagers in der Steiermark

Absolut gesehen ist der Lagerzuwachs infolge Vergrößerung der Biomasse (Forstwirtschaft) mit rund 60 % der gesamten Lagererhöhung am größten. Setzt man die Lagerveränderungen jedoch ins Verhältnis zum Bestand, so ergeben sich für die beiden übrigen Prozesse (Privater Haushalt und Deponie) relative Zuwächse von rund 10 % pro Jahr, was (konstantes Wachstum vorausgesetzt) eine Verdoppelung innerhalb von 10 Jahren zur Folge hätte. Für das (land- und) forstwirtschaftliche Lager ist die abgeschätzte Lagererhöhung angesichts der Bestandesgröße kaum relevant (rund 1 %). Überdies ist in diesem Fall über einen längeren Zeitraum (z. B. 100 Jahre) mit einer ausgeglichenen Stickstoffbilanz zu rechnen. Für das Bodenlager ist aufgrund der Mobilität des Stickstoffes längerfristig ebenfalls keine Lagerveränderung zu erwarten.

Die Lageränderung für Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur konnte aus den Stoffbilanzen nicht abgeschätzt werden, in diesem Fall ist die Quantifizierung der Input- bzw. Outputflüsse mit zu großen Unsicherheiten behaftet. Geht man von ähnlichen Wachstumsverhältnissen wie für die privaten Haushalte aus (5 bis 10 % pro Jahr), ergäbe sich eine jährliche Lagererhöhung von rund 7 bis 14 kt.



Stickstoffflüsse in die Senken

Tabelle 5-2 fasst die maßgeblichen Flüsse in Senken Luft, Wasser, Boden und Deponien aus den jeweiligen Quellen zusammen.

Tabelle 5-2: Stickstoffeintrag in die Senken

Stickstoffflüsse in die Senken													
Steiermark 2003	LFWF		AWS		AWW		PHH+IGDI		Atmosphäre		Hydrosphäre		Summe
	[kt/a]	[%]	[kt/a]	[%]	[kt/a]	[%]	[kt/a]	[%]	[kt/a]	[%]	[kt/a]	[%]	
Atmosphäre	32,6	50,9	2,2	3,4	2,2	3,4	21,5	33,6			5,5	8,6	64,0
Oberflächengewässer	11,8	81,9	-	-	2,6	18,1	über AWW		-	-			14,4
Boden	68,0 *	55,6	2,5	2,0	1,9	1,6	-	-	50,0	40,8	-	-	122,4
Deponie	-	-	0,8	25,0	0,4	12,5	2,0	62,5	-	-	-	-	3,2

^{*)} Düngemittel + Ernterückstände

LFWF Land- und Forstwirtschaft inkl. Böden

AWS Abfallwirtschaft

AWW Abwasserwirtschaft

PHH+IGDI ... Privater Haushalt + Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur

Die Pedosphäre stellt zwar für Stickstoff keine Senke dar, hat aber als „Zwischenspeicher“ vor allem im Bereich der Landwirtschaft maßgebliche Bedeutung für die Emissionen in Atmosphäre und Gewässer. Rund 50 % der gasförmigen Emissionen stammen aus Denitrifikationsprozessen sowie Ammoniakverlusten (Wirtschaftsdünger) des Subsystems „Landwirtschaft“. In die Oberflächengewässer werden durch Erosion und Auswaschung (über das Grundwasser) aus der Landwirtschaft rund 80 % der gesamten Stickstoffeinträge emittiert. Der Beitrag der Abwasserwirtschaft beträgt 20 %. Die Stickstofffrachten aus Deponien sind hinsichtlich der Flüsse in die Gewässer pauschal gesehen unwichtig; eine etwaige lokale Bedeutung wurde nicht untersucht.

Diskussion der Zielerfüllung – Zeitliche Entwicklung

In Kapitel 4.2.2 wurde anhand der Bilanzen für landwirtschaftliche Flächen eine durchschnittliche Sickerwasserkonzentration unter Ackerflächen abgeschätzt, welche mit rund 35 mg NO₃/l unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TWV 2001) von 50 mg/l liegt. Bei einer solch regionalen Betrachtung, darf nicht übersehen werden, dass es lokal (z.B. aufgrund schlechter Düngungspraxis) zu wesentlich höheren Konzentrationen kommen kann. Laut Gewässerschutzbericht 2002 (BMLFUW 2002) überschreiten 8 % der Messungen in der Steiermark den Grenzwert von 50 mg NO₃/l.

Im österreichischen Bericht zur EU-Nitratrichtlinie 91/676/EWG wird sowohl für Grundwasser als auch Fließgewässer ein leicht rückläufiger Trend bezüglich der Nitratkonzentration zwischen den beiden Beobachtungsperioden 1996/99 und 1999/2003 festgestellt. In gleicher Weise nimmt auch der bilanzierte Stickstoffüberschuss infolge verringerter Wirtschafts- und Mineräldüngeranbringung ab, wie aus Abbildung 5-4 zu entnehmen ist.

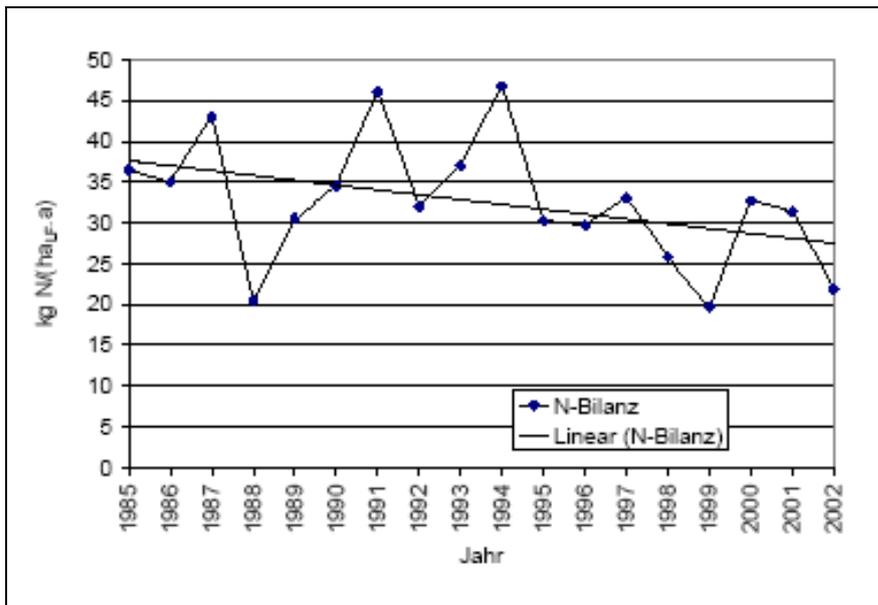


Abbildung 5-4: Entwicklung der Stickstoffbilanz auf landwirtschaftlichen Flächen
 (Quelle: WIFO, 2003 in BMLFUW 2004)



5.2 Eisen

In der Abbildung 5-5 ist der Eisenhaushalt der Steiermark für das Jahr 2003 dargestellt.

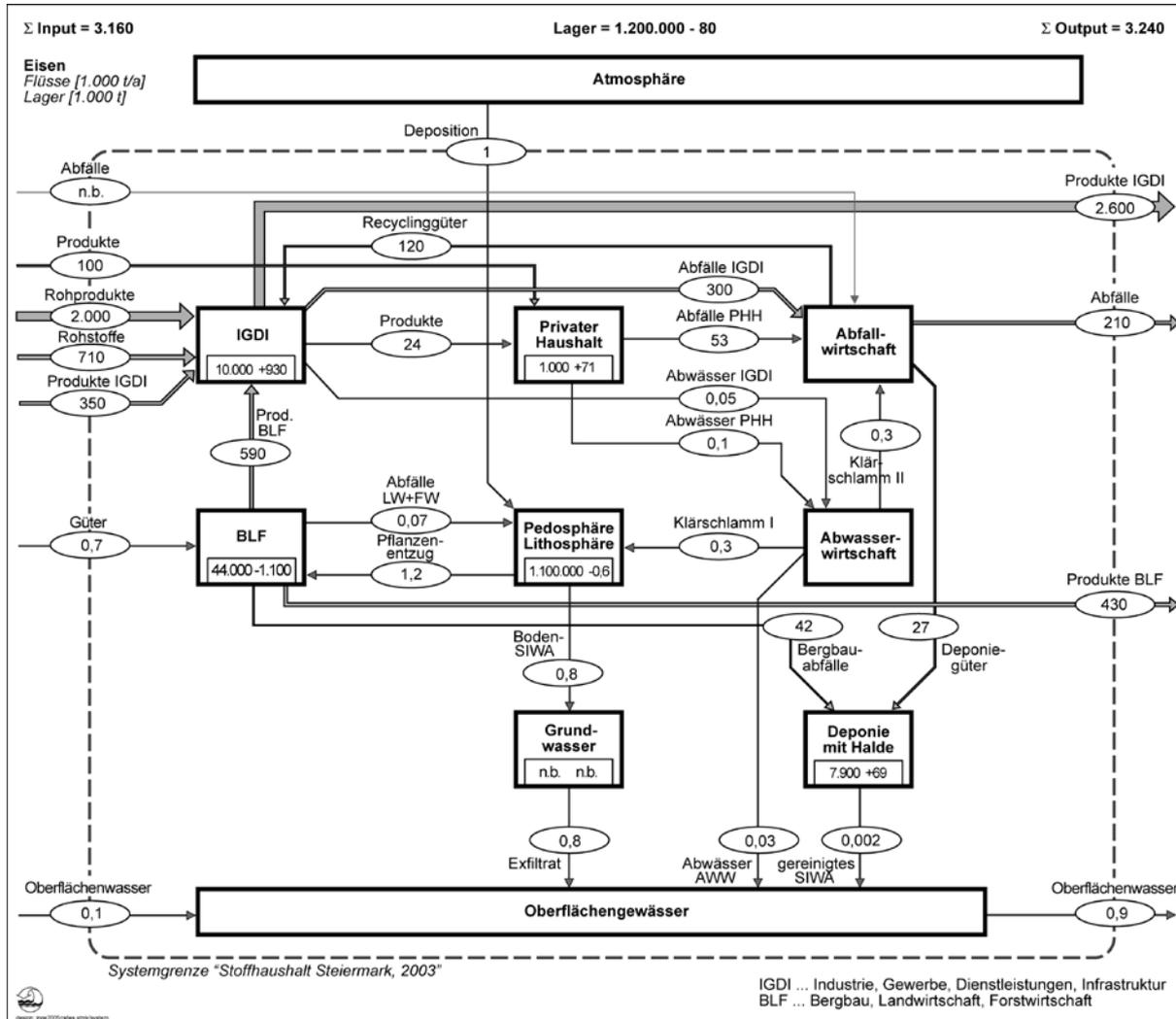


Abbildung 5-5: Eisenhaushalt Steiermark

Güterflüsse und Lager

Die Eisenbilanz der Steiermark ist vom Erzberg, der Stahlindustrie und der Stahlverarbeitung geprägt. In der Stahlindustrie werden 1,7 Mio. t produziert. Sowohl die Rohstoffe Erz und Schrott als auch die Produkte werden zu 90 % importiert beziehungsweise exportiert. Die im Vergleich zur Bevölkerung in der Steiermark überdurchschnittlich repräsentierten Branchen Maschinen- und Stahlbau, Fahrzeug- und Metallwarenindustrie importieren ebenfalls 90 % ihrer Rohprodukte und exportieren einen Großteil der Produktion von 1,4 Mio. t.

Jährlich werden in der Steiermark 600.000 t Eisen in Produkten konsumiert. Der Importanteil beträgt 75 %. Knapp 500.000 t Eisen werden in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur und 100.000 t in Privaten Haushalten eingesetzt.



Die Abfallwirtschaft ist im Eisenhaushalt der Steiermark nur im Zusammenhang mit der Sammlung und Verteilung von Schrott relevant. Während im Stahlwerk Donawitz der Schrott intern verwertet wird, fallen bei der Verarbeitung und dem Konsum 300.000 t Schrott an. Davon werden 110.000 t in der Steiermark eingeschmolzen und 210.000 t werden exportiert. Der Eisengehalt in den mineralischen Abfällen (Bausschutt) und in den Siedlungsabfällen (Restmüll, Gewerbeabfälle und Baustellenabfällen) ist gering. Im Jahr 2003 wurden ca. 26.000 t Eisen deponiert.

Im Jahr 2003 wurden in der Steiermark 340.000 t mineralische Rohstoffe (basaltische Gesteine und Kalkstein) abgebaut. Es wird angenommen, dass diese in der Steiermark verwendet werden.

Die Umweltkompartimente spielen im Eisenhaushalt der Steiermark keine Rolle. Die Flüsse (Pflanzenentzug, Abfälle aus Land- und Forstwirtschaft, Klärschlamm und diverse Wässer und Abwässer) sind um mindestens drei Größenordnungen kleiner als die durchschnittlichen anthropogenen Eisenflüsse.

Das größte Lager an Eisen befindet sich im Boden und beträgt 1,1 Mrd. t. In Stahlwerken kann dieses mineralische Eisen aber nicht eingesetzt werden. Das größte „nutzbare“ Eisenlager befindet sich im Erzberg und beträgt 44 Mio. t. In den Produkten im Konsum befinden sich 5,5 Mio. t Eisen. In der mineralischen Infrastruktur befinden sich weitere 6 Mio. t Eisen. Auf den Bergbauhalden liegen ca. 7 Mio. t Eisen. Das kleinste Eisenlager befindet sich in den Deponien mit ca. 560.000 t.

In der Abbildung 5-6 ist das für eine Wiederverwertung nutzbare Eisenlager (inkl. Deponie) in der Steiermark dargestellt.

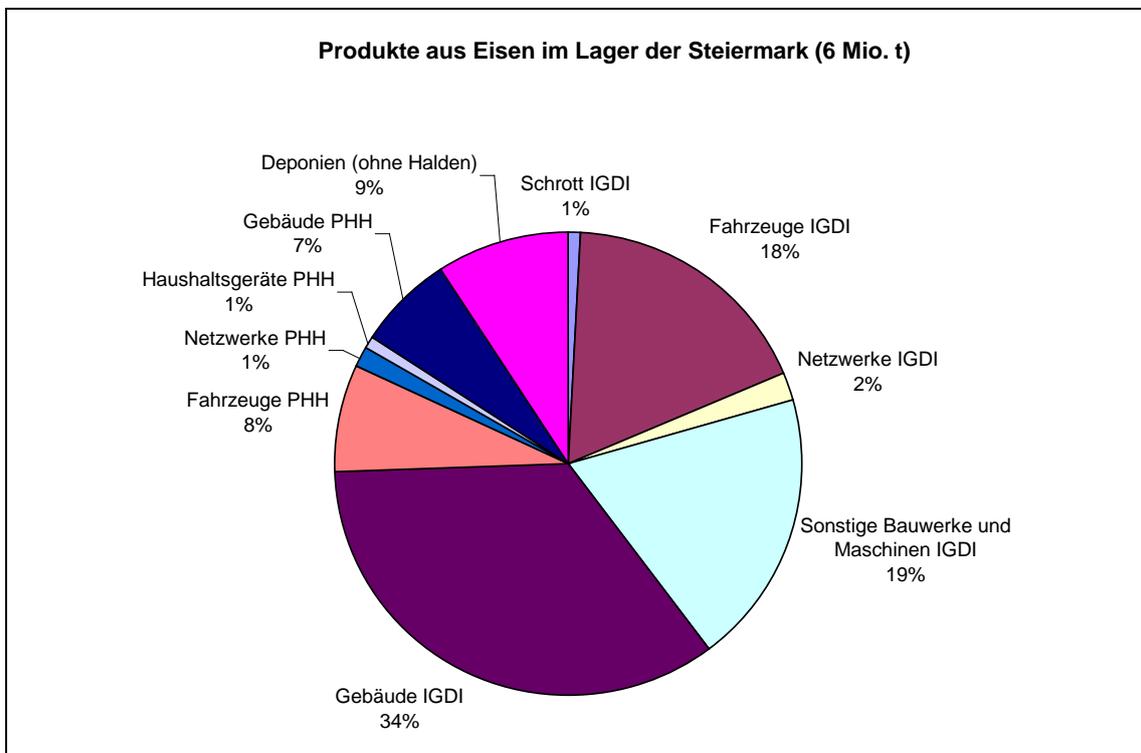


Abbildung 5-6: Eisenlager in der Steiermark



Lagerveränderung

Das Lager im Prozess Bergbau, Landwirtschaft und Forstwirtschaft nimmt jährlich um 1 Mio. t Eisen ab. Zwei Drittel davon entfallen auf das abgebaute Eisenerz und ein Drittel auf mineralische Rohstoffe (Steine). Bei gleich bleibender Abbaurate ist das Eisenerzlager in der Steiermark in etwa 60 Jahren erschöpft.

Die Konsumlager in den Prozessen Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und im Privaten Haushalt nehmen um 9 bzw. 7 Prozent zu. Diese Wachstumsraten sind verglichen mit dem gesamten Bundesgebiet (5 %; Döberl et al., 2005) hoch. Es wird angenommen, dass dies mit der unsicheren Datenlage auf Bundesländerebene zusammen hängt.

Die Lagerveränderung auf den Deponien und Halden beträgt ca. 1 %, wobei mehr Eisen auf Halde als auf Deponien gelangt. Aufgrund der sehr gut funktionierenden Verwertung von Eisenschrott werden weniger als 30.000 t Eisen in Restmüll und mineralischen Abfällen deponiert.

In der Abbildung 5-7 ist die zeitliche Entwicklung der Eisenlager in der Steiermark bis zum Jahr 2100 dargestellt. Obwohl die Wachstumsraten für die Konsumlager in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und im Privaten Haushalt vergleichsweise hoch sind, werden diese Daten für die Berechnung der zukünftigen Lager herangezogen.

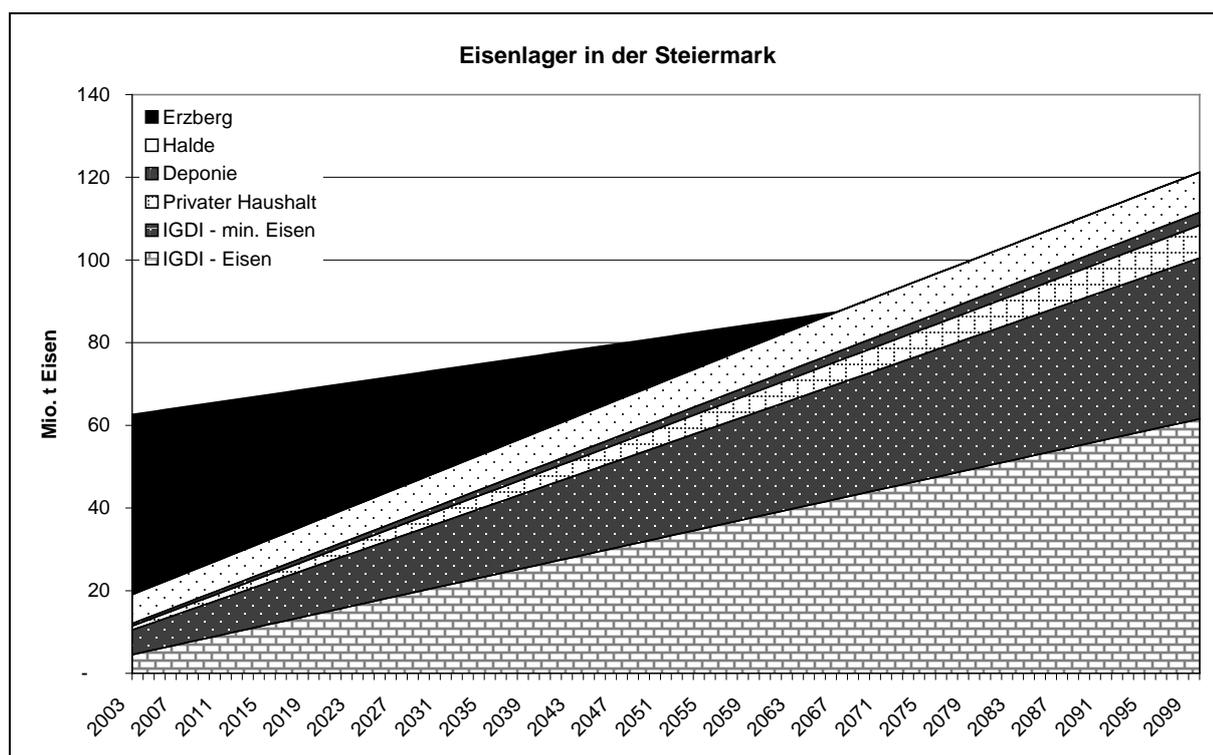


Abbildung 5-7: Veränderung der Lager

Abgesehen vom Eisenlager im Boden (ca. 1 Mrd. t) befindet sich heute das meiste Eisen im Erzberg (70 %). Sofern der Erzabbau bis in die 60er Jahre mit gleich bleibender Intensität betrieben wird, ist dieses Lager dann erschöpft. Aufgrund der historischen Bergbautätigkeit in



der Steiermark stellen die Bergbauhalden heute das bedeutendste anthropogene Eisenlager (7 Mio. t) dar. Ab Mitte dieses Jahrhunderts gibt es aber kein Wachstum mehr.

Bis zum Jahr 2010 ist das mineralische Eisenlager in der Infrastruktur (heute: 6 Mio. t) größer als in den Konsumgütern des Prozesses Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur (heute: 4,5 Mio. t). Bis zum Jahr 2100 wird das mineralische Lager aber nur mehr halb so groß sein wie das Lager an Eisenprodukten.

Das Eisenlager im Privaten Haushalt steigt bis zum Jahr 2100 von 1 Mio. t auf 8 Mio. t an. Das kleinste Eisenlager befindet sich in Deponien. Aufgrund der sehr guten Verwertbarkeit von Eisen wurde auch schon in der Vergangenheit ein großer Anteil des Eisenabfalls als Schrott wieder eingeschmolzen. Da ein kleiner Teil aber immer aus dem Kreislauf ausgeschleust wird beziehungsweise als mineralisches Eisen mit Baurestmassen oder Schlacken deponiert wird, steigt das Eisenlager in den Deponien in den nächsten 100 Jahren von 560.000 t auf 3 Mio. t an.

Mittelfristig wird sich am Eisenhaushalt der Steiermark nichts Wesentliches ändern, sofern die Voest in Donawitz und die drei Edelstahlwerke ihre Kapazitäten in etwa beibehalten. Eine Änderung tritt dann ein, wenn der Erzabbau am Erzberg eingestellt wird. Ab dann wird das Eisenlager in der Steiermark, aufgrund der höheren Eisenerzimporte und der nicht mehr vorhandenen Eisenerzexporte (nach Oberösterreich), zunehmen.

Diskussion der Zielerfüllung

Da Eisen nicht nur ein ubiquitäres Element, sondern auch eines der Hauptbestandteile unserer Erde ist, gibt es im Umweltbereich kaum Grenzwerte für Eisen. Beispielsweise wurde bei den Vorschlagswerten für eine Umweltqualitätsnorm Eisen mit folgender Fußnote belegt: „Als nicht relevant eingestuft im Rahmen des UBA-Projektes „Gefährliche Stoffe in Oberflächengewässern“ bzw. es existiert keine bestehende oder absehbare EU-Berichtspflicht...“. In den Grenzwertvorschlägen des Entwurfes zur Immissionsverordnung ist für Berglandgewässer ein Wert von 0,25 mg/l und für Flachlandgewässer ein Wert von 1,5 mg/l festgehalten (Schindler et al., 2004). Mit Ausnahme des Deponiesickerwassers, in dem mit einer Eisenkonzentration von 6-8 mg/l zu rechnen ist, überschreiten die anderen Abwässer diese Grenzwertvorschläge nicht.

Für Eisen in Klärschlämmen und Böden gibt es keine Einschränkungen.



5.3 Kupfer

In der Abbildung 5-8 ist der Kupferhaushalt der Steiermark dargestellt.

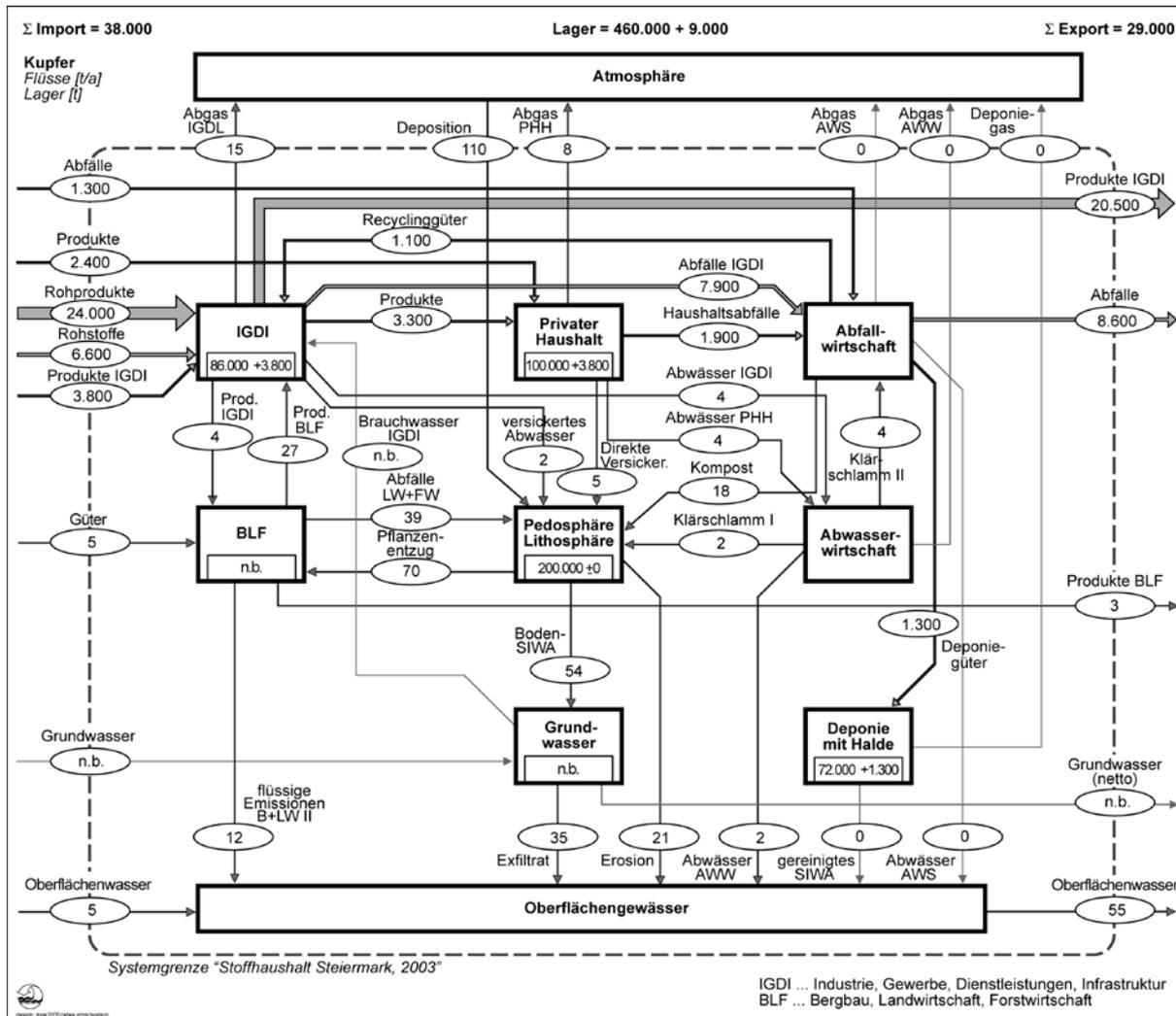


Abbildung 5-8: Systembild "Kupfer" für die Steiermark, 2003

Prozesse und Flüsse, die keine weitere Relevanz besitzen, wurden berechnet, aber in diesem Systembild nicht berücksichtigt.

Güterflüsse und Lager

Die weitaus bedeutendsten Güterflüsse sind die Importe von Rohprodukten und die Exporte von fertigen Produkten. 80 % der Importe werden in Industrie und Gewerbe eingesetzt um aus Rohkupfer bzw. Rohprodukten Fertigprodukte wie zum Beispiel Drähte, Bleche, Fassadenteile, Elektronikbauteile, Maschinen, Fahrzeuge u.v.m. zu produzieren. Trotz des massiven Preisanstieges wird Kupfer weiterhin als elektrischer Leiter in Kabeln, Spulen und Transformatoren verwendet. Zwar geht die Anwendung im Infrastrukturnetz aufgrund der



hohen Kosten stetig zurück (BEWAG, ÖBB), aber in elektrischen Bauteilen und Geräten wächst der Verbrauch weiter stark an.

Der Verbrauch in der Steiermark liegt 2003 bei 10.500 t Kupfer (8,75 kg/EW.a) und liegt somit im Europäischen Durchschnitt.

Das Kupferlager verteilt sich auf 4 maßgebliche Bereiche; die Verteilung sieht wie folgt aus (Tabelle 5-3):

Tabelle 5-3: Kupferlager in der Steiermark

Kupferlager in der Steiermark	Cu in [t]
Industrie, Gewerbe	
Dienstleistung und Infrastruktur	86.000
private Haushalte	100.000
Deponien	72.000
Umweltkompartimente	200.000
Summe Lager	458.000

255 000 t bzw. 215 kg/EW. Kupfer lagern in anthropogenen Lagern, vorwiegend in Immobilien (53 %) und Netzwerken (29 %). In Deponien lagern derzeit rund 27 % des anthropogenen Kupfers.

Importe und Exporte

Eine Import – Export Bilanz (Tabelle 5-4) für Kupfer zeigt einen deutlichen Überhang zugunsten der Importe.

Tabelle 5-4: Kupferimporte und Exporte der Steiermark

Importe	Cu in [t]	Exporte	Cu in [t]
Import Abfälle	1.300	Export Produkte IGDI	20.400
Import Produkte PHh	2.400	Export Abfälle	8.600
Import Rohprodukte	23.900	Export Produkte LW	3
Import Rohstoffe	6.600	Export Grundw assen	n.b.
Import Produkte IGDI	3.800	Export Oberflächenw assen	31
Import Güter LW	5	Abgas IGDI	15
Import Oberflächenw assen	5	Abgas PHH	8
Import Grundw assen	n.b.	Abgas AWS	0
Deposition	100	Abgas AWW	0
Summe Importe	38.100	Deponiegas	0
		Abgas BLF	14
		Summe Exporte	29.100

Insgesamt werden 38 000 t Kupfer in die Steiermark importiert. Die Endprodukte werden zu 75 % exportiert. In der Steiermark werden rund 6.000 t in der Infrastruktur – Netzwerke, Maschinen, Baumaterialien, Fahrzeuge – eingebaut oder finden in privaten Haushalten Verwendung. Der Anteil von Sekundärkupfer an den importierten Mengen liegt im



europäischen Durchschnitt und stammt unter anderem aus der Kupferhütte in Brixlegg, in die auch zu regenerierendes Material geliefert wird.

Veränderung der Lager

In den 4 oben angeführten Lagern der Steiermark ist ein Mehrfaches des jährlichen Bedarfs gespeichert. Die momentane Entwicklung zeigt, dass die Kupferlager trotz der begrenzten Ressourcen und den damit einhergehendem, hohen Rohstoffpreis im Steigen begriffen sind. Die jährlichen Zuwachsraten bewegen sich bei Deponien unter 2 %, beim Lager in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und privaten Haushalten um die 4%.

Tabelle 5-5: Veränderung der Kupferlager

Kupferlager in der Steiermark	Cu in [t]	Veränderung in [t/a]	Veränderung in %
Industrie, Gewerbe Dienstleistung und Infrastruktur	86.000	3.800	4,42%
private Haushalte	100.000	3.800	3,80%
Deponien	72.000	1.300	1,81%
Umweltkompartimente	200.000	50	0,02%
Summe Lagerveränderung	458.000	8.900	1,94%

Zeitliche Entwicklungen

Kupfer ist einer jener Rohstoffe, denen in den letzten Jahren am Weltmarkt ein enormer Preisschub widerfahren ist. So verdreifachte sich der Preis je Pfund (=0,454 kg) von 0,7 \$ 2003 auf 2,11 \$ im Dezember 2005. Analysten rechnen mittelfristig mit sinkenden Preisen, was den Verbrauch ankurbeln könnte. Die jährlichen Zuwachsraten des Kupferverbrauches variieren zwar von Branche zu Branche, in Summe ist mit Werten zwischen 2 % und 4 % zu rechnen.

Ausgehend von einem gleich bleibenden Trend zeigt sich, dass sich die anthropogenen Lager bis zum Jahr 2030 verdoppeln werden.

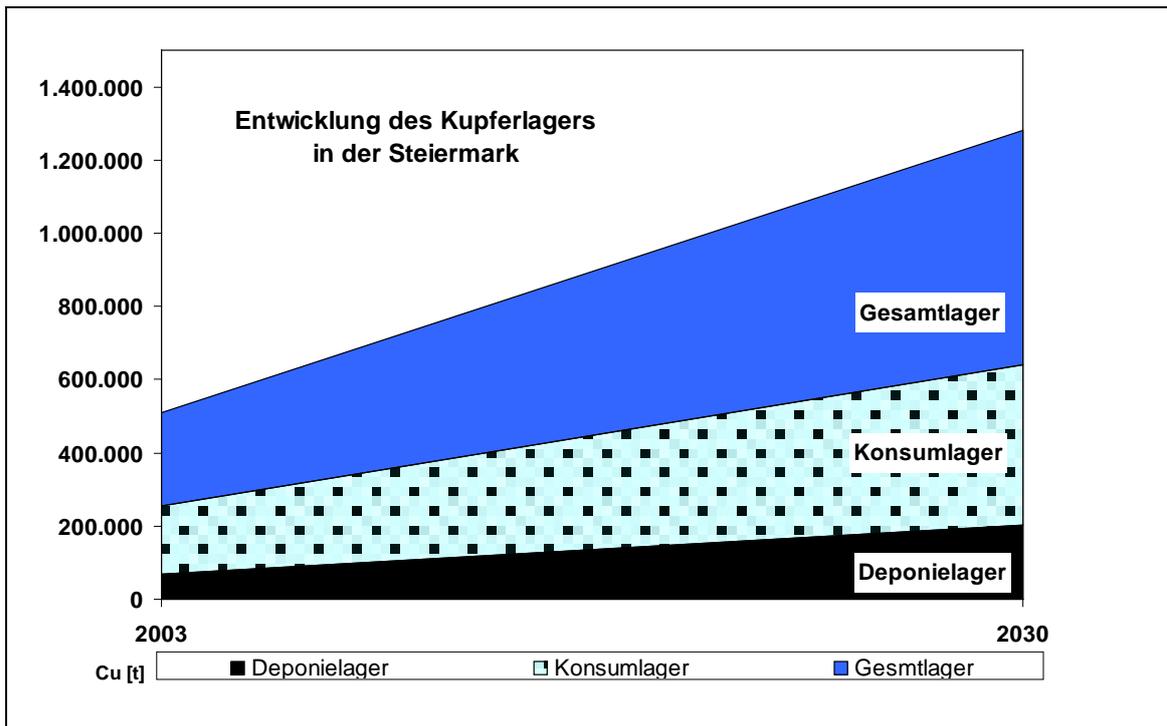


Abbildung 5-9: Entwicklung der Kupferlager

Diskussion der Zielerfüllung

In den Oberflächengewässern ist eine Diskrepanz zwischen den Ergebnissen anhand von Literaturrecherchen (BMLFUW, 2005: 3,6 µg/l) und den aus der Stoffflussanalyse berechneten Einträgen (14 µg/l) festzustellen.

In Anlehnung an den Grundwasserschwellenwert von 60 µg/l (GSwV BGBL. 502/91 i.d.g.F.) liegen diese Werte deutlich auf der sicheren Seite, aber die große Unsicherheiten in den Ergebnissen sind nicht befriedigend. In Anbetracht der diskutierten UQN Vorschläge für Immissionswerte im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie sollten diese Untersuchungsergebnisse eingehender betrachtet werden. (In dem Gutachten (Bursch, 2003) wird der Wert 1,6 µg/l als Umweltqualitätsnorm für Kupfer vorgeschlagen. Dieser Wert ergibt sich nach dem „added risk“-Ansatz aus einer maximal zulässigen Zusatzkonzentration von 1,1 µg/l (CIW, 2000) und der von der LAWA (1998) vorgeschlagenen Hintergrundkonzentration von 0,5 µg/l. In dem Gutachten wurde auch empfohlen, dass die Härteabhängigkeit der Kupfertoxizität berücksichtigt werden sollte).

Vor allem aufgrund der hohen Kupfergehalte im Wirtschaftsdünger ergibt eine Gegenüberstellung der momentanen landwirtschaftlichen Praxis mit der Vision 4 des Landesabfallwirtschaftsplanes, dass bei Umsetzung der Vorgaben zum einen eine deutliche Reduktion der schädlichen Einträge erreicht werden kann; andererseits kann eine weitere, verzögerte Anreicherung im landwirtschaftlichen Boden nicht vermieden werden.

Die Grenzwerte für Klärschlamm liegen derzeit bei 500 mg/kg, in Analysen wurden für Klärschlämme aus der Steiermark Werte zwischen 135 mg/kg und 154 mg/kg ermittelt.



Für die anderweitig genutzten Böden zeigen sich keine Anzeichen einer allgemeinen Anreicherung. Der Grenzwert liegt bei 100 mg/kg, der Durchschnittswert bei diesen Flächen liegt bei 30 mg/kg.

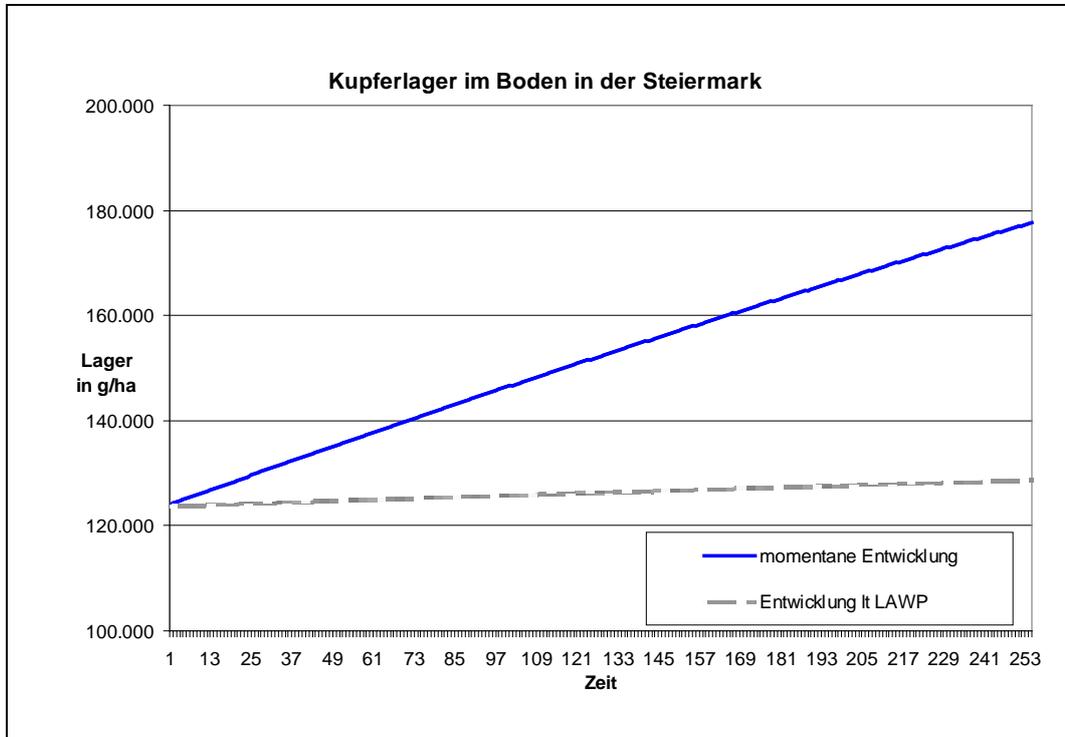


Abbildung 5-10 Kupferlager im landwirtschaftlichen Boden

Bedeutung der Senken

Der Eintrag von Kupfer in die Umwelt ist gering. Sowohl über die Atmosphäre als auch über die Oberflächengewässer wird Kupfer in keiner nennenswerten Menge transportiert. Es konnte in der Steiermark lediglich an 2 Messstellen - Vordernbergbach bei Leoben (194 mg/kg) und Thörlbach bei Kapfenberg (250 mg/kg) eine geringfügige Grenzwertüberschreitung in Flusssedimenten festgestellt werden. In den Sedimenten der steirischen Flüsse lagern nach eigener Berechnung in etwa 700–1000 t Kupfer, die Transport und Umwandlungsprozessen unterliegen.

Die Anreicherung ist im Boden mit jährlich 30 – 50 g/ha als gering anzusehen.

In den Deponien abgelagertes Kupfer erweist sich nur in geringem Umfang als mobil. Es ist zu erwarten, dass nur 20 % in den nächsten 10 000 Jahren aus dem Deponiekörper gelöst werden.



5.4 Zink

Das Systembild Abbildung 5-11 zeigt alle maßgeblichen Zinkflüsse und Prozesse in der Steiermark für das Bezugsjahr 2003.

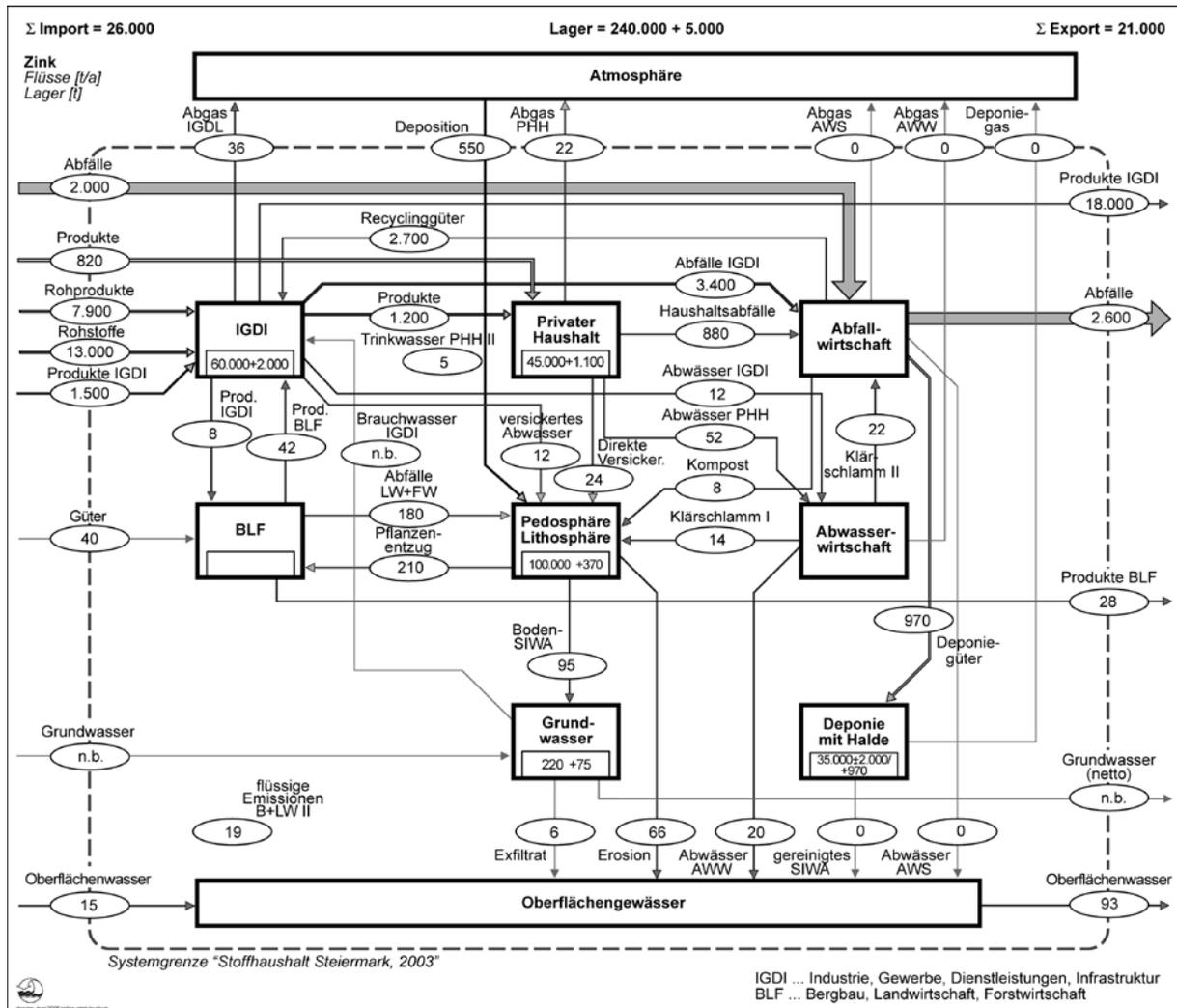


Abbildung 5-11: Systembild "Zink" für die Steiermark im Jahr 2003

Güterflüsse und Lager

Die größten Flüsse ergeben sich im Import von Rohstoffen und Rohprodukten sowie im Export von fertigen Produkten. Die Verwendung von Zink als Korrosionsschutz und Legierungsbestandteil hat sich in den letzten Jahren nicht wesentlich geändert. Da die Recyclingrate heute größer ist, haben die Flüsse Import und Export von Abfällen sowie Recyclinggüter an Bedeutung zugenommen. Etwa 8 % des verarbeitenden Zinks stammt aus Sekundärmaterialien.



Die Verwendung von Zink als Korrosionsschutzbeschichtung ist nach wie vor die wichtigste Anwendung. Die in der Steiermark verbrauchte Menge Zink, 7.500 t/a (6,25 kg/EW.a), entspricht dem Westeuropäischen Durchschnitt.

Tabelle 5-6: Aufstellung der unterschiedlichen Zinklager

Zinklager in der Steiermark	Zn in [t]
Industrie, Gewerbe	
Dienstleistung und Infrastruktur	60.000
private Haushalte	45.000
Deponien	35.000
Umweltkompartimente	100.000
Summe Lager	240.000

Importe und Exporte

Die Differenz zwischen Importen und Exporten zeigt eine deutliche Zunahme der Zinklager in der Steiermark.

Tabelle 5-7: Zinkimporte und Exporte in der Steiermark 2003

Importe	Zn in [t]
Import Abfälle	2.000
Import Produkte PHH	800
Import Rohprodukte	7.900
Import Rohstoffe	12.900
Import Produkte IGDI	1.500
Import Güter LW	40
Import Oberflächenwasser	15
Import Grundwasser	n.b
Deposition	600
Summe Importe	25.800

Exporte	Zn in [t]
Export Produkte IGDI	18.400
Export Abfälle	2.600
Export Produkte LW	28
Export Grundwasser	n.b
Export Oberflächenwasser	93
Abgas IGDI	36
Abgas PHH	22
Abgas AWS	0
Abgas AWW	n.b.
Deponiegas	0
Summe Exporte	21.200

Bei Zink konzentrieren sich die Importe auf Güter die in der Industrie und in der Produktion Verwendung finden, sowohl als Rohstoff als auch als Rohprodukte zur weiteren Verarbeitung. Es wurden rund 26.000 t/a (20,8 kg/EW.a) Zink in die Steiermark importiert, davon 80 % für die Verzinkung von Gütern wie Blechen, Eisen, Maschinenteilen, Drähten etc. Da die Steiermark große exportorientierte Industriebetriebe beheimatet, wurde ein Großteil des Zinks mit Stahlprodukten wieder exportiert.

Veränderung der Lager

In den vier beschriebene Lagern wird Zink akkumuliert: In den anthropogenen Lagern wächst der Bestand an Zink um 2,3 bis 3,3 % pro Jahr. Hauptsächlich ist das auf Zinkprodukte im Bauwesen und Fahrzeuge (Oberflächenschutz) zurückzuführen. Das größte anthropogene Lager ist im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen und Infrastruktur angesiedelt,



gefolgt von privaten Haushalten und Deponien. Allerdings wurde ein erheblicher Teil der Lager nur anhand vergleichender Studien abgeschätzt.

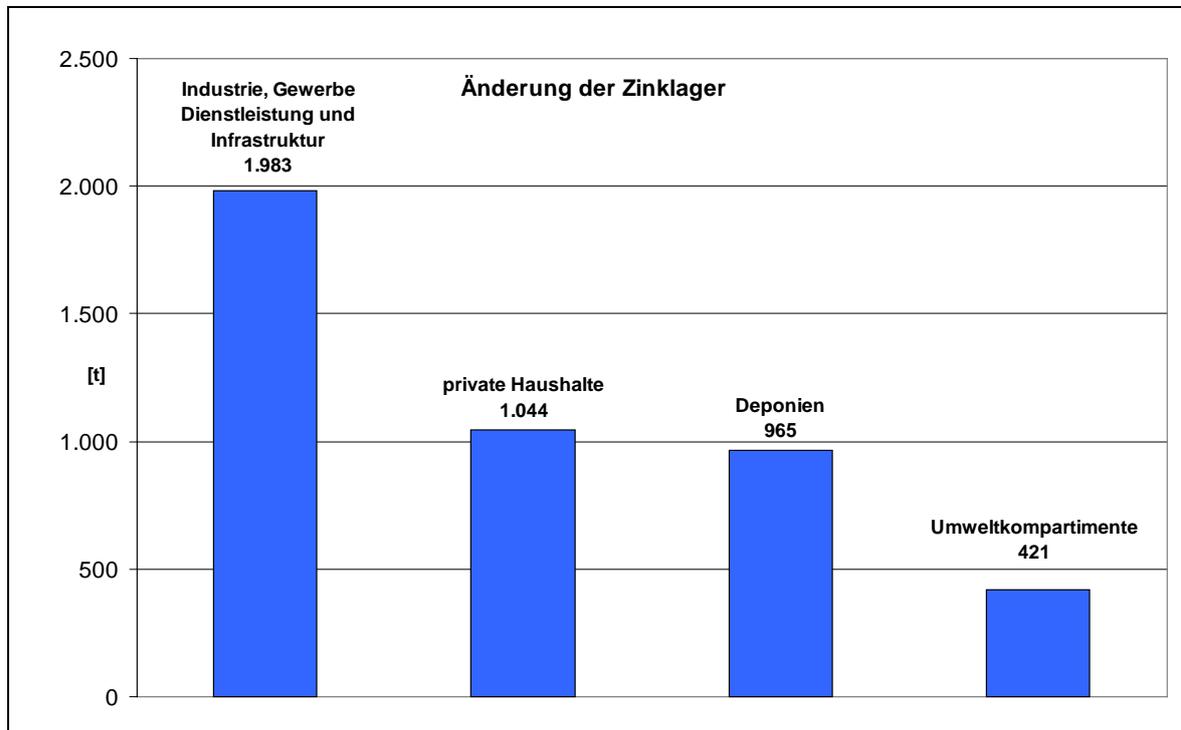


Abbildung 5-12: Änderung der Zinklager in der Steiermark 2003

Zeitliche Entwicklungen

Die Lager wachsen stetig an: In den nächsten 100 Jahren ist bei konstanten Wirtschaftswachstumsraten von 1% eine Verdreifachung zu erwarten. Der derzeitige Konsum würde innerhalb von 35 Jahren zu einer Verdopplung des Zinkbestands führen. Da Zink in der metallverarbeitenden Industrie weiterhin eine große Rolle als Korrosionsschutz spielen wird, ist mit einer Fortsetzung des heutigen Trends zu rechnen. Zink geht zum Teil durch Korrosion und Verwitterung bei der Nutzung der verzinkten Güter in die Umwelt verloren. Es wird deshalb nur unvollständig mit dem Schrott zurück gewonnen.

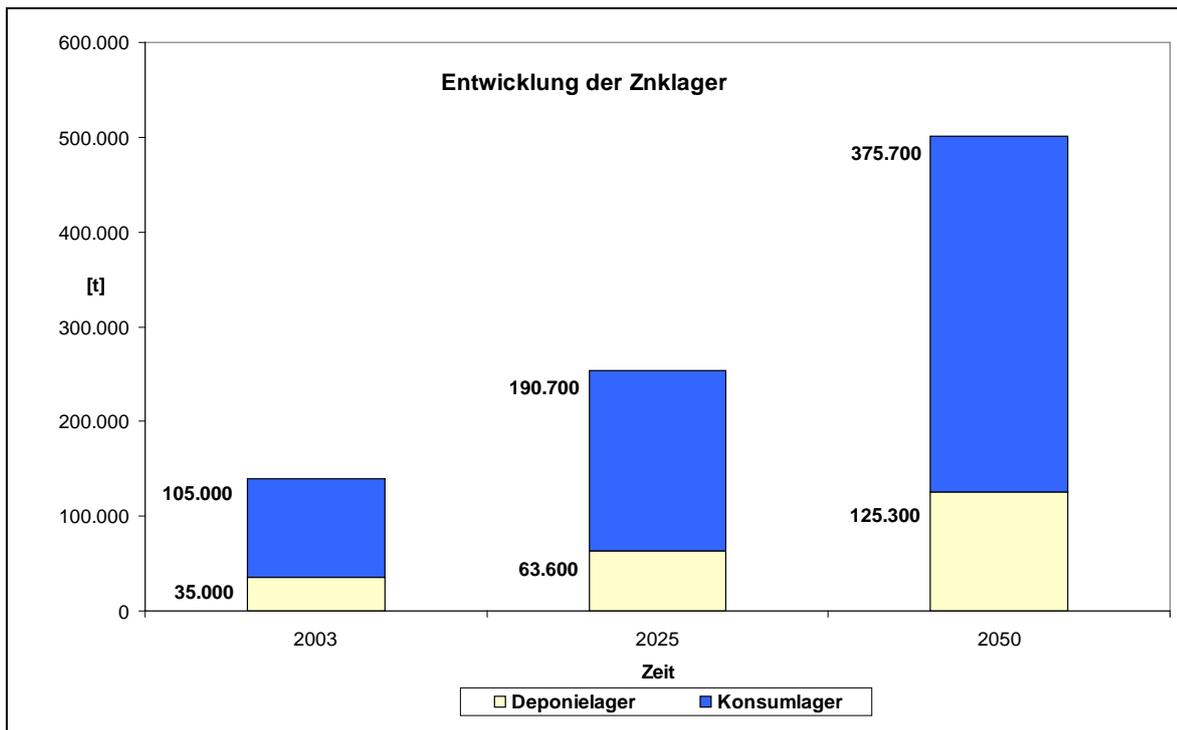


Abbildung 5-13: Entwicklung im Zinklager in der Steiermark

Diskussion der Zielerfüllung

Die Vision 4 des Abfallwirtschaftsplanes fordert eine Reduktion der schädlichen Einträge in landwirtschaftlich genutzte Böden um 60 % bezogen auf das Jahr 1990. Berechnungen nach Lampert (2001) zeigen, dass dieser Wert bei der momentanen Entwicklung nicht eingehalten werden kann und eine Anreicherung in den Böden stattfindet.

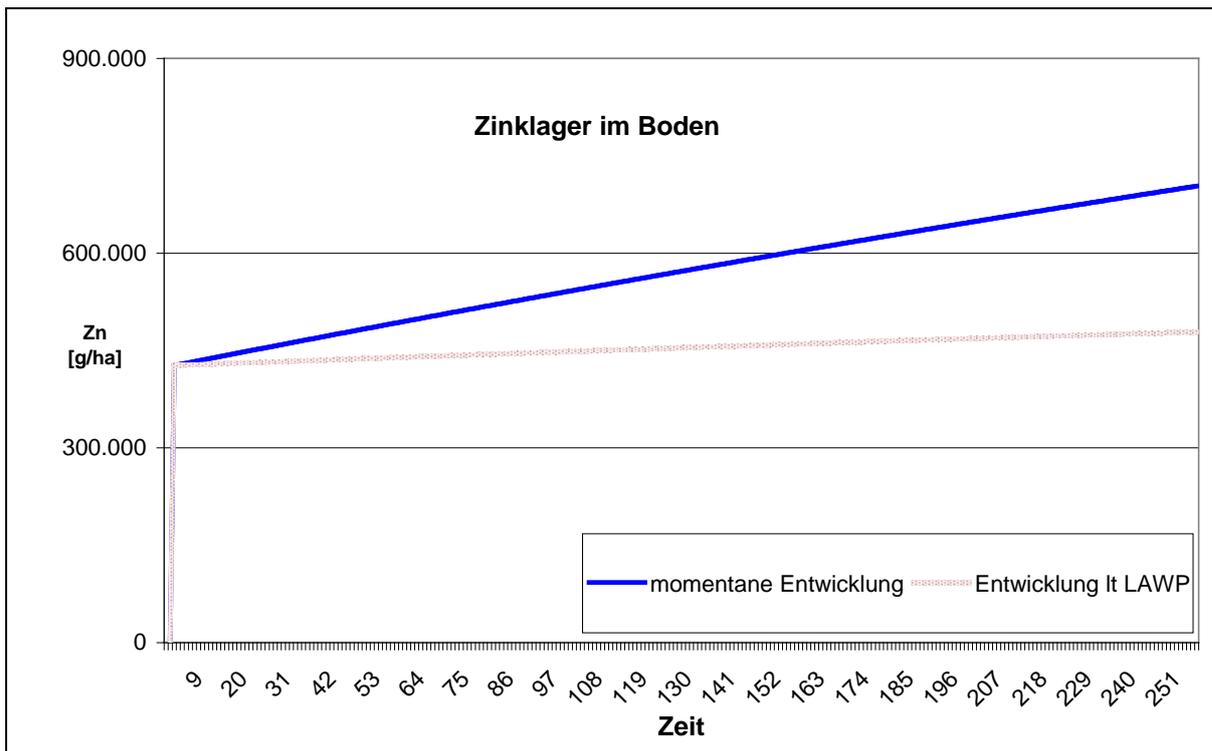


Abbildung 5-14: Entwicklung der Zinkgehalte in landwirtschaftlichen Böden

Im Vergleich mit den derzeit gültigen Grenzwerten im Boden und Grundwasser zeigt sich, dass Zink keine Gefahr für diese Umweltkompartimente darstellt. Der Zinkgehalt im Klärschlamm liegt mit 800 mg/kg deutlich unter den geforderten 2.000 mg/kg.

Auch im Boden ist man derzeit vom maximal erlaubten Zinkgehalt von 300 mg/kg entfernt. Allerdings ist zu beachten dass es lokal aufgrund von Oberflächenabschwemmungen zu einem erhöhten Eintrag kommen kann.

Bedeutung der Senken

In den Flüssen ist auf ihrem Weg durch die Steiermark wegen Erosion und Abschwemmungen mit einer Erhöhung des Zinkgehaltes zu rechnen. Allerdings sind die vorhandenen Daten aus der Literatur mit größeren Unsicherheiten behaftet; es bedarf einer genaueren Untersuchung zur Bestätigung.

Die nasse und trockene Deposition verursacht ebenfalls eine deutliche Zunahme im Boden. Diese Zinkbelastung kann in Ballungsräumen überdurchschnittlich hohe Werte erreichen. Die Herkunft der Zinkfrachten ist zum Großteil diffus, als Verursacher werden Verkehr, Bremsabrieb und Verbrennungsprozesse genannt. Die Verteilung der Deposition auf dem Gebiet der Steiermark variiert stark und lässt keine präzisen Schlussfolgerungen zu.



Die Deponie selber ist für Zink wohl eine Senke, aber keine letzte Senke, da aufgrund der chemisch mineralogischen Umwandlungsprozesse Zink über eine längere Zeitspanne (> 10.000 Jahre) aus der Deponie emittiert wird. (Döberl et al., 2001)

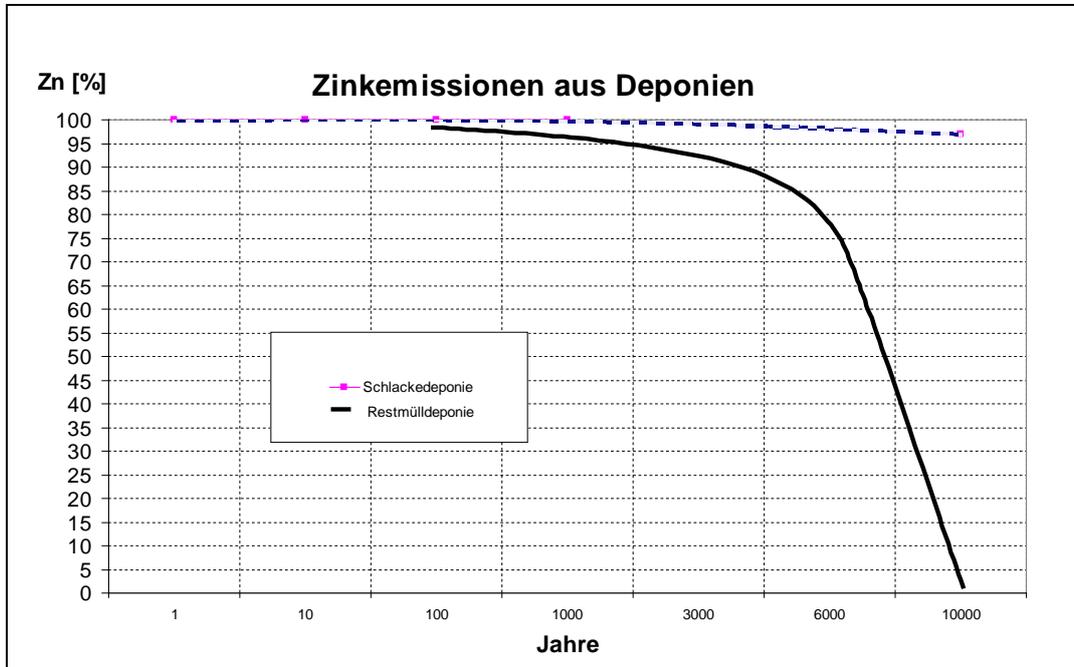


Abbildung 5-15: langfristige Zinkmissionen aus Deponien



5.5 Cadmium

Die folgende Abbildung zeigt die Cadmiumflüsse und -lager in der Steiermark. Prozesse ohne Relevanz werden in der Darstellung zu Gunsten einer besseren Übersicht nicht dargestellt, fanden in den Berechnungen sehr wohl Eingang.

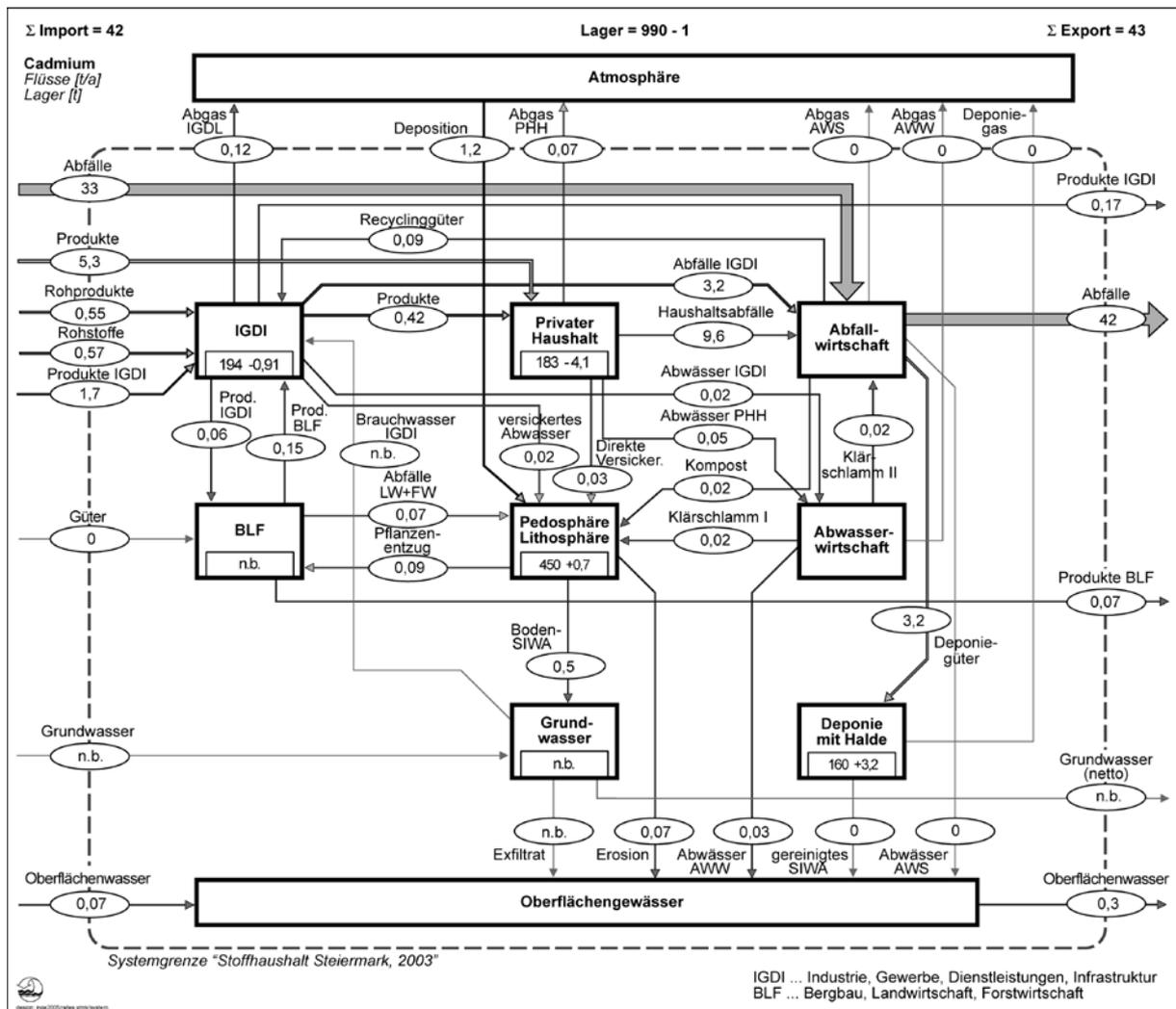


Abbildung 5-16: Cadmiumflüsse in der Steiermark 2003

Güterflüsse und Lager

Die wichtigsten anthropogenen Cadmiumflüsse sind der Import von in Österreich gesammelten Ni-Cd Sekundärbatterien, die in Unterpremstetten aufbereitet und danach exportiert werden. Weiters sind die Importe von Akkumulatoren und Elektronikwaren in die Prozesse Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und Privater Haushalt von Bedeutung. Aufgrund dieser Gebrauchsgegenstände resultiert ein großer Fluss von Cadmium in die Abfallwirtschaft und von dort weiter in die Deponie beziehungsweise in den Export.



Cadmium wurde bis in die 70er Jahre als Korrosionsschutz für Oberflächen verwendet, später wurden Cadmiumverbindungen in Kunststoffen als Farbpigmente und Stabilisatoren eingesetzt. Heutzutage kommt Cadmium vorwiegend in Nickel-Cadmium Akkumulatoren zur Anwendung.

Der Cadmiumfluss durch die Steiermark entspricht dem durch andere Regionen in der EU und auch durch Österreich. (8 g/EW.a). Eine Ausnahme bilden die in ganz Österreich gesammelten NiCd-Akkumulatoren, die in der Steiermark aufbereitet werden.

Der Lagerbestand an Cadmium in der Steiermark verteilt sich auf folgende Bereiche:

Tabelle 5-8: Cadmiumlager in der Steiermark

Cadmiumlager in der Steiermark	Cd in [t]
Industrie, Gewerbe	
Dienstleistung und Infrastruktur	194
private Haushalte	183
Deponien	160
Umweltkompartimente	450
Summe Lager	987

Lauber (1994) gibt einen Lagerbestand für ganz Österreich von 3.000 t (400 g/EW) an. Dieser Wert stimmt mit den ermittelten Werten überein. Das weltweite Lager beträgt 500 000 t. Unter der Berücksichtigung, dass sich dieses auf nur 1/5 der Weltbevölkerung verteilt, ergibt sich ein weltweites Pro-Kopf-Lager von rund 400 g/EW. Somit ist ein Lagerbestand für die Steiermark von ca. 540 t bzw. 450 g/EW realistisch.

Importe und Exporte

Stellt man die Importe den Exporten gegenüber, sieht man, dass etwas mehr Cadmium die Steiermark verlässt als importiert wird. Die Differenz ist allerdings statistisch nicht signifikant.

Tabelle 5-9: Cadmium Importe und Exporte der Steiermark

Importe	Cd in [t]
Import Abfälle	32,90
Import Produkte PHh	5,24
Import Rohprodukte	0,55
Import Rohstoffe	0,57
Import Produkte IGDI	1,68
Import Güter LW	0,00
Import Oberflächenwasser	0,07
Import Grundwasser	n.b
Deposition	1,20
Summe Importe	42,21

Exporte	Cd in [t]
Export Produkte IGDI	0,17
Export Abfälle	42,38
Export Produkte LW	0,07
Export Grundwasser	n.b
Export Oberflächenwasser	0,30
Abgas IGDI	0,12
Abgas PHH	0,07
Abgas AWS	0,00
Abgas AWW	0,00
Deponiegas	0,00
Summe Exporte	43,11



Veränderung der Lager

In der Steiermark wurden für Cadmium vier verschiedene Lager ermittelt. Das gesamte Lager umfasst ca. 1.000 t wovon sich 540 t in den anthropogenen Lagern Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur und Privater Haushalt und Deponien befinden.

Das gesamte Cadmiumlager reduziert sich um etwa 1 t pro Jahr. Während diese Abnahme im Prozess Privater Haushalt mit ca. 4 t jährlich recht deutlich ist, beträgt sie im Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur ca. 1 t. allerdings kommt es auch zu einer Anreicherung in Bereich der Deponien um 3,2 t und in der Umwelt um etwa 0,7 t.

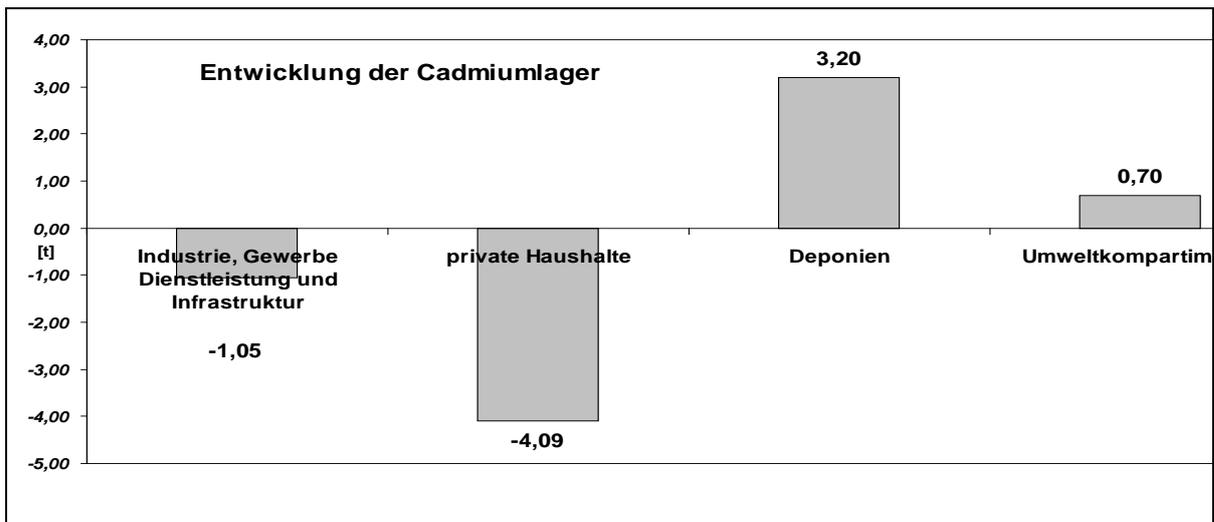


Abbildung 5-17: Lagerveränderungen in der Steiermark 2003

Zeitliche Entwicklungen

Die Entwicklung in Europa zielt auf eine Substitution von Cadmium in vielen Bereichen ab, was zu einer weiteren Reduktion des Cadmiumverbrauches führen wird. Das bereits im Bestand der Privathaushalte und der Industrie und Infrastruktur vorhandene Cadmium gelangt über die Sammlung in den Prozess Abfallwirtschaft und schlussendlich auf Deponien.

Man erkennt eine Verlagerung des Cadmiumbestandes weg vom Cadmiumlager im Privaten Haushalt und Industrie, Gewerbe, Dienstleistung, Infrastruktur hin zum Deponielager. Die jährliche Zunahme im Lager Deponie beträgt 3,2 t und wird in den nächsten 20 noch Jahren leicht ansteigen. Ab dann werden die zu deponierenden Cadmiummengen abnehmen. Diese Vermutung beruht auf der Annahme, dass seit dem Inkrafttreten des Cadmiumverbots langlebige Güter, die vor 1993 in den Verkehr gebracht wurden, in den nächsten Jahrzehnten das Ende ihrer Lebenszeit erreicht haben werden.

Diesem Effekt wurde mit geschätzten 2 % jährliche Veränderung der cadmiumhaltigen Abfallmengen Rechnung getragen. Allerdings ist davon auszugehen, dass in den nächsten 10



Jahren diese Änderung höher ausfallen wird, da viele cadmiumhaltige Kunststoffprodukte und Elektroaltgeräte das Ende ihrer Lebenszeit von 7 – 10 Jahren erreichen werden. In den darauf folgenden 10 Jahren wird diese Änderung kontinuierlich abnehmen, da im Lager diese Produkte kaum mehr vorhanden sein werden.

Speziell für NiCd-Akkus wurde angenommen, dass bis dahin auch kommende Maßnahmen der EU zur Substitution von Cadmium greifen werden. Somit wird die Abnahme des Konsumlagers nicht linear verlaufen. Entsprechend dazu wird sich das Deponielager entwickeln. Aufgrund der vorliegenden Resultate und beschriebenen Annahmen ergibt sich folgendes Szenario für die nächsten 100 Jahre.

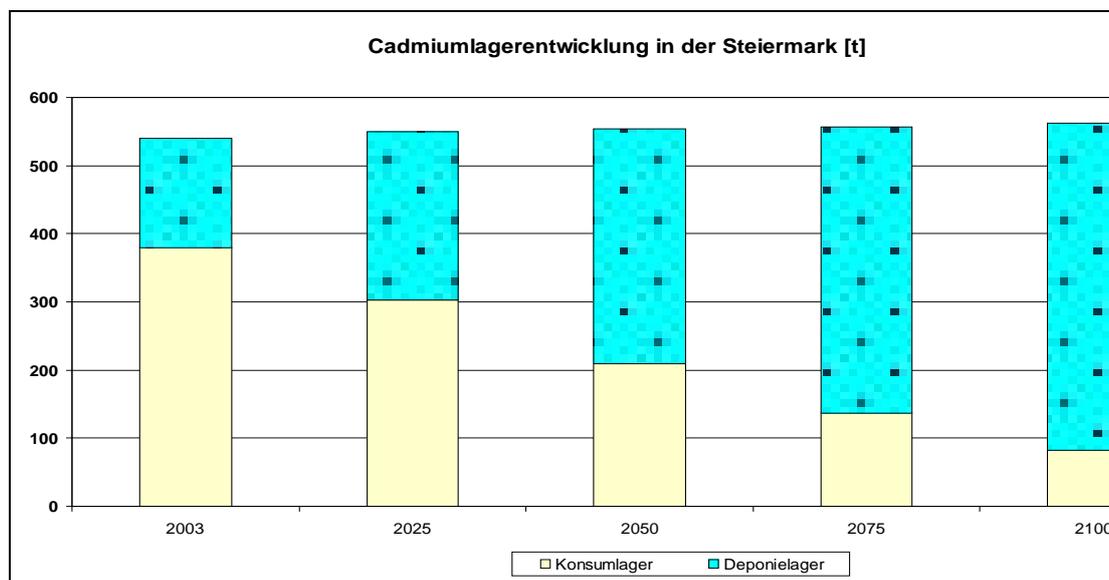


Abbildung 5-18: Entwicklung der Cadmiumlager der Steiermark

Diskussion der Zielerfüllung

Der Grenzwert für den in der Landwirtschaft eingesetzten Klärschlamm (Grenzwert: 10 mg/kg) wird eingehalten. Die landwirtschaftlich genutzten Böden weisen im Durchschnitt Cd-Gehalte weit unter dem Bodengrenzwert von 2 mg/kg) auf. Allerdings zeigen Untersuchungen dass es im Bereich der nördlichen Steiermark auf alpinen Almen zu erhöhten Bodenwerten kommt.

Ein Vergleich der derzeitigen Situation der Düngepraxis in der Landwirtschaft mit den Visionen des Landesabfallwirtschaftsplanes (Vision 4 – Reduktion des jährlichen Schadstoffeintrages auf landwirtschaftlich genutzt Flächen um 60 % bezogen auf 1990) zeigt, dass bei Erreichen dieses Zieles dennoch eine – wenn auch abgeschwächte - Anreicherung von Cadmium im Boden stattfindet.

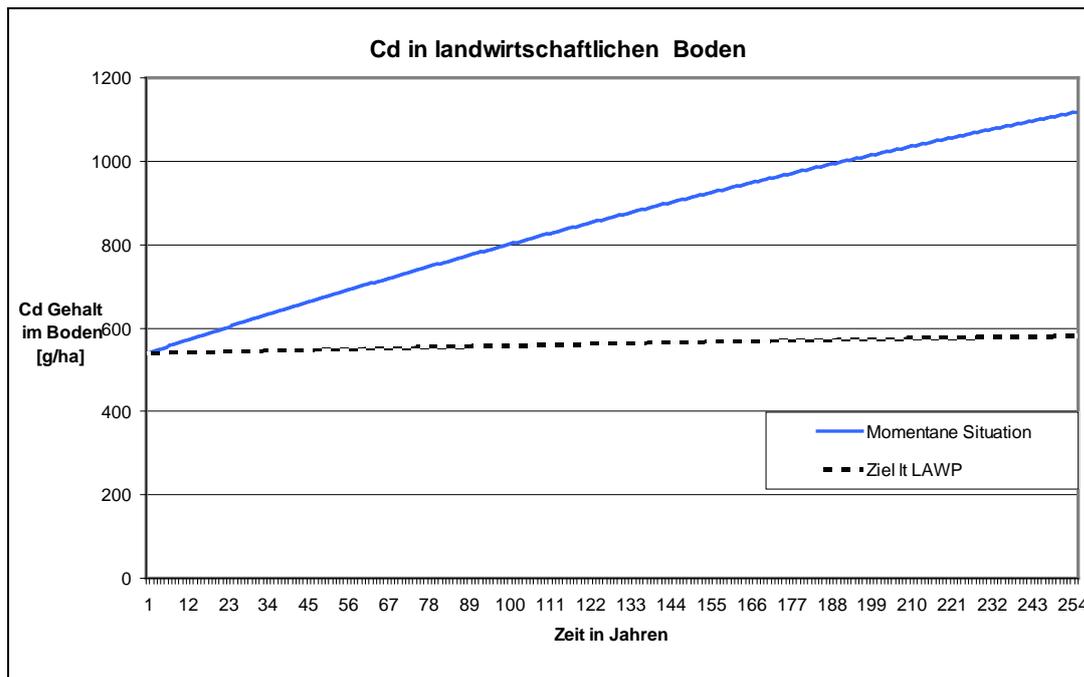


Abbildung 5-19: Entwicklung der Cadmiumgehalte in Boden

In Oberflächengewässern werden die Grenzwerte ebenso eingehalten wie im Grundwasser. Die anthropogenen Einträge deuten auf keine Zunahme der Konzentrationen hin.

Bedeutung der Senken

In der **Hydrosphäre** (Grundwasser, Oberflächenwasser) spielt Cadmium keine Rolle. Für die Flusssedimente gelten nahezu die gleichen Werte wie für die Pedosphäre. In den untersuchten Grundwässern konnte 2003 Cadmium nur bei einer Messung nachgewiesen werden.

Über den Verkehr und Verbrennungsprozesse gelangt Cadmium in die **Atmosphäre** und wird über die nasse und trockene Deposition in die Pedosphäre eingebracht. (0,73 g/ha). Allerdings findet in der Atmosphäre ein erheblicher Transport statt und die Deposition übersteigt die Emissionen wesentlich.

Der mittlere **Bodengehalt** wird in der Literatur mit 0,29 mg/kg angegeben. Der Grenzwert (2 mg/kg) wird bei allen Messungen eingehalten. Betrachtet man die landwirtschaftlich genutzten Böden ist eine Anreicherung im Boden zu bemerken, die aber erst sehr langfristig in die Nähe der Bodengrenzwerte führt.

Für die **Deponien** ergibt sich, dass aufgrund der Deponieverordnung in Zukunft nur mehr reaktionsträge cadmiumhaltige Materialien abgelagert werden und diese langfristig im Deponiekörper verweilen. Erst im Verlauf tausender Jahre wird Cadmium aus den Deponien



emittieren. Döberl et al (2000) zeigen, dass die Auswaschung von Cadmium aus Deponiekörpern verzögert wird wenn das Material thermisch behandelt wurde.

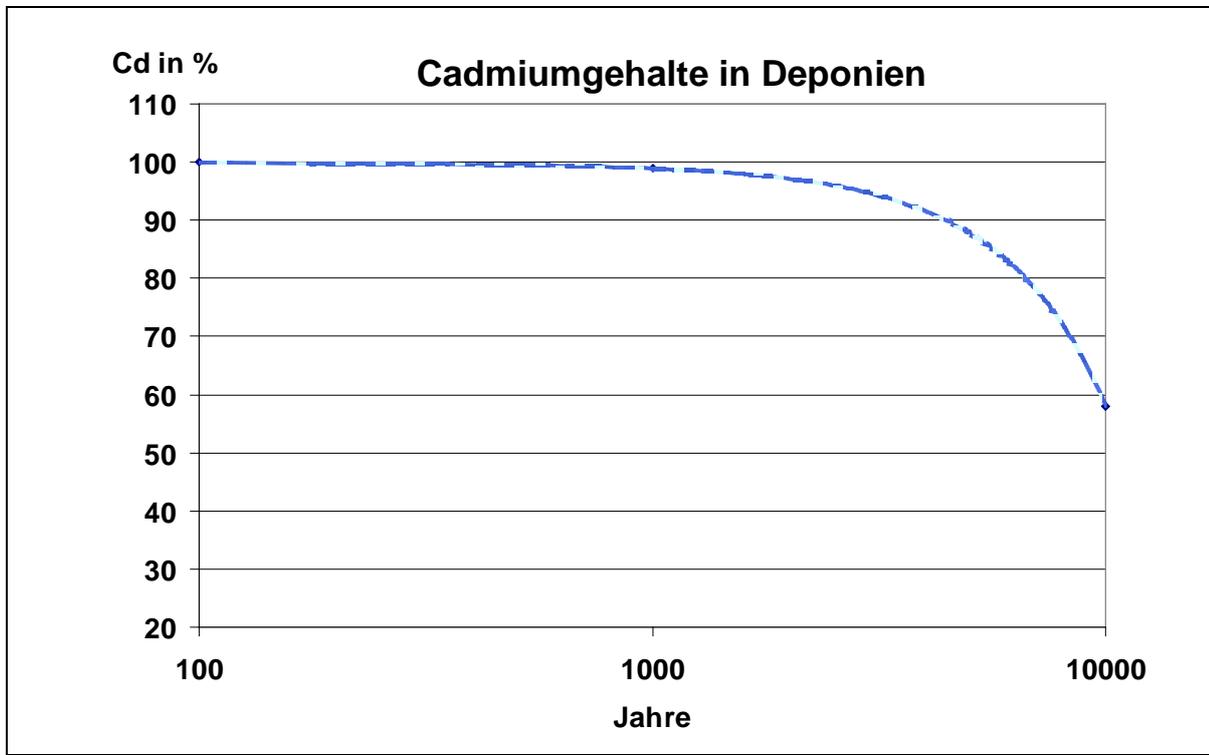


Abbildung 5-20: Emissionsverhalten in Deponien



6 Förderbänder und letzte Senken

6.1 Förderbänder

Prinzipiell bestehen drei „Förderbänder“ für Stoffflüsse in einer Region: i. die umweltbezogenen Förderbänder Wasser (1) und Luft (2) und ii. die vom Menschen geschaffenen Güterströme über Importe/Verarbeitung/Konsum/Exporte (3). Die Resultate in Kapitel 5 zeigen, dass je nach Stoff die natürlichen oder die anthropogenen Flüsse dominieren: Für die untersuchten Metalle Eisen, Kupfer, Zink und Cadmium übersteigt der anthropogene Stofffluss den natürlichen bei weitem. Für den essentiellen Nährstoff Stickstoff ist, betrachtet man die Atmosphäre als Bestandteil des Systems „Steiermark“, der natürliche Fluss über die Atmosphäre bestimmend. Bei den Metallen werden nur geringe Stoffmengen über die Gewässer transportiert. Im Gegensatz dazu ist wiederum für Stickstoff der Wassertransport nicht zu vernachlässigen. Diese Beispiele zeigen, wie die chemisch physikalischen Eigenschaften und die anthropogene Nutzung der Elemente über die Stoffverteilung und den Stofftransport bestimmen.

Importe in die Steiermark

Die bedeutendsten Importe in die Steiermark bestehen bei allen Stoffen aus klassischen Handelsgütern wie Rohstoffen, Zwischenprodukten, land- und forstwirtschaftlichen Produkten, Konsumgütern und auch Abfällen. Für Stickstoff sind auch die atmosphärische Deposition und die Stickstoff-Fixierung wichtig: diese Stoffflüsse, die mehrheitlich forst- und landwirtschaftlich bedingt sind, machen mehr als 40 % des Imports aus.

Typisch für die Steiermark als Industriestandort ist die Art der importierten Metalle (Rohstoffe, Rohprodukte, Produkte): Ein großer Anteil an Zink wird als Rohstoff importiert; auch bei Eisen, Kupfer und Cadmium ist der Rohstoffimport wichtig; allerdings überwiegen hier die Rohprodukte. Der Anteil an Metallen in importierten Abfällen ist erstaunlich groß: 80 % des importierten Cadmiums sind Abfälle (Ni-Cd Akkumulatoren); der Zinkimport erfolgt zu 14 % über Abfälle und beim Kupfer zu 4 %. Nur 10-20 % der Metalle werden als Konsumgüter für private Haushaltungen und Industrie/Gewerbe/Dienstleistung/Infrastruktur importiert. Die Steiermark kann aus stofflicher Sicht als typische industriell-gewerbliche Region bezeichnet werden; sie unterscheidet sich diesbezüglich deutlich von einer reinen Dienstleistungsregion. Eine Konsequenz daraus ist, dass Stoffflüsse und Emissionen aus den Prozessen IGD wichtig sind und, im Unterschied zu einer Dienstleistungsregion, mit erster Priorität kontrolliert werden müssen.

Exporte aus der Steiermark

Bei den Exporten sieht das Bild ähnlich aus wie bei den Importen: Auch hier bestehen die wichtigsten Stoffflüsse aus Produkten und Abfällen. Mehr als 99% des exportierten Zinks, Eisens, Kupfers und Cadmiums werden als Handelsgüter ausgeführt. Einzig beim Stickstoff spielt der Export über Wasser und Luft eine wichtige Rolle, verlassen doch rund 80 % des exportierten Stickstoffs die Steiermark über Atmosphäre (65 %) und Gewässer (15%).



Maßgeblich ist auch der Export von Abfällen, ganz besonders bei Cadmium, in geringerem Maße auch bei Kupfer und Zink.

Förderbänder zu den „Lagern“

Die maßgeblichen Flüsse in IGD I und PHH sind jene aus den Importen von Rohstoffen und Rohprodukten in die Steiermark. Dies betrifft in Ermangelung eigener Lagerstätten die Metalle Kupfer, Zink und Cadmium. Für Stickstoff und Eisen sind demgegenüber auch die Flüsse aus der steirischen Land- und Forstwirtschaft bzw. dem Bergbau relevant.

Bedeutende Mengen werden über atmosphärische Deposition in das Bodenlager eingetragen, eine Ausnahme bildet hier das Eisen, für welches diese Immissionen absolut gesehen gering sind. Betrachtet man die Summe aller Flüsse in das Bodenlager, zeigt sich jedoch ein anderes Bild. Während vor allem Cadmium, Kupfer und Zink hauptsächlich aus der Luft in die Böden gelangen, stammt der Eiseneintrag zu einem Drittel aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm. Die Lageränderungen sind für Eisen allerdings in Bezug auf die gesamte im Boden vorhandene Menge vernachlässigbar. Dies trifft auch auf Stickstoff (bei dem langfristig eine ausgeglichene Bodenbilanz angenommen wird) sowie Kupfer zu.

Hinsichtlich der Flüsse in Deponien zeigt sich deutlich der Unterschied zwischen Stoffen mit hoher Recyclingrate wie Eisen oder Zink und solchen, die in nicht wieder verwertbaren Gütern enthalten sind. Ein solcher ist Cadmium, das nahezu zur Gänze aus dem Konsum in die Abfallwirtschaft bzw. in das Deponielager gelangt.

Förderbänder aus den „Lagern“

Die bedeutendsten Flüsse aus den privaten Haushalten stellen jene in die Abfallwirtschaft dar. Eine Ausnahme bildet der Stickstoff, da die Mengen in gasförmigen Emissionen und kommunalen Abwässern etwa das Vierfache bzw. Doppelte jener in Haushaltsabfällen betragen.

Austräge aus dem Bodenlager erfolgen in erster Linie über Sickerwasser und Bodenerosion und damit in weiterer Folge in die Gewässer. Im Falle des Stickstoffs sind die Emissionen in die Atmosphäre rund doppelt so groß und damit mengenmäßig von größerer Bedeutung. Zwar sind die größten Mengen in Erntegütern enthalten, diese gelangen jedoch (mit Ausnahme des Eisens) zu einem erheblichen Teil in Ernterückständen und Wirtschaftsdünger wieder in den Boden.

Förderbänder zu den Senken

Die naturbezogenen Förderbänder Wasser und Luft sind hauptverantwortlich für die Stoffflüsse in die Senke „Boden“. Anthropogene Einträge (Klärschlamm, Kompost, Oberflächenabschwemmung von versiegelten Flächen) liegen mit Ausnahme jener aus der Landwirtschaft im Durchschnitt eine Größenordnung darunter.

Die Senke „Deponie mit Halde“ wird durch die abfallwirtschaftlichen Flüsse aus Konsum bzw. Industrie und Gewerbe gefüllt. Eine Ausnahme bildet das Eisen, für das der größte Anteil als Abraummateriale auf Halden gelangt.



Luft und Wasser als Förderbänder in die Atmosphäre bzw. Gewässer sind nur für Stickstoff relevant, für die betrachteten Metalle beträgt der Anteil dieser Flüsse wenige Zehntel bis rund 1 % der gesamten in die Steiermark importierten Mengen.

6.2 Senken

Als Senken, d.h. Kompartimente in der Umwelt mit einer gewissen Kapazität, Stoffe aufzunehmen, stehen Wasser, Boden, Luft und Deponien zur Verfügung. Senken sind von den „letzten Senken“ zu unterscheiden. Letztere zeichnen sich dadurch aus, dass Stoffe in ihnen Aufenthaltszeiten von 10.000 und mehr Jahren aufweisen, d.h. immobil bleiben und nicht weiter in Wasser, Boden und Luft dissipiert werden. „Letzte Senken“ stellen beispielsweise Meeressedimente und Untertagedeponien (ehemalige Salzbergwerke) dar (Döberl & Brunner 2001).

Atmosphäre und **Hydrosphäre** sind für Stickstoff die maßgeblichen Senken, welche in Summe rund 80 % der exportierten Fracht aufnehmen. Für die betrachteten Metalle ist die Bedeutung dieser beiden Umweltkompartimente als Senken gering, sie werden nur zu einem kleinen Anteil über Luft und Wasser transportiert. Die Exportflüsse in die Senke Atmosphäre sind allerdings für alle Stoffe mit Ausnahme des Stickstoffs geringer als die Deposition aus der Luft.

Der **Boden** als natürliche Senke innerhalb des Systems ist eng mit Atmosphäre und Hydrosphäre verknüpft. Einerseits entstammen die maßgeblichen Inputflüsse aus atmosphärischer Deposition, andererseits ist er die Haupteintragsquelle für die Oberflächengewässer. Eine Anreicherung im Boden ist für die Schwermetalle Kupfer, Zink und Cadmium, wenn auch in geringem Maße, feststellbar (vgl. Kapitel 7.2). Für Stickstoff wird langfristig eine ausgeglichene Bodenbilanz angenommen.

Deponien und **Halden** sind angesichts der in diesen Prozess gelangenden Stofffrachten die wichtigsten Senken innerhalb des Systems Steiermark. Die Emissionen in Gewässer und Luft können als gering angesehen werden, allerdings beinhalten die Deponien große Stofflager, die auch weiterhin anwachsen. So verringerte sich in den Jahren 1997 bis 2003 die noch freie Kapazität der steirischen Restmülldeponien um rund 50 % (L-AWPL, 2005).

6.3 Letzte Senken

Als letzte Senken sind Orte in der Hydro-, Pedo-, Litho- oder Atmosphäre anzusehen, in welchen die Aufenthaltszeit eines Stoffes mehr als 10.000 Jahre beträgt. Für Metalle stellen Meeressedimente eine solche dar. Letzte Senken sind stoff- und systemspezifisch. Beispielsweise ist das Schwarze Meer für im Einzugsgebiet anthropogen emittiertes Chlorid eine geeignete letzte Senke (Döberl & Brunner 2001). Eine geeignete letzte Senke ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Erhöhung oder Erniedrigung von Stoffkonzentrationen auch langfristig keine negativen ökologischen Auswirkungen hat.



Von den in 6.2 behandelten Senken kann nur die **Atmosphäre** im Falle des Stickstoffs als letzte Senke angesehen werden. Rund 70 % der jährlichen Stickstoffemissionen erfolgt als N_2 , der Rest in Form anderer Stickstoffverbindungen.

Die übrigen Kompartimente (Wasser, Boden und Deponien) entsprechen für die untersuchten Stoffe nicht der oben angeführten Definition einer letzten Senke. Die **Gewässer** stellen lediglich Förderbänder zur letzten Senke ozeanischer Sedimente dar, die sich aber außerhalb des gewählten Systems befindet.

Der **Boden** stellt ebenfalls keine letzte Senke dar. Einerseits werden über das Sickerwasser und über Pflanzenentzug Stoffe in die Umwelt verfrachtet, andererseits unterliegt der Boden selbst einem (natürlichen) Abtrag. Für die betrachteten Metalle (mit Ausnahme des Eisens) lässt sich eine Anreicherung im Boden feststellen. Beispielsweise beträgt für die Schwermetalle Cadmium oder Zink die Zeit bis zur Verdoppelung der Stoffkonzentration im Boden rund 250 Jahre.

Deponien emittieren während eines langen Zeitraums kontinuierlich Stoffe über Deponiesickerwasser und Deponiegas. Die Mobilisierung/Immobilisierung dieser Stoffe ist durch eine Reihe „biogeochemischer“ Prozesse bedingt und im Falle der Schwermetalle stark an die vorherrschenden Bedingungen gebunden (Döberl & Lahner 2000). Nach Baccini et al. (1992) liegen die Sickerwasseremissionen „am Ende der intensiven Reaktorphase“ (nach ein bis zwei Jahrzehnten) für Stickstoff 1-2 Größenordnungen über den gesetzlichen Anforderungen (AbwasserVDeponie). Für die kurzfristige Verfügbarkeit von Schwermetallen werden von Belevi & Baccini (1989) Werte von 0,2 % (Cadmium) bis 8 % (Kupfer) des Anfangsgehaltes in deponiertem Restmüll angegeben.



6.4 Überblickstabelle

Die folgenden Tabellen fassen Stoffflüsse, Lager sowie die bestehenden Senken für die betrachteten Stoffe zusammen. In Tabelle 6-1 sind für das Bilanzjahr 2003 die absoluten Flüsse der einzelnen Stoffe gegenübergestellt.

Tabelle 6-1: *Stoffflüsse (absolute Mengen)*

Stoffflüsse und Lager - System Steiermark 2003 (absolut)										
	Stickstoff		Eisen		Kupfer		Zink		Cadmium	
	[kt/a] Fluss	[kt] Lager	[kt/a] Fluss	[kt] Lager	[t/a] Fluss	[t] Lager	[t/a] Fluss	[t] Lager	[t/a] Fluss	[t] Lager
Importe	119		3.160		38.200		25.800		42	
Exporte	97		3.240		29.193		20.800		42,7	
als Handelsgut	19		3.240		29.100		20.630		42,2	
über Wasser und Luft	78		0,9		93		170		0,5	
Lagerbestand		11.500		1.200.000		460.000		240.000		990
Lageränderung total	23		-80		9.007		5.000		-0,7	
Lageränderung PHH und IGDI	10-16?***		1.000		7.600		3.100		-5	
Senken										
Oberflächengewässer *	14	n.b.	0,8	n.b.	70	n.b.	110	n.b.	0,3	n.b.
Atmosphäre**	64	n.b.	0	n.b.	23	n.b.	60	n.b.	0,2	0
Boden	0	9.600	-0,60	1.100.000	0	200.000	370	100.000	0,6	450
Bergbau	n.b.	n.b.	-1.060	44.000	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Halden	n.b.	n.b.	42	7.300	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Deponie	3,1	54	27	600	1.300	72.000	970	35.000	3,2	160
letzte Senke Atmosphäre	45	n.b.	0	0	0	0	0	0	0	0
Sedimente	0,76	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

^{*)} für Stickstoff inklusive Grundwasser

^{**)} für Stickstoff als N₂ letzte Senke

^{***)} Lageränderung IGDI für Stickstoff nicht bekannt

Tabelle 6-2 vergleicht die jeweiligen Flüsse in deren Verhältnis zum Import in das System „Steiermark“.

Tabelle 6-2: *Stoffflüsse (relativ - in % des Imports)*

Stoffflüsse und Lager - System Steiermark 2003 (relativ)										
	Stickstoff		Eisen		Kupfer		Zink		Cadmium	
	in [%] des Imports		in [%] des Imports		in [%] des Imports		in [%] des Imports		in [%] des Imports	
	Fluss	Lager	Fluss	Lager	Fluss	Lager	Fluss	Lager	Fluss	Imports
Importe	100		100		100		100		100	
Exporte	81,5		102,5		76,4		80,6		101,7	
als Handelsgut	15,6		102,5		76,2		80,0		100,5	
über Wasser und Luft	65,8		0,03		0,24		0,66		1,17	
Lagerbestand		9.700		38.000		1.200		930		2.400
Lageränderung total	19,3		-2,5		23,6		19,4		-1,7	
Lageränderung PHH und IGDI	8-12?***		31,6		19,9		12,0		-11,9	
Senken										
Oberflächengewässer *	12,1	n.b.	0,03	n.b.	0,18	n.b.	0,43	n.b.	0,71	n.b.
Atmosphäre**	53,8	n.b.	0	n.b.	0,06	n.b.	0,23	n.b.	0,45	0
Boden	0	8.067	-0,02	35.000	0	520	1,4	390	1,4	1.100
Bergbau	n.b.	n.b.	-33,5	1.400	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Halden	n.b.	n.b.	1,3	230	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Deponie	2,6	45	0,9	19	3,4	189	3,8	140	7,6	381
letzte Senke Atmosphäre	37,8	n.b.	0	0	0	0	0	0	0	0
Sedimente	0,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

^{*)} für Stickstoff inklusive Grundwasser

^{**)} für Stickstoff als N₂ letzte Senke

^{***)} Lageränderung IGDI für Stickstoff nicht bekannt



7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Projekt RALLES Steiermark wurde eine Fülle an methodischen und inhaltlichen Erkenntnissen gewonnen, die in Kapitel 5 und 6 detailliert beschrieben und im Folgenden kurz zusammengefasst werden. Die in Kapitel 2.2 aufgelisteten Fragestellungen werden hier ebenfalls beantwortet.

7.1 Methodische Erkenntnisse

1. Die Methodik der Stoffflussanalyse erwies sich als geeignet zur Untersuchung und Darstellung der Flüsse und Lager ausgewählter Stoffe in der Steiermark als Basis zur Beurteilung des Senkeproblems (*Frage 3* in Kapitel 2.2. „Fragestellung“). Dank dem Massenerhaltungssatz, der die Grundlage der Stoffflussanalyse bildet, konnten oft fehlende Bilanzglieder berechnet und vollständige Bilanzen überprüft werden. Die Systembilder für Stickstoff N, Eisen Fe, Kupfer Cu, Zink Zn und Cadmium Cd in Kapitel 5 und 6 beantworten Frage 1 nach der Systemdefinition. Die fünf Systembilder zeigen, dass es möglich ist, für alle fünf Stoffe dasselbe System zu definieren und zu benutzen, obschon die Stoffe sowohl in ihrem Verhalten wie auch im Gebrauch durch den Menschen sehr unterschiedlich sind.
2. Die Stoffauswahl (*Frage 2*) erfolgte in dieser Arbeit exemplarisch: Stickstoff als mobiles Element und essentieller Nährstoff, die vier Metalle als Matrixelemente (Eisen, Kupfer) und als Spurenelemente (Zink und Cadmium) mit unterschiedlichen Verwendungszwecken und Verhalten in der Umwelt. Die Auswahl erwies sich als begründet, zeigten sich doch deutliche und verallgemeinerbare Unterschiede zwischen den fünf gewählten, chemisch-physikalisch unterschiedlichen Stoffen (siehe 7.2). Die Unterschiede kommen klar zum Ausdruck: Stickstoff als Element mit zahlreichen mobilen Verbindungen wie Stickoxiden, Ammoniak oder Nitrat zeigt ein ganz anderes Flussverhalten wie das Schwermetall Cadmium, das als Element wie auch in den meisten Verbindungen nur wenig mobil ist. Auch sozioökonomische Unterschiede werden ersichtlich: Der „Wachstumsstoff“ Kupfer verhält sich in seiner Anreicherung in den Lagern anders als der „Schrumpfungsstoff“ Cadmium, der dank Umweltregelungen heute weniger Verwendung findet und bereits langsam wieder aus den Lagern in Haushaltungen und IGDI in Richtung Abfallwirtschaft verschwindet.
3. Eine große Schwierigkeit stellte die Gewinnung von Daten mit geringer Unsicherheit dar. Dieses Problem hat zwei Gründe: Erstens gibt es noch keine Datensätze, die für Stoffflussanalysen geeignet sind, d.h. Bilanzfähigkeit haben. Beispielsweise sind Bilanzen von Industrieunternehmungen zwar auf finanzieller Ebene und allenfalls auch auf Güterebene vorhanden, auf stofflicher Ebene (N, Fe, Cu, Zn Cd) existieren jedoch nur in Ausnahmefällen Bilanzen. Daten über Güterflüsse existieren auf Bundesebene (Zollstatistik), aber weniger auf Landesebene. Die Gewinnung von Stoffflussdaten aus Güterflussdaten erfordert Kenntnisse in unterschiedlichen Branchen und Umweltmedien.



Daten fehlen vor allem auch über Lagerbestände in Infrastruktur und privaten Haushaltungen. Bedenkt man, dass Zahlen nur dann für Stoffflussanalysen brauchbar sind, wenn ihre Unsicherheit bekannt ist oder wenigstens abgeschätzt werden kann, wird ersichtlich, welche hohen Ansprüche für zuverlässige Bilanzen befriedigt werden müssen.

4. Der zweite Grund besteht darin, dass nur gut ausgebildete, erfahrene Stoffflussanalytiker in der Lage sind, mit dem zur Verfügung stehenden (meist knappen) Budget auf effiziente Art und Weise zuverlässige Stoffbilanzen erstellen zu können. Solche Fachleute existieren heute nur in Ausnahmefällen. Falls die Steiermark die im Landesabfallwirtschaftsplan 2005 in Kapitel 6 „Strategien“ beschriebenen Ziele bezüglich Abfall- und Stoffwirtschaft erreichen möchte, wird sie nicht umhin kommen, entsprechende Fachleute auszubilden. Institutionen wie der ÖWAV könnten bei dieser Ausbildung wertvolle Hilfestellung bieten. Es wird mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass die Betrachtung des grafischen Abbildes einer Stoffflussanalyse leicht den falschen Eindruck erwecken kann, dass eine solche Analyse ein relativ einfaches, aus verschiedenen Boxen und Pfeilen zusammen gewürfeltes Unterfangen ist. In Wahrheit ist eine (erstmalige) Stoffflussanalyse eines Systems wie der Steiermark ein kreativer analytischer und synthetischer Akt, der viel Erfahrung und auch Mut braucht, gilt es doch ein hochkomplexes Stoffhaushaltssystem bis zur Handhabbarkeit so zu vereinfachen, dass dennoch die Resultate und Folgerungen zulässig sind.
5. Die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen stellen die Flüsse und Lager der ausgewählten fünf Stoffe dar. Diese Information erlaubt zwar wichtige Aussagen wie sie in 7.2. getätigt werden; sie genügt jedoch noch nicht um beispielsweise Wirkungen in der Umwelt beurteilen zu können. Dazu sind zusätzliche Kenntnisse über die Spezifizierung der Elemente notwendig. Stickstoffemissionen in die Atmosphäre können einen Stofffluss in eine geeignete „letzte Senke“ darstellen, falls es sich bei der Emission um molekularen N_2 handelt. Falls aber der Stickstoff als NO_x in dieselbe Atmosphäre emittiert wird, ist die Atmosphäre nur eine Senke, in der NO_x zu anderen Stickstoffverbindungen transformiert und weiter transportiert wird. Um die Resultate einer Stoffflussanalyse für weitere Schlussfolgerungen zu benutzen, empfiehlt es sich, die rein elementare Ebene durch eine zweite Ebene, in der auch Verbindungen berücksichtigt werden, zu ergänzen.
6. Wie im folgenden Kapitel 7.2. beschrieben wird, gehören Deponien zu den wichtigsten Stoffsenken in der Steiermark. Da die Stoffbestände in Deponien heute bereits groß sind und in Zukunft noch ständig anwachsen werden, kommt der Frage nach dem langfristigen Verbleib der abgelagerten Stoffe große Bedeutung zu. Derzeit sind nur grobe Abschätzungen über Stoffflüsse aus Deponien möglich, langfristige Aspekte über Jahrtausende werden in der wissenschaftlichen Literatur zwar erwähnt (z.B. Belevi & Baccini, 1989; Döberl, 2004), aber in der Praxis nicht berücksichtigt. Da die Bedeutung der deponiebürtigen zukünftigen Stoffflüsse für die Steiermark konkret noch nicht abschätzbar ist, ist die Entwicklung und der Einsatz einer praxisorientierten Methode zur Abschätzung der langfristigen Entwicklung von Ablagerungen und Deponien - insbesondere der Emissionen über den Wasserpfad während der nächsten Jahrhunderte bis



Jahrtausende - notwendig. Empfehlenswert ist die Untersuchung konkreter Standorte mit dem Ziel, die Frage zu beantworten, wie groß Stoffflüsse aus Deponien langfristig sein werden, welche Wirkung diese Stoffflüsse haben können, und wie lange die Deponienachsorge wahren muss, um dauerhafte Umweltverträglichkeit zu gewährleisten.

7.2 Inhaltliche Erkenntnisse

1. Das am meisten überraschende Resultat der Studie RALLES Steiermark ist, dass mit Ausnahme von Stickstoff der Anteil an Stoffen, die in „letzte Senken“ fließen, verschwindend gering ist ($\ll 1\%$). Beim Stickstoff gelangen immerhin gegen 40 % des importierten N als molekularer Stickstoff in die geeignete „letzte Senke“ Atmosphäre. Die untersuchten Metalle hingegen fließen in Deponien, die nach heutigen Erkenntnissen zwar eine Senken, aber keine „letzte Senken“ darstellen, in denen Metalle über Jahrzehntausende immobil festgehalten werden. Eine solche „letzte Senke“ wären Untertagedeponien, falls sie aus natürlichen, hydrogeologischen Gründen über sehr lange Zeiträume vom Wasserkreislauf abgeschlossen sind (z.B. Salzstöcke). Die Frage stellt sich, ob langfristig nicht der Bedarf nach letzten Senken steigen wird, oder ob es möglich sein wird, alle Stoffe ohne nennenswerte Verluste im Kreis zu führen.
2. Auf der Versorgungsseite ist die Steiermark bei allen Metallen vom Hinterland (Ausland) abhängig. Die Rohprodukte für die Herstellung von Gebrauchsgegenständen aus und mit Kupfer und Zink müssen zur Gänze importiert werden. Dies gilt auch für Cadmium, jedoch ist die Verarbeitung von Cadmium in der Steiermark von untergeordneter Bedeutung. In den steirischen Eisenerzvorräten lagern noch 44 Mio. t Eisen. Jährlich werden rund 680.000 t Eisen abgebaut. Bei gleich bleibendem Erzabbau ist die einzige Ressource der Steiermark, das Eisen im Erzberg, in ca. 60 Jahren erschöpft (*Frage 6*). 250.000 t werden in Donawitz und 430.000 t in Linz verarbeitet. Aufgrund der schlechten Erzqualität (Eisenanteil 32 % gegenüber 65 % von Importerzen) deckt das Stahlwerk Donawitz seinen Erzverbrauch nur zu 25 % aus dem Erzberg.
3. Die wichtigsten Senken sind Deponien, Abraumhalden und der Boden. Atmosphäre und Gewässer sind nur für Stickstoff eine bedeutende Senke, für alle anderen untersuchten Stoffe sind sie vernachlässigbar. Generell ist der Stofffluss in die Umwelt (ohne Deponien) für die untersuchten Metalle klein, was sicher zu einem großen Teil den beträchtlichen Anstrengungen im Gewässerschutz und Immissionsschutz zu verdanken ist. Für alle Schwermetalle ist der Eintrag in den Boden größer als der Austrag, die Schwermetallgehalte nehmen demzufolge zu. Die Zunahme übersteigt zwar die im LAWP (*Vision 4*) vorgegebenen Zielvorstellungen, ist aber relativ gering. Für Stoffe wie Zink mit einer berechneten Verdoppelungszeit im Boden von 250 Jahren ist ein Monitoring anhand von Stoffflussdaten angezeigt.
4. Am Beispiel Stickstoff sieht man die wichtige Bedeutung des Hinterlandes für die Steiermark: Nur rund 30 % des umgesetzten Stickstoffs werden (innerhalb und außerhalb)



der Steiermark als Produkte genutzt. Der Rest von 70 % wird als Verlust an Wasser und Luft abgegeben und in kurzer Zeit (Stunden bis Tagen) aus der Steiermark in ein kontinentales (Gewässer) und globales (Atmosphäre) Hinterland exportiert.

5. Bei den meisten untersuchten Stoffen ist der Import in die Steiermark größer als der Export. Ausnahmen bilden Eisen, da in der Steiermark Eisenerz gewonnen und exportiert wird, sowie Cadmium. Cadmium befindet sich in einer speziellen Situation: Auf Grund von Maßnahmen im Umwelt- und Verbraucherschutz nimmt der Cd-Einsatz seit den 90er Jahren in Europa leicht ab. Da sich jedoch im Lager der privaten Haushaltungen wie auch in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Infrastruktur große Mengen Cd-haltiger Güter befinden, die nach und nach an ihr Gebrauchsende kommen und in die Abfallwirtschaft fließen, ist der Export (Abfälle!) aus der Steiermark bereits leicht größer als der schrumpfende Import.
6. Aufgrund des in Abschnitt 2. geschilderten Sachverhalts, dass Importe der meisten Stoffe größer als die entsprechenden Exporte sind, bilden sich wachsende Stofflager: Rund 20 % des importierten Stickstoffs akkumuliert in der Steiermark, das N-Lager im privaten Haushalt wächst mit 10 % pro Jahr. Das Eisenlager in PHH und in IGDI wächst mit 7-9 %, das Kupferlager mit 4 %, das Zinklager mit 2-3 %, einzig das Cadmiumlager nimmt aus oben genannten Gründen um 0,5% (IGDI) bis 2 % (PHH) ab. Daraus lassen sich Zeiten bis zur Verdoppelung der Lager bei Fe, Zn, Cd von 10 bis 50 Jahren berechnen.
7. Der Bestand aller Stoffe in Deponien nimmt rasch zu (*Frage 5*). Bei gleich bleibender Wirtschaftsweise wird sich die Menge an Stickstoff in Deponien in 18 Jahren, an Kupfer in 55 Jahren verdoppeln; die Verdoppelungszeiten der anderen Metalle liegen dazwischen. Da sich mit der Zunahme der Menge der deponierten Stoffe auch das Emissionspotential von Deponien erhöht, stellt sich die in 7.1. erwähnte Frage nach dem langfristigen Schicksal der Stoffe in Deponien umso dringender.
8. Die Gegenüberstellung (Tabelle 7-1) der Lager im Gebrauch (PHH, IGDI) und derjenigen in Deponien (*Frage 4*) zeigt, dass die letzteren Lager deutlich geringer sind, aber immer noch in derselben Größenordnung liegen. Die Flusszahlen belegen, dass die Lager im Gebrauch schneller wachsen als die Lager in Deponien. Dies hat zwei Konsequenzen: Erstens liegen die zukünftigen Ressourcen in den Lagern PHH und IGDI und weniger in den Deponien, und zweitens werden, was aus der Lebensdauer der Güter absehbar ist, zukünftig wesentlich größere Abfallmengen zu bewirtschaften sein als heute.



Tabelle 7-1: Lagervergleich der einzelnen Stoffe

Lager in % des totalen Lagers					
Lager	Stickstoff	Eisen	Kupfer	Zink	Cadmium
PHH	0,6	0,1	21,8	18,8	18,5
IGDI	1,2	0,9	18,8	25,0	19,7
Deponie/Halden	0,5	0,7	15,7	14,6	16,2
BLF	13,2	3,8	n.b.	n.b.	n.b.
Pedosphäre	84,5	94,6	43,7	41,7	45,6
Totales Lager	100	100	100	100	100

9. Mit Ausnahme von Cadmium nehmen die Konsumlager der Metalle ständig zu. Wie die Tabelle 7-1 zeigt, sind diese auch größer als das Lager in den Deponien. In wie weit diese Lager allerdings später genutzt werden können, hängt sehr stark von den Einsatzgebieten beziehungsweise von ökologischen Aspekten (Cadmium) ab. Zink wird hauptsächlich als Korrosionsschutz verwendet. Am Ende der Lebensdauer der Produkte ist das Zink zum Teil verbraucht. Kupfer und Eisen hingegen können sehr gut wieder verwertet werden. Das Beispiel Eisen(schrott) zeigt, dass die anthropogenen Lagerstätten schon lange erfolgreich bewirtschaftet werden. Einerseits liegt der Anteil an Schrott im Input in die steirischen Stahlwerke bei 45 % - drei Edelstahlwerke produzieren den Stahl aus 100 % Schrott -, andererseits ist das kleinste Eisenlager jenes in der Deponie. (Frage 7).
10. Nicht alle Stoffbilanzen lassen sich schließen: Beispielsweise geht die Oberflächengewässerbilanz für Kupfer nicht auf, der berechnete Input ist viel größer als der gemessene Input. Bei größeren Diskrepanzen, die bezüglich Umweltschutz oder Ressourcennutzung von Bedeutung sein können, sollten die Bilanzen durch gezielte Untersuchungen überprüft werden.

7.3 Bedeutung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Ziele des Steirischen Landesabfallwirtschaftsplans

In Kapitel 6 des Landesabfallwirtschaftsplanes der Steiermark 2005 (L-AWPL-Stmk. 2005) „Strategien, Wirkungsziele und Anforderungen einer nachhaltigen Abfall- und Stoffflusswirtschaft in der Steiermark“ werden allgemeine und konkrete, quantitative Ziele einer nachhaltigen Abfall- und Stoffflusswirtschaft in der Steiermark genannt, die bis zum Jahre 2015 umzusetzen sind.



Die vorliegende Studie RALLES stellt einen wichtigen Beitrag zu den im L-AWPL genannten Zielen dar. In ihr wird ein Stoffflusssystem Steiermark definiert, das sich als Grundlage (Modell) für die Beschreibung der steirischen Abfall- und Stoffflusswirtschaft eignet. Auch enthält RALLES wesentliche Daten, Resultate und Schlussfolgerungen, die für den vorliegenden wie auch einen zukünftigen L-AWPL von Bedeutung sind (*Frage 8*). Im Folgenden werden die wichtigsten Bezüge zwischen dem L-AWPL und der Studie RALLES hervorgehoben:

1. Aufbau einer Stoffbuchhaltung, um 70 % der Güterflüsse und 50 % der Stoffflüsse zu erfassen (S1): RALLES hat anhand der fünf untersuchten Stoffe gezeigt, dass dieses Ziel mit einem vertretbaren Aufwand erreichbar ist. Ein erstes brauchbares Gerüst für eine Stoffbuchhaltung liegt mit der Systemdefinition von RALLES vor.
2. Aufbau der Stoffbuchhaltung in Unternehmungen, insbesondere Entsorgungsunternehmen (Forderung S1: 100 % erstellen STObU): Diese Forderung stellt eine große Herausforderung dar. Derzeit ist noch nicht einmal die Erstellung von transparenten und nachvollziehbaren Güterbilanzen akzeptierter Stand der Praxis. Die Erstellung von Stoffbilanzen verlangt ein wesentlich größeres Engagement der Unternehmer. RALLES zeigt die Bedeutung der Abfallwirtschaft für den Stoffhaushalt der Steiermark und kann damit als Motivator wirken. RALLES zeigt auch, dass Stoffbilanzen möglich sind. Die Umsetzung der Forderung des Landes wird aber spezieller Maßnahmen bedürfen.
3. Für das in S2 erwähnte Qualitätsmanagement und Umwelt-Controlling bietet RALLES eine gute Grundlage: Anhand des hier entwickelten Systems kann, wie gefordert, beurteilt werden, ob der Anteil der Emissionen aus dem Bereich der Abfallwirtschaft weniger als 1 % der gesamten anthropogenen Emissionen ausmacht. Eine erste Abschätzung erlauben die in Kapitel 5 enthaltenen Systembilder. Allerdings ist zu beachten, dass RALLES auf eine andere Fragestellung ausgerichtet ist („letzte Senken“), und deshalb nicht alle Daten für diesen Vergleich vorliegen.
4. RALLES stellt ein sehr geeignetes Hilfsmittel dar, um zu überprüfen, ob die geforderte Recyclingrate von 60 % erreicht wird. Insbesondere lässt sich mit dem Stoffflussanalysenansatz die grundsätzliche Frage diskutieren und beantworten, wie die „100 %“-Bezugsgröße zu definieren ist. Ist beispielsweise für Stickstoff die Bezugsgröße der totale Import in das System Steiermark, kann rasch abgeleitet werden, dass 60 % Recycling im Falle von Stickstoff nicht möglich ist. Bei Eisen hingegen ist eine solche Forderung erfüllbar (vgl. Systembilder N und Fe in Kapitel 5).
5. Anhand der Folgerungen des RALLES Berichtes können neue Kriterien zur Beurteilung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen für den nächsten L-AWPL entwickelt werden: Um die Ziele der steirischen Abfallwirtschaft zu erfüllen, müssen Schadstoffe in geeignete letzte Senken gelenkt werden. Ein quantitatives Kriterium sollte deshalb sein, welcher Anteil an Schadstoffen durch ein bestimmtes Verfahren in eine geeignete letzte Senke dirigiert



wird. Analog sollte auch anhand der Methode der Stoffkonzentrierungseffizienz SKE geprüft werden, ob Stoffe durch ein abfallwirtschaftliches Verfahren konzentriert oder verdünnt werden, da die Konzentrierung von Stoffen deren Wiedergewinnung ermöglicht

6. Für den L-AWPL wichtig ist die Feststellung im Bericht RALLES, dass die Stofflager in Deponien groß sind und weiterhin zunehmen werden, auch wenn die Deponie Verordnung vollständig umgesetzt wird. Wegen der wachsenden Stofflager in der Anthroposphäre werden auch die Abfälle zukünftig zunehmen. RALLES hat gezeigt, dass derzeit letzte Senken für Schwermetalle in der Steiermark fehlen. Damit werden die Ansprüche an die Deponien sowohl in quantitativer wie auch in qualitativer Hinsicht in Zukunft stark zunehmen.
7. Im L-AWPL wie auch im Österreichischen AWG wird das Ziel einer nachsorgefreien Deponie gesetzt. Derzeit ist dieses Ziel noch nicht erreicht. Es sind noch keine „letzten Senken“ für nicht verwertbare Schadstoffe definiert. Notwendig ist eine Strategie und ein Konzept mit konkreten Maßnahmen, wo für welche Stoffe in der Steiermark eine „letzte Senke“ wie einzurichten ist.
8. In Kapitel 5 RALLES wurde gezeigt, dass die Stoffkonzentrationen in Böden rascher zunehmen als es die Vision 4 im L-AWPL vorsieht. Basierend auf den Stoffflussdiagrammen sind deshalb Maßnahmen zu entwickeln, anhand derer die Flüsse in den Boden reduziert werden können, und eine eventuelle Anreicherung frühzeitig erkannt werden kann.
9. Die Steiermark wird nicht nur aus einem weiten Hinterland versorgt, sondern braucht auch ein ebenso großes Hinterland für die Entsorgung (Bsp. Stickstoff). Es sind auch die im Hinterland in Senken zu entsorgenden Stoffflüsse zu berücksichtigen, die bei der Gewinnung von Importgütern, die in der Steiermark eingesetzt werden, entstehen. Dies bedeutet, dass zwei Arten von ökologischen Fußabdrücken zu berücksichtigen sind: Der vordere, durch die Versorgung (einschließlich dem Bedarf an letzten Senken) entstehende, und der hintere, durch die Entsorgung (einschließlich dem Senkenbedarf) entstehende.

7.4 Ausblick

Die Verknüpfung Rohstoffgewinnung-Produktion-Konsum-Abfallwirtschaft/Recycling-letzte Senke stellt einerseits eine große analytische Herausforderung und andererseits eine beträchtliche Chance für eine bessere Ressourcennutzung und wirksameren Umweltschutz dar. Damit sie genutzt werden kann, braucht es eine neue stoffflussbasierte Wissensbasis. Eine solche Wissensbasis steht auch im Einklang mit der „Thematischen Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ (Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2005).



Bezüglich des Materialbestandes in der Anthroposphäre bedeutet eine neue Wissensbasis eine Angleichung an jene der Primärrohstoffgewinnung: Ein Kataster über die Menge, den Ort, die Konzentration, die Vergesellschaftung mit anderen Stoffen, den Aufwand zur Rückgewinnung (Sammlung) und die „Bonität“ des Lagers würde es ermöglichen, den Aufbau zukünftiger anthropogener Ressourcen rechtzeitig zu erkennen, und nach dem Ablauf der Lebensdauer in größtmöglichem Ausmaß wieder zurück zu gewinnen. Die Prospektion des anthropogenen Lagers könnte analog der Prospektion des geogenen Lagers durchgeführt werden.

Für die Bewirtschaftung von Ressourcen und Abfällen braucht es neue Maßstäbe. Die bisher benutzten Methoden zur Bewertung von Maßnahmen greifen zu kurz. Mit Lebenszyklusanalysen, Ökobilanzen und Kosten/Nutzenanalysen allein können weder Ressourcennutzung noch Abfallwirtschaft adäquat beurteilt werden. Neue Ansätze sind: Der Anteil an Schadstoffen in geeigneten „letzten Senken“, die Stoffkonzentrierungseffizienz, die Kosten-Wirksamkeits-Analyse gepaart mit ökologischen Bewertungen und andere. Wichtig ist, dass die Bewertungsmethoden auch sehr lange Zeiträume berücksichtigen können, da ansonst diejenigen Verfahren bevorzugt werden, die Problem in die Zukunft verschieben. Notwendig ist auch, dass multiples Recycling beurteilt werden kann, dass Schadstoffanreicherungen berücksichtigt werden, und dass ein Bewertungsverfahren das Ausschleusen von Schadstoffen aus Kreisläufen zu belohnen in der Lage ist. Generell sind zielorientierte Bewertungsverfahren in der Abfallwirtschaft notwendig. Nur anhand solcher Verfahren kann überprüft werden, ob die hohen Ziele Schutz von Mensch und Umwelt, Ressourcenschonung und nachsorgefreie Deponie auch eingehalten werden. Zukünftig sind solche Verfahren auch für ein Benchmarking der Abfallwirtschaft einzusetzen, um die wirkungsvollsten und effizientesten abfallwirtschaftlichen Varianten zu eruieren.



8 Literaturverzeichnis

- AbwasserVD Deponie: Verordnung über die Begrenzung von Sickerwasseremissionen aus Abfalldeponien. BGBl 613/1992.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2004): Grüner Bericht Steiermark 2002/2003 – Bericht über die Lage der Land- und Forstwirtschaft in der Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 10A Agrarrecht und ländliche Entwicklung (Hrsg.), Graz. <http://www.verwaltung.steiermark.at/>
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2005): Landesabfallwirtschaftsplan Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft (Hrsg.), Graz. <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at>
- Arbeitsgemeinschaft gesunde Tierernährung (2005): <http://www.mischfutter.at>
- ATSDR (2005) Agency for Toxic Substances & Disease registry, http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/coalmine/cmt_p1.html
- AUA (2005): AUA Group Flotte, Homepage: <http://www.aua.com/at/deu/Austrian/Fleet/>
- Austropapier (2005): <http://www.austropapier.at>
- Baccini, P. & Bader, H.-P. (1996): Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Baccini, P. & Brunner, P.H. (1991): Metabolism of the Antroposphere. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Belevi, H. & Baccini, P. (1989): Long-Term Behaviour of Municipal Solid Waste Landfills. Waste Management & Research, 7/89, 43 – 56.
- Beschorner, S. (1996): Die Entsorgung als Spiegel der Versorgung - Abschätzung der Güterflüsse und Lager der Privathaushalte in der Stadt Wien im Zeitraum von 1900 bis 1993, Diplomarbeit am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien.
- Bichler, B. (2001): EPER-Berichtspflicht – Eine Abschätzung möglicher Schwellenwertüberschreitungen in Österreich, Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), UBA Berichte BE-197, Wien
- Blum, W.E.H., (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5. Auflage. Ferdinand Hirt in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart.
- BMfBWK (2005) Österreich Lexikon, Homepage: <http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.e/e805496.htm>
- BMLFUW (2001): Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Bundesabfallwirtschaftsbericht 2001. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMLFUW (2002): Gewässerschutzbericht 2002. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.



- BMLFUW (2003a): 2. Lebensmittelbericht Österreich. Die Entwicklung des Lebensmittelsektors von 1995 bis 2002. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMLFUW (2003b): Abwasserentsorgung in Österreich. Stand 2001. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMLFUW (2004): EU Nitratrichtlinie 91/676/EWG – Österreichischer Bericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMLFUW (2005a): Daten und Zahlen 2005. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
<http://www.lebensministerium.at>
- BMLFUW (2005b): Grüner Bericht 2005. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien. <http://www.gruenerbericht.at>
- BMLFUW (2005c): Holzeinschlag 2004 – Holzeinschlagsmeldung über das Jahr 2004. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), Wien.
- BMVIT (2002) Verkehr in Zahlen, Kapitel 3: Infrastruktur
http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz02_kap3.pdf
- BMVIT (2005) Schienenbahnen I. Teil, Kapitel 1 Haupt- und Nebenbahnen
<http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/downloads/hauptbahn.pdf>
- BMWA (2004): Österreichisches Montanhandbuch 2004. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hrsg.), Wien.
- Brunner, P.H., Döberl, G., Eder, M., Frühwirth, W., Huber, R., Hutterer, H., Pierrard, R., Schönback, W. & Wöginger, H. (2001): Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen mit dem Ziel einer nachsorgefreien Deponie (BEWEND). Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.), UBA Monographien Band 149, Wien
- Brunner, P.H. & Rechberger, H. (2004): Practical Handbook of Material Flow Analysis. CRC Press, Boca Raton.
- Daxbeck, H., Reisenberger, M., Kampel, E. (2003): „Güterhaushalt Österreich – Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements – Welches sind die wichtigsten Güter- und Abfallflüsse“ Projekt ABASG II – Güterflüsse, Bericht im Auftrag des BMLFUW, RMA, Wien
- Daxbeck, H. & Brunner, P.H. (1993): Stoffflussanalysen als Grundlagen für effizienten Umweltschutz. Österreichische Wasserwirtschaft, 45, 3/4, 90-96.
- Daxbeck, H., Reisenberger, M. & Kampel, E. (2003): Güterhaushalt Österreich - Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements – Welches sind die wichtigsten Güter- und Abfallflüsse? Bericht im Auftrag des BMLFUW, Ressourcen Management Agentur, Wien.
- Daxbeck, H., Schönbauer, A. & Brunner, P.H. (1998): Machbarkeitsstudie nationale Stoffbuchhaltung – Testbeispiel Zink. Umweltbundesamt (Hrsg.), Monographien, Band 107, Wien.



- Döberl, G. & Lahner, T. (2000): Die Genese von Sickerwasser in der Reaktordeponie. Wiener Mitteilungen Wasser-Abwasser-Gewässer, 162, 9-29.
- Döberl, G. & Brunner, P.H. (2001): Geeignete letzte Senken und Endlager als zentrales Ziel einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. SIDAF-Schriftenreihe, 8, 290-305, Freiberg/Sachsen.
- Döberl, G., Fehring, R., Müller, B., Brandt, B., Brunner, P. H. (2005) Verknüpfung Rohstofflager - anthropogene Lager - letzte Senken - RALLES, Im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19D, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien
- Doswald (2005) Fachverband Bergwerke und Eisen erzeugende Industrie. Telefonische Mitteilung
- Eder, M. (2005): Entwicklung einer Methode zur Auswahl und Bewertung von Abfallvermeidungsmaßnahmen anhand der Kriterien Ressourcenschonung, Umweltschutz und Kosteneffizienz, Dissertation am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU Wien, (in Ausarbeitung)
- ENAGES (2006) Homepage: <http://www.e-steiermark.com/enages/anlage.htm>
- Energie Steiermark (2005) <http://www.e-steiermark.com/index.htm>
- Fachverband der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie (2004): Jahresbericht 2003
- Fachverband der Fahrzeugindustrie (2004): Die österreichische Fahrzeugindustrie 2003, Statistik Jahrbuch 2004, Homepage: <http://wko.at/fahrzeuge/> - Statistik – Statistikjahrbuch 2004
- Fettweiss, G. B. L. (1997): Lagerstätten und Bergbau – Faktoren der Abbauwürdigkeit. [In:] Weber, L. (Hrsg.): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, Band 19, 28-34, Wien.
- Gara, S., Schrimpf, S. (1998): Behandlung von Reststoffen und Abfällen in der Eisen- und Stahlindustrie, Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), UBA Monographien Band 92, Wien
- Gisi, U., Schenker, R., Schulin, R., Stadelmann, F.X., Sticher, H. (1997): Bodenökologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- Glenck, E., Lahner, T., Jereb, W., Leitner, E., Schachermayer, E., Brunner, P.H. (2000): Bauwesen - Abfallstrategien in der Steiermark – BASS, Band 2: Baurestmassen in der Steiermark – BRIST, Im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, Data Organisation and Consulting, Wien
- Götz, B. & Zethner, G. (1996): Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft. Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes Strem. Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), UBA Monographien, Band 78, Wien.
- Himmel, W. (2004): Klärschlamm: Erfolge – Misserfolge - Herausforderungen. Österreichische Abfallwirtschaftstagung. Graz.
- Himmel, W., et al. (2004a) Abfall- und Stoffflusswirtschaft, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19D, <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at>



- Himmel, W., et al. (2004b) Klärschlamm – Erfolge – Misserfolge – Herausforderungen, Vortrag bei der Österreichischen Abfallwirtschaftstagung Graz
- Kaas, T., Fleckseder, H., Brunner, P.H. (1994): Stickstoffbilanz des Kremstales. Bericht in Zusammenarbeit mit dem Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.
- Kletzan, D., Sinabell, F., Schmid, E. (2004): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie für den Sektor Landwirtschaft – Ökonomische Analyse der Wassernutzung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. Wien
- Kroiß, H., Zessner, M., Deutsch, K., Schaar, W., Kreuzinger, N., (1997): Nährstoffbilanzen der Donauanrainerstaaten –Erhebung für Österreich. Studie im Auftrag des österreichischen Bundeskanzleramtes. TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.
- Kuras, B. (2003): Wien der Star unter den europäischen Börsen, Homepage: <http://www.wienerboerse.at/mmdb/5/3/2116.pdf>
- Lampert, C. (2001): Entscheidungshilfen für die Bewirtschaftung biogener Materialien nach ressourcenschonenden und umweltverträglichen Aspekten. Dissertation, TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.
- Lampert, C., Stark, W., Kernbeis, R. & Brunner P.H. (1997): Stoffflussanalyse der Siedlungsentwässerung der beiden Regionen „Gresten“ und „Grafenwörth“. Bericht im Auftrag der Österreichischen Vereinigung für Agrarwissenschaftliche Forschung (ÖVAF). TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.
- Lauber, W. (1993): Cadmium in Österreich – Umweltbelastung und Umweltschutz. Verlag AK Wien.
- Lunzer, H. et al. (1998): Hausmülldeponien in Österreich, UBA BE – 130, Umweltbundesamt, Wien
- Manstein, C., Stiller, H. (2000): Anwendung der Materialintensitätsanalyse nach MIPS-Konzept auf österreichische Verkehrsträgersysteme, Studie im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr
- Merian, E. (Hrsg.) (1984): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim etc.
- Mitterwallner (2005): Mitteilungen zum Klärschlamm in der Steiermark
- Obernosterer, R. & Reiner I. (2003): Stickstoffbilanz Österreich. Beitrag der Abfallwirtschaft zum Stickstoffhaushalt Österreichs. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Villach.
- ÖNORM (2005b): ÖNORM S 2096-2: Stoffflussanalyse – Teil 2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖWAV (2003): ÖWAV Regelblatt 514 - Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.), Wien.



- Perz, K. (2004): Aufkommen, Verwertung und Behandlung von Abfällen in Österreich, BAWP 2001, UBA Wien
- Proske, H., Gaisberger, G., Gräf, W., Kellerer-Pirklbauer, A., Poltnig, W. (2005) Abfallwirtschaftliche Anforderungen an den Bergbau in der Steiermark für den Übergang zu einer nachhaltigen Stoffflusswirtschaft – Projektphase 3. Joanneum Research Graz. Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, FA 19D, Graz
- Reiner, I., Lampert, C., Piterkova, M. & Brunner P.H. (1996): Stoffbilanzen landwirtschaftlicher Böden von ausgewählten Betriebstypen bei Verwendung von Klärschlamm und Kompost. Bericht im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
- Reiter, B., Stroh, R. (1995) "Behandlung von Abfällen in der Zementindustrie", UBA Monographie Band 72, UBA Wien, Wien.
- Schachermayer, E., Bauer, G., Ritter, E., Brunner, P. H. (1995): Messung der Güter- und Stoffbilanz einer Müllverbrennungsanlage, Monographien Band 56, Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), Wien
- Schindler, I., Wiesenberger, H., Kutschera, U. et al. (2004) Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten. Umweltbundesamt (Hrsg.) Monografien Band M-168, Wien
- Schönbauer, A., Reiner, I., Glenck, E., Smidt, E., Obernosterer, R., Schachermayer, E., Rechberger, H., Fehringer, R., Daxbeck, H., Stark, W. & Brunner P.H. (1997): Zukünftige Anforderungen an die Abfallwirtschaft in der Steiermark für den Übergang zu einer nachhaltigen Stoffflusswirtschaft. Bericht im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung, TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
- SMUL (2004): Waldzustandsbericht 2004, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Pirna, Deutschland
- Stark, W., Kernbeis, R., Raeissi, H. & Brunner, P.H. (1995): Wo liegen die Grenzen der Schadstoffentfrachtung im Klärschlamm? 1. Teil – Schwermetalle. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU Wien.
- Stark, W., Vogel-Lahner, T., Frühwirth, W. (2003): Bauwerk Österreich, Studie im Auftrag des Lebensministeriums, GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH, Wien
- Statistik Austria (2004a): Der Außenhandel Österreichs 2003. Serie 1 – Spezialhandel nach Waren und Ländern. Teil 1 und 2, Wien.
- Statistik Austria (2004b): Schrott- und Gussbruchstatistik 2003.
http://www.statistik.gv.at/fachbereich_produzierender/eisen/PE2Erg2003_Tab1.pdf
- Statistik Austria (2005): Statistisches Jahrbuch 2005, Außenhandel, Homepage:
http://www.statistik.at/jahrbuch_2005/pdf/k27.pdf
- Statistik Austria (2005a): Statistisches Jahrbuch 2005. Wien.
- Statistik Austria (2005b): Agrarstrukturerhebung 2003



- Statistik Austria (2005b): Versorgungsbilanz für pflanzliche Produkte 2003/2004
http://www.stat.at/fachbereich_landwirtschaft/schnellberichte/Versorgungsbilanzen_pfl_2003_04.pdf
- Statistik Austria (2005c): Österreichische Verkehrsstatistik 2003
- Statistik Austria (2005c): Versorgungsbilanzen 2003
- Stoiber, ., Neubacher, F. (2002): Umweltverträgliches Alt-Pkw Recycling, Freiwillige Vereinbarung in Österreich - Berichtsjahr 2002, Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.), Wien <http://wko.at/up/altpkwbericht02.pdf>
- Thalmann, F., Schermann, O., Schroll, E. & Hausberger, G. (1989): Geochemischer Atlas der Republik Österreich 1 : 1,000.000. Geologische Bundesanstalt (Hrsg.), Wien.
- TOP (2003) <http://members.aon.at/teilehotline/info/Gute-Autos-kommen-in-die-Schredderhoelle.pdf>
- Trinkwasserverordnung – TWV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. BGBl II 304/2001
- Truttmann, N., Cencic, O., Fellner, J., Rechberger, H. (2005) Technisch-naturwissenschaftliche Grundlage zur Auswahl von Bewirtschaftungsszenarien für Elektroaltgeräte – TABEA, Studie im Auftrag der Stadt Wien, MA 48. Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
- Umweltbundesamt (1998): Hausmülldeponien in Österreich. Umweltbundesamt (Hrsg.), Wien
- USGS (2002): Minerals Yearbook. United States Geological Survey (ed.), Reston.
- USGS (2005): Minerals Yearbook. United States Geological Survey
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cadmium/>
- VA TECH (2003): Geschäftsbericht 2002, Homepage:
<http://80.243.164.14/ereportlive/ereport.asp?fCompanyID=7&fAction=SHOWREPORT&fLangID=2&freportid=44&fpageid=442>
- VA TECH (2003): Geschäftsbericht 2002.
<http://80.243.164.14/ereportlive/ereport.asp?fCompanyID=7&fAction=SHOWREPORT&fLangID=2&freportid=44&fpageid=442>
- VOEST ALPINE (2005a): Homepage: <http://www.voestalpine.com>
- VOEST ALPINE (2005b): Stahlwerk – Vom Roheisen zur Bramme, Homepage:
<http://www.voestalpine.com/downloads/download/vasn/0StahlTotalneu120602.pdf>
- VOEST ALPINE (2005c): Umwelterklärung 2003.
<http://www.voestalpine.com/downloads/download/vasn/UE03%20vereininf%20LinzSteyr%202004-03-04%20Endversion.pdf>
- Wandl, G. (2006): persönliche Mitteilung basierend auf Studien des Institutes für Wassergüte und Abfallwirtschaft an der TU Wien.
- Weber, L. & Zsak, G. (2004): World Mining Data. BMWA (Hrsg.), Heft 19, Wien.



- Winter, B., Szednyi, I., Reisinger, H., Böhmer, S., Janhsen, T. (2005): Abfallvermeidung und -verwertung: Schlacken, Aschen und Stäube in Österreich. Detailstudie zur Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.), Wien.
- WKO (2004) Sammlung und Verwertung von Altfahrzeugen in Österreich - Bericht 2003, Wien
- WKO Steiermark (2005) Die Steirische Wirtschaft in Zahlen, Institut für Wirtschafts- und Standortentwicklung – IWS, Graz
(<http://www2.wkstmk.at/wko.at/wup/statistik/wiz2005.pdf>)
- WKO Steiermark (2005): Die steirische Wirtschaft in Zahlen. Wirtschaftskammer Steiermark (Hrsg.), Graz. <http://wko.at/stmk/>
- Wolman, A. (1968): The Metabolism of Cities. In: Cities: A Scientific American Book. Knopf, New York, 156-174.
- Zessner, M. (1999): Bedeutung und Steuerung von Nährstoff- und Schwermetallflüssen des Abwassers. Dissertation, Wiener Mitteilungen 157.
- Zessner, M., Kaas, T., Fleckseder, H., Brunner, P.H. (1992): Stickstoff-Haushalt des Landes Oberösterreich. TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Wien.

Internetquellen:

- <http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/>
- <http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/>
- <http://www.umweltbundesamt.at/>
- http://www.statistik.at/jahrbuch_2005/deutsch/start.shtml
- <http://stmk.agrarnet.info/>
- <http://www.agrarstatistik.at/>
- <http://www.umwelt.steiermark.at/>
- <http://www.cadmium.org/>
- <http://www.lea.at>



9 Anhang

9.1 Anhang Stickstoff

Tabelle 9-1: Lager im landwirtschaftlichen Boden

Lager im LW Oberboden (0-50cm)	Fläche [ha]	Dichte [t/m³]		Masse 0-50cm	N-Gehalt		
		0-20cm	20-50cm		[mg/kg]	[tN]	
Nutzungsart					0-20cm	20-50cm	0-50cm
LW genutzte Fläche	482.055						
Ackerland	146.316	1,30	1,50	1.038.843.600	1.557	491	915.422
Wirtschaftsgrünland	179.756	1,30	1,50	1.276.267.600	2.080	721	1.555.501
Extensives Grünland	140.243	1,30	1,50	995.725.300	1.853	523	1.005.851
Weingärten	3.912	1,30	1,50	27.775.200	1.450	705	27.161
Haus- und Nutzgärten	1.146	1,30	1,50	8.136.600	1.883	919	10.352
Obstgärten	10.364	1,30	1,50	73.584.400	2.067	768	91.494
Baumschulen	318	1,30	1,50	2.257.800	1.350	390	1.674
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	1,30	1,50	58.241.300	2.363	948	85.380
Gesamtfläche				3.480.831.800			3.692.833
N-Gehalte							
Orthofer in Obnosterer & Reiner 2003							
sonstige Quellen							
Blum 1992							

Tabelle 9-2: Lager im forstwirtschaftlichen Boden

Lager im FW Oberboden (0-50cm)	Fläche [ha]	N-Gehalt				
		[t N/ha]		[t]		0-50cm
Nutzungsart		von	bis	von	bis	
Forstwirtschaftlich genutzte Fläche	1.002.000					
Wald	865.508	5,1	6,7	4.385.241	5.798.904	5.092.072
Energieholz	586	5,1	6,7	2.969	3.926	3.448
Forstgärten	426	5,1	6,7	2.158	2.854	2.506
sonstige fw Flächen	135.480	5,1	6,7	686.432	907.716	797.074
Gesamtfläche	1.639.193			5.076.800	6.713.400	5.895.100
Quellen						
Kroiss et al., 1998						
Kaas et al., 1994						
Obnosterer & Reiner 2003						

Tabelle 9-3: Lager in sonstigen Böden

Lager im FW Oberboden (0-50cm)	Fläche [ha]	Humus	N-Gehalt				
			[t N/ha]		[t]		0-50cm
Nutzungsart			von	bis	von	bis	
Sonstige	290.618						
Gewässer	3.044						
Moorflächen	677						
Baufläche	11.500						
Verkehrsflächen	31.150						
Bahnanlagen	3.280						
sonstige unproduktive Flächen	181.616	30%	5,1	6,7	47.348	62.612	54.980
nicht zuordenbar	59.351	30%	5,1	6,7	4.986	6.593	5.789
Gesamtfläche	1.639.193				52.334	69.204	60.769
Quellen							
Kroiss et al., 1998							
Kaas et al., 1994							
Obnosterer & Reiner 2003							



Tabelle 9-4: Austräge aus landwirtschaftlichen Böden

Austrag						
Denitrifikation	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	20	25	2.926		3.658
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	20	25	315		394
Grünland, düngungswürdig	189.627	40	70	7.585		13.274
düngewürdige Fläche	351.683	30,8	49,3	10.826		17.325
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	15	25	1.956		3.259
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	15	25	123		205
nicht düngewürdige Fläche	138.576	15	25	2.079		3.464
gesamte LW Fläche	490.259	26,3	42,4	12.905		20.790
Auswaschung						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	25	35	3.658		5.121
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	25	35	394		551
Grünland, düngungswürdig	189.627	5	10	948		1.896
düngewürdige Fläche	351.683	14	22	5.000		7.568
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	5	10	652		1.304
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	5	10	41		82
nicht düngewürdige Fläche	138.576	5	10	693		1.386
gesamte LW Fläche	490.259	11,6	18,3	5.692		8.954
Erosion (Gewässereintrag)						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	0,6	4,4	88		644
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	0,6	4,4	9		69
Grünland, düngungswürdig	189.627	0,3	0,8	57		152
düngewürdige Fläche	351.683	0,4	2,5	154		865
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	0,3	0,8	39		104
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	0,3	0,8	2		7
nicht düngewürdige Fläche	138.576	0,3	0,8	42		111
gesamte LW Fläche	490.259	0,4	2,0	196		976
siehe Datenblatt "Erosionsanteil"						
Abschwemmung (Gewässereintrag)						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	0,6	0,6	88		88
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	0,6	0,6	9		9
Grünland, düngungswürdig	189.627	0,6	0,6	114		114
düngewürdige Fläche	351.683	0,6	0,6	211		211
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	0,6	0,6	78		78
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	0,6	0,6	5		5
nicht düngewürdige Fläche	138.576	0,6	0,6	83		83
gesamte LW Fläche	490.259	0,6	0,6	294		294
siehe Datenblatt "Erosionsanteil"						
Ferntransport						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	1	2,5	146		366
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	1	2,5	16		39
Grünland, düngungswürdig	189.627	0	0,2	0		38
düngewürdige Fläche	351.683	0,5	1,3	162		443
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	0	0,2	0		26
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	0	0,2	0		2
nicht düngewürdige Fläche	138.576	0,0	0,2	0		28
gesamte LW Fläche	490.259	0,3	1,0	162		471
siehe Datenblatt "Erosionsanteil"						



Tabelle 9-5: Einträge in landwirtschaftlichen Böden

Eintrag						
Symbiotische N-Fixierung	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Rotklee u.a.	103	170	300	18	31	
Luzerne	155	200	300	31	47	
Kleegras	5.500	120	200	660	1.100	
Körnererbsen	749	70	150	52	112	
Ackerbohne	1.052	120	200	126	210	
Sojabohne	908	40	100	36	91	
Summe ohne Grünland	8.467	109,1	187,9	924	1.591	
Ackerland	146.316	6,3	10,9	924	1.591	
Grünland, düngungswürdig	189.627	15	45	2.844	8.533	
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	15	30	1.956	3.911	
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	15	45	123	369	
Summe Grünland	328.203	15,0	39,0	4.923	12.814	
gesamte LW Fläche	490.259	11,9	29,4	5.847	14.404	
asymbiotische N-Fixierung						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
	Stmk (2003)	von	bis	von	bis	
Ackerland	146.316	5	20	732	2.926	
Haus-, Obst- und Weingärten	15.740	5	20	79	315	
Summe ohne Grünland	162.056	5	20	810	3.241	
Grünland, düngungswürdig	189.627	5	20	948	3.793	
Grünland, nicht düngungswürdig	130.373	5	20	652	2.607	
nicht mehr genutztes Grünland	8.203	5	20	41	164	
Summe Grünland	328.203	5	20	1.641	6.564	
Summe	490.259	10	30	2.451	9.805	
N-FIXIERUNG		16,9	49,4	8.298	24.210	
atmosphärische Deposition						
	Fläche	kg N/ha.a		t N/a		
		von	bis	von	bis	
Acker	146.316	16	20	2.341	2.926	
Wein- Obst- und Hausgärten	15.740	16	20	252	315	
Grünland	328.203	16	20	5.251	6.564	
Summe	490.259	20	25	7.844	9.805	
Quellen						
TUSCH, 1990;						
UBA, 1993; in Kroiss et al.; 1998						
Kernbeis et al.; 1995						
verschiedene Autoren in Götz, Zethner; UBA (1996)						
Obernosterer & Reiner 2003						



Tabelle 9-6: Ein- und Austräge aus forstwirtschaftlichen Böden

Denitrifikation					
	Fläche	Denitrifikation		Denitrifikation	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	2	5	2.004	5.010
gesamte FW Fläche	1.002.000			2.004	5.010
Auswaschung					
	Fläche	Auswaschung		Auswaschung	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	3	8	3.006	8.016
gesamte FW Fläche	1.002.000			3.006	8.016
Erosion (Gewässereintrag)					
	Fläche	Gewässereintrag		Gewässereintrag	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	0,3	0,8	301	802
gesamte FW Fläche	1.002.000			301	802
	siehe Datenblatt "Erosionsanteil"				
Abschwemmung (Gewässereintrag)					
	Fläche	Abschwemmung		Abschwemmung	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	0,6	0,6	601	601
gesamte FW Fläche	1.002.000			601	601
	siehe Datenblatt "Erosionsanteil"				
Fertransport					
	Fläche	Fertransport		Fertransport	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	0	0,2	0	200
gesamte FW Fläche	1.002.000			0	200
	siehe Datenblatt "Erosionsanteil"				
atmosphärische Deposition					
		Deposition		Deposition	
		kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
FW genutzter Boden	1.002.000	20	25	20.040	25.050
gesamte FW Fläche	1.002.000			20.040	25.050

Quellen

- TUSCH, 1990;
- UBA, 1993; in Kroiss et al.; 1998
- Kernbeis et al.; 1995
- verschiedene Autoren in Götz, Zethner; UBA (1996)
- Obernosterer & Reiner 2003



Tabelle 9-7: Ein- und Austräge aus sonstigen Böden

Denitrifikation					
	Fläche	Denitrifikation		Denitrifikation	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
Sonstiger Boden (30%) (ohne Gewässer und versiegelte Flächen)	72.290	3	5	217	361
gesamte Fläche SB	72.290			217	361
Auswaschung					
	Fläche	Auswaschung		Auswaschung	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
Sonstiger Boden (30%) (ohne Gewässer und versiegelte Flächen)	72.290	20	25	1.446	1.807
gesamte Fläche SB	72.290			1.446	1.807
Erosion (Gewässereintrag)					
	Fläche	Gewässereintrag		Gewässereintrag	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
Sonstiger Boden (30%) (ohne Gewässer und Verkehrsflächen)	72.290	0,3	0,8	22	58
gesamte Fläche SB	72.290			22	58
	siehe Datenblatt "Erosionsanteil"				
Abschwemmung (Gewässereintrag)					
	Fläche	Abschwemmung		Abschwemmung	
	Stmk (2003)	kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
Sonstiger Boden (ohne Gewässer; 2/3 versiegelte Fläche)	127.904	10	10	1.279	1.279
gesamte Fläche SB	127.904			1.279	1.279
atmosphärische Deposition					
		Deposition		Deposition	
		kg N/ha.a		t N/a	
		von	bis	von	bis
Sonstiger Boden	146.935	15	20	2.204	2.939
gesamte Fläche SB	146.935			2.204	2.939

Quellen

TUSCH, 1990;
 UBA, 1993; in Kroiss et al.; 1998
 Kernbeis et al.; 1995
 verschiedene Autoren in Götz, Zethner; UBA (1996)
 Obermosterer & Reiner 2003



Tabelle 9-8: Erntemengen Ackerbau

Erntemengen Ackerbau Steiermark 2003	Erntemenge [t]	N-Gehalt				Quelle
		[mg/kg]		[t]		
		von	bis	von	bis	
Brotgetreide	52.036			770	1.224	
Weichweizen	41.046	15.000	25.000	616	1.026	1, 2
Hartweizen	0	15.000	25.000	0	0	1, 2
Roggen	10.731	14.000	18.000	150	193	1, 2
Wintermenggetreide	259	14.000	18.000	4	5	1, 2
Futtergetreide	607.883			9.516	11.970	
Sommernenggetreide	1.685	16.000	18.000	27	30	1, 2
Hafer	6.160	14.000	18.000	86	111	1, 2
Triticale	11.173	15.000	21.000	168	235	1, 3
Wintergerste	29.407	16.000	18.000	471	529	1, 2
Sommergerste	31.043	10.000	16.000	310	497	1, 2
Körnermais	355.884	16.000	20.000	5.694	7.118	1, 2
Corn cob mix	172.531	16.000	20.000	2.760	3.451	1, 2
Körnerleguminosen	3.545			113	156	
Körnererbsen	1.214	32.000	44.000	39	53	1, 2
Ackerbohnen	2.331	32.000	44.000	75	103	1, 2
Ölfrüchte	12.338			325	391	
Winterraps	1.994	34.000	40.000	68	80	1, 2
Sommerraps und Rübsen	71	27.000	35.000	2	2	1, 2
Sonnenblumen	440	23.000	27.000	10	12	1, 2
Sojabohnen	2.053	17.000	31.000	35	64	1, 2
Ölkürbis	7.780	27.000	30.000	210	233	1, 2
Sonstige	32.777			74	101	
Frühe und mittelfrühe Speisekartoffeln	15.680	3.000	4.000	47	63	1, 2
Spätkartoffeln	506	3.000	4.000	2	2	1, 2
Zuckerrüben	14.924	1.500	2.000	22	30	1, 2
Futterrüben	1.667	2.000	4.000	3	7	1, 2
Ernte Ackerbau	708.579			10.798	13.843	

Stickstoffkonzentrationen:

1 verschiedene Auoren in Kroiss et al., 1998

Erntemengen:

2 Statistik Austria, 2005

3 Grüner Bericht Steiermark 2002/2003

Tabelle 9-9: Erntemengen Grünfütter

Erntemengen Grünfütter Steiermark 2003	Fläche		spez. Ertrag [t/ha]	Erntemenge [t]	N-Gehalt			
	[ha]				[g/kg]		[t]	
	Stmk	Ö			von	bis	von	bis
Grünfütterpflanzen	33.165	221.857		522.439			1.320	2.130
Silo und Grünmais	9.603	71.553	41,9	402.162	1,5	3,5	600	1.410
Rotklee	180	7.369		32.154	6,0	6,0	190	190
Luzerne	218	9.398	0,0		7,0	7,0	0	0
Kleegrass	5.705	55.414	0,0		5,3	5,3	0	0
Egart	17.260	70.805	5,0	86.730	6,0	6,0	520	520
Sonstiger Feldfütterbau	199	7.318	7,0	1.393	6,0	6,0	10	10
Dauergrünland	320.000	1.810.387	3,5	1.134.071			17.010	20.400
Einmähdige Wiesen	9.871	55.659	2,3	22.418	15,0	18,0	340	400
Zwei- und mehrmähdige Wiesen	153.664	815.945	5,1	780.801	15,0	18,0	11.710	14.050
Kulturweiden	26.092	93.462	5,5	143.506	15,0	18,0	2.150	2.580
Hutweiden	22.486	116.362	2,0	44.972	15,0	18,0	670	810
Almen, Bergmäher	104.504	709.479	1,0	104.504	15,0	18,0	1.570	1.880
Streuweiden	3.383	19.480	3,5	37.870	15,0	18,0	570	680
Ernte Grünfütterpflanzen				1.656.510			18.330	22.530

Stickstoffkonzentrationen:

verschiedene Auoren in Kroiss et al., 1998

Erntemengen und Anbauflächen:

Statistik Austria, 2005



Tabelle 9-10: Berechnung der Ernterückstände

Ernterückstände Steiermark 2003	Gütermenge [t]	Stroh:Korn	Ernte- rückstände [t]	N-Gehalt			
				[mg/kg]		[t]	
				von	bis	von	bis
Getreide							
Weizen	41.046	0,95	38.994	4.600	4.600	179	179
Hafer	6.160	1,20	7.392	5.600	5.600	41	41
Triticale	11.173	1,00	11.173	4.600	4.600	51	51
Wintergerste	29.407	1,00	29.407	5.800	5.800	171	171
Sommergerste	31.043	1,10	34.147	6.600	6.600	225	225
Roggen	10.731	1,40	15.023	5.000	5.000	75	75
Körnermais	355.884	1,30	462.649	7.500	7.500	3.470	3.470
Corn cob mix	172.531	1,30	224.290	7.500	7.500	1.682	1.682
übriges Getreide	1.944	1,00	1.944	6.000	6.000	12	12
Körnerleguminosen							
Körnererbsen	1.214	1,40	1.700	13.000	17.000	22	29
Ackerbohnen	2.331	2,00	4.662	13.000	17.000	61	79
Ölfrüchte							
Raps	2.065	1,70	3.511	6.000	8.140	21	29
sonstige Ölfrüchte	10.273	1,50	15.410	7.000	7.000	108	108
Zucker- und Futterrüben							
Zucker- und Futterrüben	16.591	0,80	13.273	2.300	3.300	31	44
Kartoffeln							
Kartoffeln	16.186	0,40	6.474	6.000	6.000	39	39
Summe	708.579		870.048			6.188	6.234

Stickstoffkonzentrationen und Stroh:Korn-Verhältnis:

verschiedene Autoren in Reiner et al., 1996

Erntemengen:

Statistik Austria, 2005

Tabelle 9-11: Erntemengen von Obst und Gemüse

Erntemengen Ackerbau Steiermark 2003	Erntemenge [t]	N-Gehalt			
		[mg/kg]		[t]	
		von	bis	von	bis
Feldgemüse*	44.490	2.720	3.780	121	168
Wein	15.479	6.000	12.000	93	186
Obst	296.442	600	1.000	178	296
Tabak	151	20.000	30.000	3	5
Hopfen	110	85.000	95.000	9	10
Obsternte	356.672			404	665

Quellen

Obernosterer & Reiner, 2003

Grüner Bericht 2002/2003 (Tabelle 53)

*) mittlere N-Gehalte nach Obernosterer & Reiner 2003



Tabelle 9-12: Futtermittelaufkommen

Futtermittel Steiermark 2003	Erntemenge [t/a]	Futtermittel [t/a]		Anteil	N-Gehalt				Quelle
		Stmk	Ö (2003)		[mg/kg]		[t/a]		
					von	bis	von	bis	
Getreide	659.919	463.920	2.601.364						
Weichweizen	41.046	10.009	274.951	24,38%	15.000	25.000	150	250	1
Hartweizen	0	0	3.696	5,79%	15.000	25.000	0	0	1
Roggen	10.731	5.383	66.639	50,17%	14.000	18.000	75	97	1
Menggetreide	1.944	1.737	30.628	89,36%	15.613	18.000	27	31	1, 4
<i>Sommernenggetreide (in Menggetreide)</i>		-	-	-	16.000	18.000	-	-	1
Hafer	6.160	5.548	115.763	90,06%	14.000	18.000	78	100	1
Triticale	11.173	10.295	155.393	92,15%	15.000	21.000	154	216	1
Gerste	60.450	48.665	710.307	80,50%	13.305	17.102	647	832	1, 4
<i>Sommergerste (in Gerste)</i>		-	-	-	10.000	16.000	-	-	1
Körnermais (inkl. corn cob mix)	528.415	382.282	1.235.489	72,35%	16.000	20.000	6.117	7.646	1
Corn cob mix		-	-	-	16.000	20.000	-	-	1
anderes Getreide	0	0	8.498	47,17%	18.000	18.000	0	0	1
Körnerleguminosen	3.545	0	0	0,00%					
Körnererbsen	1.214	0	0	0,00%	32.000	44.000	0	0	1
Ackerbohnen	2.331	0	0	0,00%	32.000	44.000	0	0	1
Hülsenfrüchte		0	94.125	88,69%	16.000	44.000	0	0	
Ölsaaten	12.338	1.144	34.832	17,59%					
Raps und Rübsen	2.065	21	800	1,03%	34.000	40.000	1	1	1
<i>Sommerraps und Rübsen</i>		-	-	-	27.000	35.000	-	-	1
Sonnenblumen	440	65	10.422	14,68%	23.000	27.000	1	2	1
Sojabohnen	2.053	1.058	20.342	51,54%	17.000	31.000	18	33	1
Ölkürbis	7.780	0	0	0,00%	27.000	30.000	0	0	1
Sonstige	32.777	29	1.000	0,03%					
Kartoffel	16.186	29	1.000	0,18%	3.000	4.000	0	0	1
<i>Spätkartoffeln</i>		-	-	-	3.000	4.000	-	-	1
Zuckerrüben	14.924	0	0	0,00%	1.500	2.000	0	0	1
Futterrüben	1.667	0	0	0,00%	2.000	4.000	0	0	1
Ackerbau	708.579	465.093	2.731.321	35,47%			7.269	9.208	
pflanzliche Öle	7.094	374	6.000	5,27%	800	800	0	0	1
Zucker (Weißzuckerwert)	2.319	17	2.900	0,75%	16.000	21.000	0	0	1
Grünfutter	1.656.510	1.656.510	10.106.581	100,00%	11.065	13.601	18.330	22.530	4
Pflanzliche Futtermittel	2.374.502	2.121.994	12.846.802	70,18%	11.190	14.288	25.600	31.739	4
Rohmilcherzeugung und -verwendung	509.411	55.088	370.785	11,40%	5.700	5.700	314	314	1
Summe Futtermittel aus LW	2.883.912	2.177.082	13.217.587				25.914	32.053	
Mischfuttermittel									
Geflügel		130.681	391.000	33,42%	17.000	17.000	2.222	2.222	1, 2
davon			2.000		41.000	43.000	0	0	1, 2
Rinder		50.729	308.000	16,47%	17.000	17.000	862	862	1, 2
			19.000		41.000	43.000	0	0	1, 2
Schweine		44.422	167.000	26,60%	17.000	17.000	755	755	1, 2
			48.000		41.000	43.000	0	0	1, 2
Sonstige		10.699	63.000	16,98%	10.000	20.000	107	214	1, 2
Heimtiere		18.040	123.000	14,67%	10.000	20.000	180	361	1, 2
Summe Mischfuttermittelproduktion		283.486	1.121.000	25,29%	17.316	19.098	4.909	5.414	
Futtermittel-Import		226.652	948.955	23,88%	44.250	65.000	10.029	14.732	3
Ölkuchen und-schrote		169.989	711.716	23,88%	50.000	60.000	8.499	10.199	4
sonstige		56.663	237.239	23,88%	27.000	80.000	1.530	4.533	4
Futtermittel-Export		102.712	430.037	23,88%	20.000	20.000	2.054	2.054	3
Export/Import		123.940	518.917		64.346	102.292	7.975	12.678	
Summe Mischfuttermittelaufkommen		407.426	1.639.917				12.884	18.092	

Quellen:

- 1 Obnosterer & Reiner, 2003
- 2 Arbeitsgemeinschaft Gesunde Tierernährung; <http://www.mischfutter.at>
- 3 Statistik Austria, 2005
- 4 errechnet/Annahme



Tabelle 9-13: Tierhaltung

Tierhaltung Steiermark 2003 Tiergattung	Bestand			Großvieheinheiten		Masse [t]	N-Gehalt				
	Ö (2003) [Stück]	Stmk	Anteil	je Tier	gesamt Ö (2003) Stmk		von [%]	bis	von [t]	bis	
Rinder insgesamt	2.052.033	337.979	16,5%		243.952	1.474.816	121.976			3.903	4.757
Jungvieh unter 1 Jahr	641.640	105.635	16,5%								
Schlachtkälber	57.669	9.494	16,5%	0,4	3.798	23.068	1.899	3,2	3,9	61	74
andere Kälber und Jungrinder	583.971	96.141	16,5%	0,3	28.842	175.191	14.421	3,2	3,9	461	562
Jungvieh 1 bis unter 2 Jahre	446.121	70.105	15,7%							0	0
Stiere und Ochsen	181.987	28.495	15,7%	0,7	19.947	127.391	9.973	3,2	3,9	319	389
Schlachtkalbinnen	31.671	4.989	15,8%	0,7	3.492	22.170	1.746	3,2	3,9	56	68
Zuchtkalbinnen	232.463	36.621	15,8%	0,7	25.635	162.724	12.817	3,2	3,9	410	500
Rinder 2 Jahre und älter	964.272	162.239	16,8%							0	0
Stiere und Ochsen	24.615	5.080	20,6%	1	5.080	24.615	2.540	3,2	3,9	81	99
Schlachtkalbinnen	7.663	1.271	16,6%	1	1.271	7.663	635	3,2	3,9	20	25
Zuchtkalbinnen	131.014	21.727	16,6%	1	21.727	131.014	10.864	3,2	3,9	348	424
Kühe	800.980	134.161	16,7%	1	134.161	800.980	67.081	3,2	3,9	2147	2616
Schweine insgesamt	3.244.866	863.130	26,6%		112.402	404.636	56.201			1.405	1.911
Ferkel unter 20kg	785.166	181.566	23,1%			0	0				
Jungschweine 20 bis unter 50kg	881.564	240.756	27,3%	0,1	24.076	88.156	12.038	2,5	3,4	301	409
Mastschweine 50kg und mehr	1.243.807	360.871	29,0%	0,2	72.174	248.761	36.087	2,5	3,4	902	1227
Zuchtschweine 50kg und mehr	64.621	18.039	27,9%	0,2	3.608	12.924	1.804	2,5	3,4	45	61
Sauen gedeckt	195.035	45.275	23,2%	0,2	9.055	39.007	4.528	2,5	3,4	113	154
Sauen, nicht gedeckt	66.149	14.971	22,6%	0,2	2.994	13.230	1.497	2,5	3,4	37	51
Zuchteber	8.524	1.652	19,4%	0,3	496	2.557	248	2,5	3,4	6	8
Schafe	325.495	52.022	16,0%		5.202	32.550	2.601			83	91
Schafe	325.495	52.022	16,0%	0,1	5.202	32.550	2.601	3,2	3,5	83	91
Ziegen	54.607	7.865	14,4%		787	5.461	393			13	14
Ziegen	54.607	7.865	14,4%	0,1	787	5.461	393	3,2	3,5	13	14
Geflügel	13.027.145	4.353.952	33,4%		9.338	29.776	4.669			79	98
Hühner	12.354.358	4.290.808	34,7%			0	0				
Küken, Hennen und Hähne	7.412.615	2.574.485	34,7%	0,0025	6.436	18.532	3.218	1,7	2,1	55	68
Mastküken und Jungmasthühner	4.941.743	1.716.323	34,7%	0,0015	2.574	7.413	1.287	1,7	2,1	22	27
Truthühner	550.071	31.733	5,8%	0,006	190	3.300	95	1,7	2,1	2	2
Enten	82.705	22.472	27,2%	0,004	90	331	45	1,7	2,1	1	1
Gänse	19.548	3.330	17,0%	0,004	13	78	7	2,1	2,1	0	0
Sonstiges Geflügel	20.463	5.609	27,4%	0,006	34	123	17	1,7	2,1	0	0
Einhufer	87.072	16.504	19,0%		19.805	104.486	9.902			208	386
Einhufer	87.072	16.504	19,0%	1,2	19.805	104.486	9.902	2,1	3,9	208	386
Sonstige Nutztiere	41.190	9.943	24,1%		994	4.119	497			8	10
Sonstige Nutztiere	41.190	9.943	24,1%	0,1	994	4.119	497	1,7	2,1	8	10
Gesamtsumme	18.832.408	5.641.395	30,0%		392.481	2.055.844	196.240			5.700	7.267

Stickstoffgehalte und GVE-Schlüssel:

verschiedene Autoren in Reiner et al., 1996

Tierbestände:

Statistik Austria, 2005

Tabelle 9-14: Tierische Produktion

Tierische Produktion Steiermark 2003 Tiergattung	Bestand [Tiere]		Schlachtungen 2004 [Anzahl]		Fleischanfall [t/a]		Stickstoffgehalt				Bem.
	Ö	Stmk	Ö	Stmk	Stmk	inkl. Abfälle ⁴⁾	von [%]	bis	von [t N]	bis	
Rinder+Kälber insgesamt	2.052.033	337.979	674.070	118.704	36.583	43.899	3,2	3,9	1.405	1.712	1
Schweine insgesamt	3.244.866	863.130	5.312.200	1.777.573	173.189	207.827	2,5	3,4	5.196	7.066	1
Schafe+Ziegen	380.102	59.887	104.220	10.936	807	968	3,2	3,5	31	34	1
Einhufer (2004)	87.072	16.504	1.033	145	88	106	2,1	3,9	2	4	1
Sonstige Nutztiere (2004)	41.190	9.943			1.761	2.113	1,7	2,1	36	44	2
Geflügel (2004)	13.006.682	4.348.343			38.133	45.760	1,7	2,1	655	809	2
Hühner	12.354.358	4.290.808			30.530	36.636	1,7	2,1	623	769	2
Truthühner	550.071	31.733			1.489	1.787	1,7	2,1	30	38	2
Enten	82.705	22.472			39	47	1,7	2,1	1	1	2
Gänse	19.548	3.330			34	41	2,1	2,1	1	1	2
Innereien (2004)					15.448	18.538	1,7	2,1	315	389	3
Fleisch					266.009	319.211			7.640	10.059	
Hühnereier					28.460	28.460	1,6	2,0	455	569	2
Rohmilcherzeugung					494.604	494.604	0,5	0,6	2.473	2.968	2
Tierische Produktion					789.074	842.275			10.568	13.595	

Bemerkungen:

- 1 aufgrund des Schlachtungs-Anteils von 2003 berechnet
- 2 aufgrund des Bestand-Anteils von 2003 berechnet
- 3 anteilmäßig zur Gesamtproduktion
- 4 Zuschlag 20% (Wilfing, 2003 in Obernosterer & Reiner, 2003)

Quellen:

Statistik Austria, 2005 - Versorgungsbilanzen, untersuchte Schlachtungen



Tabelle 9-15: Wirtschaftsdüngeranfall

Wirtschaftsdüngeranfall	Gülle (10% TS)		Mist (22% TS)		Jauche (6% TS)		N-Gehalt		N-Anfall ¹⁾		SUMME	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Steiermark 2003												
Tiergattung												
Rinder insgesamt	68.346	80.070	68.534		1.845.514	3.184.999	2.533.922		12.422	14.160	12.832	18.321
Jungvieh unter 1 Jahr												
Schachtkälber	13.292	13.292	13.292		86.527	86.527	86.527	4,9	5,3	4,9	5,3	186
andere Kälber und Jungvinder ¹⁾					170.970	170.970	170.970	4,9	5,3	4,9	5,3	736
Jungvieh 1 bis unter 2 Jahre					2.197.724	2.197.724	2.197.724	4,9	5,3	4,9	5,3	1.486
Stiere und Ochsen ¹⁾	43.996	43.996	43.996		30.450	30.450	30.450	4,9	5,3	4,9	5,3	1.884
Schachtkühen					130.364	130.364	130.364	4,9	5,3	4,9	5,3	1.884
Zuchtstutten					1.207.449	1.207.449	1.207.449	4,9	5,3	4,9	5,3	1.884
Rinder 2 Jahre und älter					286.571	286.571	286.571	4,9	5,3	4,9	5,3	1.884
Stiere und Ochsen	9.149	22.873	11.437		36.078	72.156	36.078	5,3	7,0	5,3	7,0	186
Schachtkühen					90.550	181.100	90.550	5,3	7,0	5,3	7,0	186
Zuchtstutten					20.942	59.884	20.942	5,3	7,0	5,3	7,0	186
Kühe	72.174	216.523	144.348		3.304	6.608	3.304	5,3	7,0	5,3	7,0	186
Ferkel unter 20kg					109.246	109.246	109.246	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Jungschweine 20 bis unter 50kg					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Mastschweine 50kg und mehr					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Sauen gedeckt					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Sauen nicht gedeckt					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Zuchtstiere					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Schafe					109.246	109.246	109.246	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Schafe					109.246	109.246	109.246	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Ziegen					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Ziegen					16.517	16.517	16.517	5,5	8,0	5,5	8,0	699
Geflügel					3.396	3.396	3.396	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Hühner	556.014	556.014	556.014		557.805	557.805	557.805	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Kälken, Hennen und Hähne	334.683	334.683	334.683		204.880	204.880	204.880	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Mastküken und Jungmasthähner	223.122	223.122	223.122		204.880	204.880	204.880	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Truthühner	4.125	4.125	4.125		3.304	3.304	3.304	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Enten	2.921	2.921	2.921		2.921	2.921	2.921	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Gänse	433	433	433		433	433	433	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Sonstiges Geflügel	729	729	729		729	729	729	6,0	6,5	6,0	6,5	3.396
Einhufer					141.934	247.560	141.934	8,48	10,24	8,48	10,24	1.437
Einhufer					141.934	247.560	141.934	8,48	10,24	8,48	10,24	1.437
Sonstige Nutztiere					20.880	20.880	20.880	4,8	5,8	4,8	5,8	1.437
Sonstige Nutztiere					20.880	20.880	20.880	4,8	5,8	4,8	5,8	1.437
Gesamtsumme	704.534	852.507	776.996		2.420.662	4.112.111	3.304.702	5,5	8,0	5,5	8,0	36.806

¹⁾ Ausnahme, wie übrige Rinder (außer Kühe)
²⁾ berechnet mit mittlerem Düngeranfall (MD)

Quellen
 verschiedene Autoren in Reiner et al. 1996



Tabelle 9-16: Wirtschaftsdüngerverluste

WD-Verluste (NH ₃) Steiermark 2003 Tiergattung	Bestand	N-Verluste		Quelle
		kg N/Tier.a	t N/a	
Rinder insgesamt	337.979		6.583	
<i>Jungvieh unter 1 Jahr</i>	<i>105.635</i>		<i>1.299</i>	
Schlaktkälber	9.494	12,3	117	1
andere Kälber und Jungrinder	96.141	12,3	1.183	1
<i>Jungvieh 1 bis unter 2 Jahre</i>	<i>70.105</i>		<i>1.521</i>	
Stiere und Ochsen	28.495	21,7	618	1
Schlaktkalbinnen	4.989	21,7	108	1
Zuchtkalbinnen	36.621	21,7	795	1
<i>Rinder 2 Jahre und älter</i>	<i>162.239</i>	<i>21,7</i>	<i>3.762</i>	
Stiere und Ochsen	5.080	21,7	110	1
Schlaktkalbinnen	1.271	21,7	28	1
Zuchtkalbinnen	21.727	21,7	471	1
Kühe	134.161	23,5	3.153	2
Schweine insgesamt	863.130		2.569	
Ferkel unter 20kg	181.566	0,5	91	1
Jungschweine 20 bis unter 50kg	240.756	2,1	506	1
Mastschweine 50kg und mehr	360.871	4,0	1.443	1
Zuchtschweine 50kg und mehr	18.039	4,0	72	1
Sauen gedeckt	45.275	7,3	331	2
Sauen, nicht gedeckt	14.971	7,3	109	2
Zuchteber	1.652	10,7	18	1
Schafe	52.022		73	
Schafe	52.022	1,4	73	1
Ziegen	7.865		18	
Ziegen	7.865	2,3	18	1
Geflügel	4.353.952		880	
<i>Hühner</i>	<i>4.290.808</i>		<i>858</i>	
Küken, Hennen und Hähne	2.574.485	0,20	515	1
Mastküken und Jungmasthühner	1.716.323	0,20	343	1
Truthühner	31.733	0,50	16	1
Enten	22.472	0,20	4	1
Gänse	3.330	0,20	1	1
Sonstiges Geflügel	5.609	0,20	1	1
Einhufer	16.504		363	
Einhufer	16.504	22,0	363	3
Sonstige Nutztiere	9.943		15	
Sonstige Nutztiere	9.943	1,5	15	3
Gesamtsumme	5.641.395		10.501	

1... Kroiss 1998

2....gewichtet gemittelt

3....Annahmen

4....AMA 2004



Tabelle 9-17: Ammoniakemissionen aus Düngemitteln

NH ₃ -Emissionen aus Düngemitteln Steiermark 2003	Anteil der Verluste				Düngermenge	
	[%]		[t N/a]		[t N/a]	
	von	bis	von	bis	Stmk	Ö
Verluste am Feld	33%	50%	3.465	5.251		
Verluste im Stall	50%	67%	5.251	7.036		
Summe NH₃-Verluste Wirtschaftsdünger (Mittelwert)			10.501			
NH ₃ -Emissionen aus Mineraldüngern (Feld)	5%	10%	690	1.380	13.800	100.800
Summe NH₃-Verluste			11.191	11.881		

Quellen:

verschiedene Autoren in Kroiß et al. 1998



Tabelle 9-18: NO_x- und N-Emissionen aus Energieträgern

Energieträgerverbrauch Steiermark 2003 Energieträger	Energie [TJ]	Heizwert [TJ/M]	Menge [t]	Emissionen				Masseanteil			
				[g NO _x /kg]		[t NO _x -N]		[% N]		[t N]	
				von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Steinkohle	1.719	0,030	57.300	8	20	140	349	1,15	1,40	659	802
Braunkohle	1.559	0,015	103.933	8	20	253	633	0,25	0,25	260	260
Koks	1.971	0,030	65.700	8	20	160	400	1,00	1,00	657	657
Erdöl		0,042	0	4	13	0	0	0,20	0,50	0	0
Sonstiger Raffinerieersatz		0,042	0	4	13	0	0	0,20	0,50	0	0
Benzin	10.634	0,045	236.311	4	13	288	935	0,50	0,50	1.182	1.182
Petroleum	1.337	0,042	31.833	4	13	39	126	0,50	0,50	159	159
Diesel	29.546	0,038	777.526	4	13	947	3.076	0,50	0,50	3.888	3.888
Gasöl für Heizzwecke	16.014	0,042	381.286	4	13	464	1.509	0,20	0,20	763	763
Heizöl	4.525	0,042	107.738	4	13	131	426	0,20	0,50	215	539
Flüssiggas	1.334	0,045	29.644	0	3	0	27	1,50	1,50	445	445
Sonst. Prod. der Erdölverarb.	338	0,042	8.048	4	13	10	32	0,20	0,40	16	32
Naturgas	31.780	0,045	706.222	0	3	0	645	1,50	1,50	10.593	10.593
Gichtgas	3.415	0,045	75.889	0	3	0	69	1,50	1,50	1.138	1.138
brennbare Abfälle	1.049	0,010	104.900	4	13	128	415	0,10	0,20	105	210
Brennholz	13.224	0,015	881.600	1	6	268	1.610	0,07	0,10	617	882
biogene Brenn- und Treibstoffe	5.448	0,040	136.200	4	13	166	539	0,10	1,00	136	1.362
Summe	123.893		3.704.131			2.992	10.790			20.833	22.911

Umwandlungsfaktor N:NO_x: 0,3043



Tabelle 9-19: Prozess Pflanzenbau

PROZESS PFLANZENBAU							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
LWB	Erntegüter	PB	2.721.761	33.285	29.533	37.038	
LWB	Ernterückstände	PB	870.048	6.211	6.188	6.234	
I	Energieträger	PB	84.209	497	474	521	
I	Mineraldünger	PB	n.q.	13.800	13.800	13.800	
OUTPUT GÜTER							
PB	Futtermittel	TH	2.177.082	28.983	25.914	32.053	
PB	pflanzliche Produkte, Nahrungsmittel	IGD	404.425	3.194	2.687	3.702	
PB	pflanzliche Produkte, sonstige	IGD	134.808	1.065	896	1.234	
PB	Einstreu	TH	217.512	1.553	1.547	1.559	
PB	Ernterückstände	LWB	652.536	4.658	4.641	4.676	
PB	Mineraldünger	LWB	n.q.	13.800	13.800	13.800	
PB	Energieträger	E	84.209	497	474	521	
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN			n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
SUMME INPUT			3.676.019	53.793	49.994	57.593	
SUMME OUTPUT			3.670.572	53.750	49.958	57.543	
LAGERVERÄNDERUNG			5.447	43			
LAGERBESTAND ENDE			n.q.	n.q.			

Tabelle 9-20: Prozess Tierhaltung

PROZESS TIERHALTUNG							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
IGD	Futtermittel	TH	407.426	15.488	12.884	18.092	
PB	Einstreu	TH	217.512	1.553	1.547	1.559	
PB	Futter	TH	2.177.082	28.983	25.914	32.053	
OUTPUT GÜTER							
TH	tierische Produkte	NGM	842.275	12.082	10.568	13.595	
TH	gasförmige Emissionen	E	n.q.	6.143	5.251	7.036	
TH	Wirtschaftsdünger (LWB)	LWB	5.158.068	27.186	24.899	29.472	
TH	Wirtschaftsdünger (OW)	OW	52.102	275	252	298	
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN			196.240	6.484	5.700	7.267	
SUMME INPUT			n.q.	46.024	40.344	51.703	
SUMME OUTPUT			n.q.	45.685	40.969	50.401	
LAGERVERÄNDERUNG			n.q.	339			
LAGERBESTAND ENDE			n.q.	6.822			



Tabelle 9-21: Prozess Forstwirtschaft

PROZESS FORSTWIRTSCHAFT						
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]		
				MW	von	bis
FWB	Bäume	FW	9.033.296	38.582	33.173	43.990
OUTPUT GÜTER						
FW	Nutzholz	BVH	1.922.432	1.844	1.499	2.189
FW	Brennholz	SIG	479.493	1.163	887	1.439
FW	Rückstand	FWB	3.361.309	22.277	18.823	25.731
LAGER						
	LAGERBESTAND BEGINN		348.415.570	1.537.646	1.279.504	1.795.788
	SUMME INPUT		9.033.296	38.582	33.173	43.990
	SUMME OUTPUT		5.763.235	25.284	21.209	29.359
	LAGERVERÄNDERUNG		3.270.062	13.298		
	LAGERBESTAND ENDE		351.685.631	1.550.944		

Tabelle 9-22: Prozess landwirtschaftlicher Boden

PROZESS LANDWIRTSCHAFTLICHER BODEN						
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]		
				MW	von	bis
ARA	Klärschlamm PHH	LWB	8.918	433	410	455
ARA	Klärschlamm SG (LWB)	LWB	n.q.	203	72	334
PB	Ernterückstände	LWB	652.536	4.658	4.641	4.676
BCV	Kompost	LWB	119.766	1.679	1.343	2.015
PB	Mineraldünger	LWB	n.q.	13.800	13.800	13.800
TH	Wirtschaftsdünger	LWB	5.158.068	27.186	24.899	29.472
GW	Wasser	LWB	n.q.	147	73	220
I	N-Fixierung	LWB	n.q.	16.254	8.298	24.210
I	Deposition	LWB	n.q.	8.825	7.844	9.805
OUTPUT GÜTER						
LWB	Erntegüter	PB	2.721.761	33.285	29.533	37.038
LWB	Ernterückstände	PB	870.048	6.211	6.188	6.234
LWB	Erosion	OW	n.q.	586	196	976
LWB	Abschwemmung	OW	n.q.	294	294	294
LWB	gasförmige Emissionen, davon	E	n.q.	22.240	17.060	27.420
	<i>Denitrifikation</i>		n.q.	16.847	12.905	20.790
	<i>Düngerverluste WD</i>		n.q.	4.358	3.465	5.251
	<i>Düngerverluste MD</i>		n.q.	1.035	690	1.380
LWB	Auswaschung	GW	n.q.	7.323	5.692	8.954
LAGER						
	LAGERBESTAND BEGINN		3.480.831.800	3.692.833	3.692.833	3.692.833
	SUMME INPUT		n.q.	73.184	61.381	84.987
	SUMME OUTPUT		n.q.	69.940	58.963	80.916
	LAGERVERÄNDERUNG		n.q.	3.244		
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	3.696.078		



Tabelle 9-23: Prozess forstwirtschaftlicher Boden

PROZESS FORSTWIRTSCHAFTLICHER BODEN							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
FW	Ernterückstände	FWB	3.361.309	22.277	18.823	25.731	
I	Deposition	FWB	n.q.	22.545	20.040	25.050	
OUTPUT GÜTER							
FWB	Bäume	FW	9.033.296	38.582	33.173	43.990	
FWB	Denitrifikation	E	n.q.	3.507	2.004	5.010	
FWB	Erosion	OW	n.q.	551	301	802	
FWB	Abschwemmung	OW	n.q.	601	601	601	
FWB	Auswaschung	GW	n.q.	5.511	3.006	8.016	
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN			7.114.200.000	5.895.100	5.076.800	6.713.400	
SUMME INPUT			n.q.	44.822	38.863	50.781	
SUMME OUTPUT			n.q.	48.752	39.085	58.419	
LAGERVERÄNDERUNG			n.q.	-3.931			
LAGERBESTAND ENDE			n.q.	5.891.169			

Tabelle 9-24: Prozess sonstiger Boden

PROZESS SONSTIGER BODEN							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
AWW	Klärschlamm ARA-SB	SB	13.212	641	608	674	
AWW	Sickerwasserverluste Kanal	SB	n.q.	54	0	109	
AWW	Sickerwasserverluste SG	SB	n.q.	592	433	752	
PHH	Einzel- und Gemeinschaftskomp.	SB	68.815	585	482	688	
BCV	Kompost	SB	13.307	187	149	224	
I	Deposition	SB	n.q.	2.571	2.204	2.939	
OUTPUT GÜTER							
SB	Denitrifikation	E	n.q.	289	217	361	
SB	Erosion und Abschwemmung	OW	n.q.	1.319	1.301	1.337	
SB	Auswaschung	GW	n.q.	1.627	1.446	1.807	
SB	Sickerwasserverluste Kanal	GW	n.q.	54	0	109	
SB	Sickerwasserverluste SG	GW	n.q.	592	433	752	
SB	Trinkwasser	PHH	30.415.000	137	69	206	
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN			1.710.865.700	60.769	52.334	69.204	
SUMME INPUT			n.q.	4.630	3.875	5.385	
SUMME OUTPUT			n.q.	4.018	3.465	4.572	
LAGERVERÄNDERUNG			n.q.	612			
LAGERBESTAND ENDE			n.q.	61.381			



Tabelle 9-25: Prozess Nahrungs- und Genussmittelherstellung

PROZESS NAHRUNGS- UND GENUSSMITTELHERSTELLUNG							
Herkunft INPUT GÜTER			Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]		
					MW	von	bis
I	Import pflanzl. und tierische Produkte	NGM		163.149	1.461	1.218	1.753
I	Import Futtermittel	NGM		226.652	12.381	10.029	14.732
PB	pflanzl. Produkte LW	NGM		404.425	3.194	2.687	3.702
TH	tierische Produkte LW	NGM		842.275	12.082	10.568	13.595
OUTPUT GÜTER							
NGM	Export Nahrungsmittel	E		373.800	3.177	2.617	3.738
NGM	Export Futtermittel	E		102.712	2.054	2.054	2.054
NGM	Nahrungsmittel	DL		596.400	5.069	4.175	5.964
NGM	Futtermittel	TH		407.426	15.488	12.884	18.092
NGM	biogene Koppelprodukte	SIG		35.468	983	849	1.118
NGM	biogene Abfälle	SA		120.695	1.209	951	1.468
NGM	Abwasser, direkt	AWW		n.q.	132	118	146
NGM	Abwasser, indirekt	AWW		20.370.000	1.004	999	1.010
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN				n.q.	n.q.	n.q.	n.q.
SUMME INPUT				n.q.	29.118	24.502	33.783
SUMME OUTPUT				n.q.	29.118	24.646	33.589
LAGERVERÄNDERUNG				n.q.	0		
LAGERBESTAND ENDE				n.q.	n.q.		

Tabelle 9-26: Prozess Dienstleistung

PROZESS DIENSTLEISTUNG							
Herkunft INPUT GÜTER			Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]		
					MW	von	bis
I	Nahrungsmittel, importiert	DL		117.870	894	745	1.073
I	Energieträger	DL		457.112	2.699	2.571	2.827
DL	Nahrungsmittel Gemeinschaftsverpfl.	DL		44.400	276	241	311
DL	Nahrungsmittel DL	DL		7.159	54	47	61
NGM	Nahrungsmittel	DL		596.400	5.069	4.175	5.964
OUTPUT GÜTER							
DL	Energieträger	E		457.112	2.699	2.571	2.827
DL	Nahrungsmittel PHH	PHH		684.580	5.179	4.524	5.834
DL	Nahrungsmittel Gemeinschaftsverpfl.	DL		44.400	276	241	311
DL	Nahrungsmittel DL	DL		7.159	54	47	61
DL	biogene Abfälle DL (Biotonne)	SA		22.490	191	157	225
DL	biogene Abfälle DL	SA		7.200	61	50	72
DL	Abwasser DL	AWW		n.q.	532	488	576
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN				n.q.	n.q.	n.q.	n.q.
SUMME INPUT				n.q.	8.993	7.779	10.236
SUMME OUTPUT				n.q.	8.993	8.079	9.906
LAGERVERÄNDERUNG				n.q.	0		
LAGERBESTAND ENDE				n.q.	n.q.		



Tabelle 9-27: Prozess Be- und Verarbeitung von Holz

PROZESS BE- UND VERARBEITUNG VON HOLZ							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
I	Holzwaren	BVH	109.340	1.339	601	2.077	
FW	Nutzholz	BVH	1.922.432	1.844	1.499	2.189	
I	N-hältige Kunstharze	BVH	24.920	7.850	5.732	9.968	
SA	Holz- und Papierabfälle	BVH	152.799	221	171	271	
OUTPUT GÜTER							
BVH	Holzexport	E	663.420	794	662	953	
BVH	Holzwarenexport	E	270.200	6.755	4.053	9.457	
BVH	Holz	HVP	276.500	265	216	315	
BVH	Sägenebenprodukte	HVP	261.150	250	204	297	
BVH	Platten	SIG	56.000	1.540	1.400	1.680	
BVH	Sägenebenprodukte (Abfall)	SA	294.000	282	229	335	
BVH	Spanplattenabfälle	SA	33.600	924	840	1.008	
BVH	Schnittholz	SIG	354.620	443	355	532	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
	LAGERINPUT		2.209.491	11.254	8.003	14.505	
	LAGEROUTPUT		2.209.491	11.254	7.958	14.577	
	LAGERVERÄNDERUNG		0	0			
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	n.q.			

Tabelle 9-28: Prozess Herstellung und Verarbeitung von Papier

PROZESS HERSTELLUNG UND VERARBEITUNG VON PAPIER							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
I	Import Rohholz+SNP (Ausland)	HVP	266.149	545	454	654	
I	Import Rohholz+SNP (Inland)	HVP	532.299	1.091	909	1.309	
I	Zell- und Holzstoff, importiert	HVP	234.000	351	234	468	
I	Papier, Pappe, FSK	HVP	442.000	663	442	884	
SIG	Zell- und Holzstoff	HVP	260.000	390	260	520	
SA	Altpapier (SIG)	HVP	145.400	218	145	291	
SA	Altpapier (PHH)	HVP	82.228	123	82	164	
I	Altpapier, importiert	HVP	363.372	545	363	727	
BVH	Rohholz	HVP	276.500	265	216	315	
BVH	Sägenebenprodukte	HVP	261.150	250	204	297	
OUTPUT GÜTER							
HVP	Papier, Pappe, FSK (PHH)	PHH	97.987	147	98	196	
HVP	Papier, Pappe, FSK (SIG)	SIG	201.562	302	202	403	
HVP	Holz- und Zellstoff	SIG	220.000	330	220	440	
HVP	Sortierrückstände	SA	90.000	135	90	180	
HVP	Rinde	SA	114.000	285	228	342	
HVP	sonstige Abfälle (AW-Schlämme)	SA	44.550	100	89	111	
HVP	Altpapier, exportiert	E	66.000	99	66	132	
HVP	Papier, Pappe, FSK, exportiert	E	2.029.000	3.044	2.029	4.058	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
	SUMME INPUT		2.863.098	4.442	3.309	5.629	
	SUMME OUTPUT		2.863.098	4.442	3.022	5.862	
	LAGERVERÄNDERUNG		0	0			
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	n.q.			



Tabelle 9-29: Prozess Privater Haushalt

PROZESS PRIVATER HAUSHALT							
Herkunft INPUT GÜTER		Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
DL	Nahrungsmittel	PHH	684.580	5.179	4.524	5.834	
GW	Trinkwasser (GW)	PHH	56.485.000	255	128	383	
SB	Trinkwasser (Quellwasser)	PHH	30.415.000	137	69	206	
SB	Grünschnitt	PHH	73.000	621	511	730	
SIG	Brennholz	PHH	479.493	1.163	887	1.439	
I	Energieträger	PHH	1.583.784	8.189	8.020	8.357	
SIG	Gebrauchsgüter	PHH	n.q.	5.774	4.405	7.143	
SIG	Verbrauchsgüter	PHH	n.q.	952	714	1.191	
HVP	Papier, Pappe, FSK (PHH)	PHH	97.987	147	98	196	
OUTPUT GÜTER							
PHH	biogene Abfälle	SA	33.735	287	236	337	
PHH	Grünabfälle	SA	15.991	136	112	160	
PHH	Grünschnitt (Eigenkompostierung)	SB	73.000	621	511	730	
PHH	Einzel- und Gemeinschaftskomp.	SA	68.815	585	482	688	
PHH	Restmüll PHH	SA	134.689	611	449	773	
PHH	Altpapier,...	SA	82.228	123	82	164	
PHH	Kunststoff	SA	21.284	426	319	532	
PHH	Altholz	SA	11.329	34	23	45	
PHH	Sperrmüll	SA	46.900	70	47	94	
PHH	Abwasser PHH	AWW	63.360.000	4.130	3.787	4.473	
PHH	SG-Inhalt	AWW	13.900.000	778	721	835	
PHH	Abluft	E	n.q.	9.489	8.976	10.002	
PHH	Oberflächenabschwemmung Kanal	AWW	n.q.	276	245	306	
LAGER							
LAGERBESTAND BEGINN			1.345.349	66.077	55.957	76.197	
SUMME INPUT			n.q.	22.417	19.356	25.478	
SUMME OUTPUT			n.q.	17.565	15.990	19.140	
LAGERVERÄNDERUNG			n.q.	4.853			
LAGERBESTAND ENDE			n.q.	70.929			



Tabelle 9-30: Prozess sonstige Industrie und Gewerbe

PROZESS SONSTIGE INDUSTRIE UND GEWERBE							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
I	Energieträger	SIG	1.579.026	9.324	8.881	9.766	
FW	Brennholz	SIG	479.493	1.163	887	1.439	
I	Kunststoffe, zur Verarbeitung	SIG	35.000	2.100	1.750	2.450	
I	Kunststoffe (Verpackung, Halbzeuge,...)	SIG	113.000	271	90	452	
I	organische und anorganische Erz.	SIG	3.600	2.520	2.520	2.520	
PB	pflanzl. Produkte, sonstige	SIG	134.808	1.065	896	1.234	
BVH	Platten	SIG	56.000	1.540	1.400	1.680	
I	Platten, importiert	SIG	24.000	660	600	720	
BVH	Schnittholz	SIG	354.620	443	355	532	
HVP	Holz- und Zellstoff	SIG	220.000	330	220	440	
I	Holz- und Zellstoff, importiert	SIG	146.667	220	147	293	
HVP	Papier, Pappe, FSK	SIG	201.562	302	202	403	
SA	Baurestmassen, wiederverwertet	SIG	2.415.000	1.811	1.324	2.299	
SA	Kunststoffe, wiederverwertet	SIG	12.770	255	192	319	
NGM	biogene Koppelprodukte	SIG	35.468	983	849	1.118	
GW	Trink- und Brauchwasser (GW)	SIG	82.000.000	370	185	555	
OW	Brauchwasser (OW)	SIG	215.000.000	258	215	301	
OUTPUT GÜTER							
SIG	Brennholz	PHH	479.493	1.163	887	1.439	
SIG	Altpapier	SA	145.400	218	145	291	
SIG	Abluft	E	1.579.026	9.324	8.881	9.766	
SIG	Bodenaushub (D)	SA	200.000	200	100	300	
SIG	Holz- und Zellstoff	HVP	260.000	390	260	520	
SIG	Abfälle	SA	2.973.315	3.651	2.655	4.647	
SIG	Abwasser	AWW	n.q.	1.020	961	1.078	
SIG	organische und anorganische Erz.	E	1.200	840	840	840	
SIG	Gebrauchsgüter	PHH	n.q.	5.774	4.405	7.143	
SIG	Verbrauchsgüter	PHH	n.q.	952	714	1.191	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
	SUMME INPUT		n.q.	23.616	20.711	26.521	
	SUMME OUTPUT		n.q.	23.532	19.849	27.215	
	LAGERVERÄNDERUNG		n.q.	84			
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	n.q.			



Tabelle 9-31: Prozess Sammlung

PROZESS SAMMLUNG						
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]		
				MW	von	bis
NGM	biogene Abfälle NGM	SA	120.695	1.209	951	1.468
DL	biogene Abfälle DL (Biotonne)	SA	22.490	191	157	225
DL	biogene Abfälle DL	SA	7.200	61	50	72
PHH	biogene Abfälle PHH (Biotonne)	SA	33.735	287	236	337
SIG	Abfälle SIG	SA	2.973.315	3.651	2.655	4.647
SIG	Bodenaushub (D)	SA	200.000	200	100	300
BVH	Spanplattenabfälle	SA	33.600	924	840	1.008
BVH	Sägenebenprodukte	SA	294.000	282	229	335
HVP	Sortierrückstände	SA	90.000	135	90	180
HVP	Rinde	SA	114.000	285	228	342
HVP	sonst. Abfälle (AW-Schlämme)	SA	44.550	100	89	111
PHH	Restmüll PHH	SA	134.689	611	449	773
PHH	Grünabfälle	SA	15.991	136	112	160
PHH	Altpapier (PHH)	SA	82.228	123	82	164
SIG	Altpapier (SIG)	SA	145.400	218	145	291
PHH	Kunststoff	SA	21.284	426	319	532
PHH	Altholz	SA	11.329	34	23	45
PHH	Sperrmüll	SA	46.900	70	47	94
PHH	Einzel- und Gemeinschaftskomp.	SA	68.815	585	482	688
I	Importierte Abfälle	SA	200.000	800	600	1.000
OUTPUT GÜTER						
SA	Altpapier	HVP	227.628	341	228	455
SA	biogene Abfälle BCV	BCV	200.110	1.884	1.507	2.262
SA	Restmüll PHH (BCV)	BCV	33.439	152	111	192
SA	Restmüll PHH (D)	D	101.250	459	337	581
SA	Restmüll SIG (D)	D	161.658	832	578	1.086
SA	Sperrmüll	D	46.900	70	47	94
SA	Bodenaushub, deponiert	D	200.000	200	100	300
SA	Baurestmassen	SIG	2.415.000	1.811	1.324	2.299
SA	Baurestmassen	D	235.000	176	176	176
SA	Restmüll SIG (V)	V	161.658	832	578	1.086
SA	Holz- und Papierabfälle, wiederverwertet	BVH	152.799	221	171	271
SA	Holz- und Papierabfälle (V)	V	305.597	442	342	541
SA	Holz- und Papierabfälle (E)	E	50.933	74	57	90
SA	Spanplattenabfälle	E	33.600	924	840	1.008
SA	Kunststoff, wiederverwertet	SIG	12.770	255	192	319
SA	Kunststoff (V)	V	8.514	170	128	213
SA	sonst. Abfälle (AW-Schlämme)	V	44.550	100	89	111
SA	Einzel- und Gemeinschaftskomp.	SB	68.815	585	482	688
SA	Importierte Abfälle	D	200.000	800	600	1.000
LAGER						
	LAGERBESTAND BEGINN		0	0	0	0
	SUMME INPUT		4.660.220	10.329	7.885	12.773
	SUMME OUTPUT		4.660.220	10.329	7.885	12.773
	LAGERVERÄNDERUNG		0	0		
	LAGERBESTAND ENDE		0	0		



Tabelle 9-32: Prozess Biochemische Verfahren

PROZESS BIOCHEMISCHE VERFAHREN							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
SA	Bioabfall (Biotonne)	BCV	56.225	478	394	562	
SA	Garten- und Parkabfälle	BCV	13.201	112	92	132	
SA	Friedhofsabfälle	BCV	2.790	24	20	28	
SA	biogene Abfälle (DL)	BCV	7.200	61	50	72	
SA	biogene Abfälle (NGM)	BCV	120.695	1.209	951	1.468	
SA	Restmüll	BCV	33.439	152	111	192	
OUTPUT GÜTER							
BCV	Kompost und Gärgut	LWB	119.766	1.679	1.343	2.015	
BCV	Kompost und Gärgut	SB	13.307	187	149	224	
BCV	Rückstände Restmüll	D	22.237	150	110	190	
BCV	Abgas	E	78.239	20	16	25	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		0	0	0	0	
	SUMME INPUT		233.549	2.036	1.619	2.454	
	SUMME OUTPUT		233.549	2.036	1.619	2.454	
	LAGERVERÄNDERUNG		0	0			
	LAGERBESTAND ENDE		0	0			

Tabelle 9-33: Prozess Thermische Verwertung

PROZESS THERMISCHE VERWERTUNG							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
SA	Restmüll SIG (V)	V	185.108	867	601	1.133	
SA	Holz- und Papierabfälle (V)	V	305.597	442	342	541	
SA	Kunststoff (V)	V	8.514	170	128	213	
SA	sonst. Abfälle (AW-Schlämme)	V	44.550	100	89	111	
AWW	Klärschlamm ARA-V (kommunal)	V	2.973	144	137	152	
AWW	Klärschlamm ARA-V (industriell)	V	11.900	577	547	607	
OUTPUT GÜTER							
V	feste Rückstände (V)	D	149.854	45	36	54	
V	Abgas	E	385.338	2.220	1.784	2.656	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		0	0	0	0	
	SUMME INPUT		558.641	2.300	1.844	2.757	
	SUMME OUTPUT		535.191	2.265	1.820	2.710	
	LAGERVERÄNDERUNG		23.450	35			
	LAGERBESTAND ENDE		23.450	35			



Tabelle 9-34: Prozess Abwasserwirtschaft

PROZESS ABWASSERWIRTSCHAFT							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
PHH	Abwasser PHH	AWW	63.360.000	4.130	3.787	4.473	
PHH	Abwasser SG	AWW	13.900.000	778	721	835	
PHH	Oberflächenabschwemmung Kanal	AWW	n.q.	276	245	306	
NGM	Abwasser NGM, indirekt	AWW	20.370.000	1.004	999	1.010	
NGM	Abwasser NGM, direkt	AWW	n.q.	132	118	146	
SIG	Abwasser SIG, indirekt	AWW	10.185.000	502	499	505	
SIG	Abwasser SIG, direkt	AWW	n.q.	518	462	573	
DL	Abwasser DL	AWW	10.185.000	532	488	576	
OUTPUT GÜTER							
AWW	Regenüberlauf	OW	n.q.	349	210	488	
AWW	Ablauf ARA, kommunal	OW	104.100.000	2.137	2.021	2.252	
AWW	Ablauf ARA, Direkteinleiter	OW	n.q.	158	143	173	
AWW	Sickerwasserverluste Kanal	SB	n.q.	54	0	109	
AWW	Sickerwasserverluste SG	SB	n.q.	592	433	752	
AWW	Klärschlamm ARA (LWB)	LWB	8.918	433	410	455	
AWW	Klärschlamm SG (LWB)	LWB	n.q.	203	72	334	
AWW	Klärschlamm ARA (D)	D	7.927	384	365	404	
AWW	Klärschlamm ARA (V) (kommunal)	V	2.973	144	137	152	
AWW	Klärschlamm ARA (V) (industriell)	V	11.900	577	547	607	
AWW	Klärschlamm ARA (SB)	SB	13.212	641	608	674	
AWW	Denitrifikation	E		2.199	920	3.478	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
	SUMME INPUT		n.q.	7.871	7.319	8.424	
	SUMME OUTPUT		n.q.	7.871	5.866	9.877	
	LAGERVERÄNDERUNG		n.q.	0			
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	n.q.			

Tabelle 9-35: Prozess Deponie

PROZESS DEPONIE							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
SA	Restmüll PHH (D)	D	124.700	494	361	628	
SA	Restmüll SIG (D)	D	161.658	832	578	1.086	
SA	Bodenaushub, deponiert	D	200.000	200	100	300	
SA	Baurestmassen (D)	D	235.000	176	176	176	
BCV	Rückstände Restmüll	D	22.237	150	110	190	
V	feste Rückstände (V)	D	149.854	45	36	54	
AWW	Klärschlamm ARA (D)	D	7.927	384	365	404	
SA	Importierte Abfälle	D	200.000	800	600	1.000	
D	Feststoffe Sickerwasser	D	1.148	81	72	90	
OUTPUT GÜTER							
D	gereinigtes Sickerwasser	OW	113.620	20	18	23	
D	Feststoffe Sickerwasser	D	1.148	81	72	90	
THV	Abgas	E	42.165	6	4	8	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		8.433.000	27.407	21.083	33.732	
	SUMME INPUT		1.102.523	3.164	2.398	3.929	
	SUMME OUTPUT		156.932	108	95	121	
	LAGERVERÄNDERUNG		945.591	3.056			
	LAGERBESTAND ENDE		9.378.591	30.463			



Tabelle 9-36: Prozess Grundwasser

PROZESS GRUNDWASSER							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
LWB	Auswaschung LWB	GW	n.q.	7.323	5.692	8.954	
FWB	Auswaschung FWB	GW	n.q.	5.511	3.006	8.016	
SB	Auswaschung SB	GW	n.q.	1.627	1.446	1.807	
SB	Sickerwasserverluste Kanal	GW	n.q.	54	0	109	
SB	Sickerwasserverluste SG	GW	n.q.	592	433	752	
OUTPUT GÜTER							
GW	Trinkwasser	PHH	56.485.000	255	128	383	
GW	Bewässerungswasser	LWB	n.q.	147	73	220	
GW	Brauchwasser	SIG	82.000.000	370	185	555	
GW	Denitrifikation	E	n.q.	3.474	1.058	5.891	
GW	Export von Grundwasser	E	491.757.900	2.221	1.110	3.331	
GW	Trinkwasser (Export)	E	120.000.000	542	271	813	
GW	Exfiltration von Grundwasser	OW	n.q.	8.098	16.812	-617	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	
	SUMME INPUT		n.q.	15.107	10.577	19.638	
	SUMME OUTPUT		n.q.	15.107	19.638	10.577	
	LAGERVERÄNDERUNG		n.q.	0			
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.	n.q.			

Tabelle 9-37: Prozess Oberflächenwasser

PROZESS OBERFLÄCHENWASSER							
Herkunft	INPUT GÜTER	Ziel	Gütermenge [t/a]	Stofffracht [t N/a]			
				MW	von	bis	
LWB	Erosion und Abschwemmung LWB	OW	n.q.	880	490	1.270	
FWB	Erosion und Abschwemmung FWB	OW	n.q.	1.152	902	1.403	
SB	Erosion SB	OW	n.q.	1.319	1.301	1.337	
TH	Wirtschaftsdünger (OW)	OW	52.102	275	252	298	
GW	Grundwasser	OW	n.q.	8.098	-617	16.812	
AWW	Regenüberlauf	OW	n.q.	349	210	488	
AWW	Ablauf ARA, kommunal	OW	104.100.000	2.137	2.021	2.252	
AWW	Ablauf ARA, Direkteinleiter	OW	n.q.	158	143	173	
D	gereinigtes Deponiesickerwasser	OW	113.620	20	18	23	
I	Zuflüsse von Oberflächenwässern	OW	1.419.000.000	730	664	803	
OUTPUT GÜTER							
OW	Denitrifikation	E	n.q.	2.049	-6.143	10.138	
OW	Brauchwasser	SIG	215.000.000	258	215	301	
OW	Abflüsse von Oberflächenwässern	E	8.530.000.000	12.050	10.955	13.255	
LAGER							
	LAGERBESTAND BEGINN		n.q.	<<	<<	<<	
	SUMME INPUT		n.q.	15.117	5.383	24.858	
	SUMME OUTPUT		n.q.	14.357	5.027	23.694	
	LAGERVERÄNDERUNG		n.q.	760	356	1.164	
	LAGERBESTAND ENDE		n.q.				



Tabelle 9-38: Berechnung der Stickstoffmasse in den Deponien und im Sickerwasser

Deponie	Basisarten		Lagerbestand		Sickerwasseraustrag						
	Volumen m³	Oberfläche m²	N Gehalt mg/kg	N Menge [t]	Niederschlag l/m²	N Anteil mg/l		Sickerwasser l/a	N Fracht t		
Frohnleiten	2.217.000	221.700	3.250	7.205	700	800	1.000	31.038	24.830	31.038	in Betrieb
Judenburg	456.000	45.600	3.250	1.482	700	800	1.000	6.384	5,107	6,384	
Eisenerz	704.000	70.400	3.250	2.288	700	800	1.000	9.856	7,885	9,856	
Bad Ausee	49.000	4.900	3.250	159	700	800	1.000	686	0,549	0,686	
Halbenrain	1.410.000	141.000	3.250	4.583	700	800	1.000	19.740	15,792	19,740	
Oed	291.000	29.100	3.250	946	700	800	1.000	4.074	3,259	4,074	
Liezen	380.000	38.000	3.250	1.235	700	800	1.000	5.320	4,256	5,320	
Allerheiligen	675.000	67.500	3.250	2.194	700	800	1.000	9.450	7,560	9,450	
Hartberg	45.000	4.500	3.250	146	700	800	1.000	630	k.A		
Karlschacht/Köflach	1.500.000	150.000	3.250	4.875	700	800	1.000	21.000	16,800	21,000	
Deutschlandsberg	110.000	7.333	3.250	358	700	800	1.000	1.027	0,821	1,027	
Mariazell	34.000	2.267	3.250	111	700	800	1.000	317	0,254	0,317	
Hitzendorf	18.000	1.200	3.250	59	700	800	1.000	168	0,134	0,168	
Weiz	424.000	28.267	3.250	1.378	700	800	1.000	3.957	3,166	3,957	
Aich	120.000	8.000	3.250	390	700	800	1.000	1.120	k.A		
Summe erfasst	8.433.000	482.067		27.407				114.767	90	113	
Summe geschätzt	16.866.000	964.133		54.815				229.535	181	226	

9.2 Anhang Eisen

Tabelle 9-39: Berechnung der Eisenmasse in den Deponien und im Sickerwasser

Deponie	Basisarten		Lagerbestand		Sickerwasseraustrag						
	Volumen m³	Oberfläche m²	Fe Gehalt mg/kg	Fe Menge [t]	Niederschlag l/m²	Fe Anteil mg/l		Sickerwasser l/a	Fe Fracht kg		
Frohnleiten	2.217.000	221.700	50.000	121.935	700	5	8	31.038.000	155	248	in Betrieb
Judenburg	456.000	45.600	50.000	25.080	700	5	8	6.384.000	32	51	
Eisenerz	704.000	70.400	50.000	38.720	700	5	8	9.856.000	49	79	
Bad Ausee	49.000	4.900	50.000	2.695	700	5	8	686.000	3	5	
Halbenrain	1.410.000	141.000	50.000	77.550	700	5	8	19.740.000	99	158	
Oed	291.000	29.100	50.000	16.005	700	5	8	4.074.000	20	33	
Liezen	380.000	38.000	50.000	20.900	700	5	8	5.320.000	27	43	
Allerheiligen	675.000	67.500	50.000	37.125	700	5	8	9.450.000	47	76	
Hartberg	45.000	4.500	50.000	2.475	700	5	8	630.000	3	5	
Karlschacht/Köflach	1.500.000	150.000	50.000	82.500	700	5	8	21.000.000	105	168	
Deutschlandsberg	110.000	7.333	50.000	6.050	700	5	8	1.026.667	5	8	
Mariazell	34.000	2.267	50.000	1.870	700	5	8	317.333	2	3	
Hitzendorf	18.000	1.200	50.000	990	700	5	8	168.000	1	1	
Weiz	424.000	28.267	50.000	23.320	700	5	8	3.957.333	20	32	
Aich	120.000	8.000	50.000	6.600	700	5	8	1.120.000	6	9	
Summe erfasst	8.433.000	482.067		463.815					574	918	
Summe geschätzt	16.866.000	964.133		927.630					1.148	1.836	



Tabelle 9-40: Importierte Produkte – SITC (dreistellig) (Statistik Austria, 2005)

Außenhandel (Statistik Austria, 2005)		Import A	Fe-Anteil	Import A	Stmk.	IGDL	PHH	IGDL	PHH	
SITC	Warenbezeichnung	[t]	[%]	[t Fe]	Anteil [%]	[t Fe]	Anteil [%]	Anteil [%]	[t Fe]	PHH [t Fe]
6	Bearbeitete Waren									
67	Eisen und Stahl									
677	Schienen, Oberbaumaterial	11.592	95	11.012	20	2.202	100	-	2.202	-
679	Rohre, Hohlprofile, Verbindungsstücke u.dgl.	320.947	90	288.852	20	57.770	90	10	51.993	5.777
69	Metallwaren a.n.g.									
691	Konstruktionen, -teile aus Eisen, Stahl, Alu	240.073	98	235.271	20	47.054	95	5	44.702	2.353
692	Transportbehälter u.ä.	63.629	98	62.356	20	12.471	95	5	11.848	624
693	Drahterzeugnisse	177.210	96	170.122	20	34.024	90	10	30.622	3.402
694	Nägeln, Schrauben u.ä.	88.295	91	80.349	20	16.070	80	20	12.856	3.214
695	Werkzeuge	25.912	60	15.547	20	3.109	90	10	2.798	311
696	Messerschmiedewaren	3.957	50	1.979	20	396	80	20	317	79
697	Hauswirtschaftliche Artikel aus unedl. Metallen	41.496	77	31.952	20	6.390	10	90	639	5.751
699	Waren aus unedlen Metallen a.n.g.	354.848	94	333.557	20	66.711	50	50	33.356	33.356
7	Maschinen und Fahrzeuge									
71	Kraftmaschinen									
711	Dampfkessel u.dgl.	4.455	60	2.673	20	535	90	10	481	53
712	Dampfmaschinen, Teile davon a.n.g.	1.127	60	676	20	135	95	5	128	7
714	And. nichtelektr. Motoren, Kraftmaschinen a.n.g.	2.593	60	1.556	20	311	95	5	296	16
718	Andere Kraftmaschinen a.n.g.	11.743	40	4.697	20	939	90	10	845	94
72	Arbeitsmaschinen									
721	Landwirtschaftliche Maschinen	50.382	70	35.268	30	10.580	100	-	10.580	-
722	Zugmaschinen	17.269	60	10.361	20	2.072	100	-	2.072	-
723	Hoch- und Tiefbaumaschinen	127.655	70	89.359	20	17.872	100	-	17.872	-
724	Textil- und Ledermaschinen	8.384	70	5.869	20	1.174	100	-	1.174	-
725	Papiermaschinen	16.636	70	11.645	20	2.329	100	-	2.329	-
726	Druck- und Buchbindemaschinen, Teile davon	8.138	70	5.697	20	1.139	100	-	1.139	-
727	Nahrungsmittelmaschinen	6.237	70	4.366	20	873	100	-	873	-
728	Spezialmaschinen	92.787	70	64.951	20	12.990	100	-	12.990	-
73	Metallbearbeitungsmaschinen									
731	Spanabhebende Werkzeugmaschinen	15.478	70	10.835	20	2.167	100	-	2.167	-
733	Maschinen z. spanlosen Bearbeiten v. Metallen	5.549	70	3.885	20	777	100	-	777	-
735	Teile der Gruppen 731 und 733	20.557	70	14.390	20	2.878	100	-	2.878	-
737	Andere Metallbearbeitungsmaschinen a.n.g.	17.876	70	12.513	20	2.503	100	-	2.503	-
74	Maschinen a.n.g.									
741	Heiz- u. Kühlanlagen	59.758	50	29.879	20	5.976	98	2	5.856	120
742	Pumpen, Hebewerke	21.754	60	13.052	20	2.610	98	2	2.558	52
743	Kompressoren, Zentrifugen u.dgl.	61.645	60	36.987	20	7.397	98	2	7.249	148
744	Hebe- und Fördervorrichtungen	89.105	50	44.553	20	8.911	98	2	8.732	178
745	Andere nichtelektrische Maschinen	34.239	50	17.119	20	3.424	98	2	3.355	68
747	Armaturen u.ä. Apparate f. Rohrleitungen usw.	26.974	20	5.395	20	1.079	80	20	863	216
749	Nichtelektr. Teile u. Zubehör f. Maschinen u.dgl.	14.292	50	7.146	20	1.429	90	10	1.286	143
75	Büro-EDV-Maschinen									
751	Büromaschinen	3.663	20	733	20	147	90	10	132	15
752	Datenverarbeitungsmaschinen	23.481	20	4.696	20	939	80	20	751	188
759	Teile der Gruppen 751 und 752	11.609	20	2.322	20	464	90	10	418	46
76	Nachrichtengeräte									
761	Fernsehempfangsgeräte	17.590	20	3.518	15	528	10	90	53	475
762	Rundfunkempfangsgeräte	4.565	20	913	15	137	10	90	14	123
763	Ton-Bildaufnahme- und -wiedergabegeräte	4.592	20	918	15	138	10	90	14	124
764	Nachrichtengeräte	23.210	20	4.642	15	696	10	90	70	627
77	Elektrische Maschinen, Geräte a.n.g.									
771	Elektrische Maschinen (ex Gruppe 716)	29.594	30	8.878	20	1.776	60	40	1.065	710
772	Schalter, Stecker u.dgl.	57.390	10	5.739	20	1.148	60	40	689	459
773	Stromverteiler a.n.g.	150.327	10	15.033	20	3.007	60	40	1.804	1.203
774	Medizin-, chirurg., El-Diagnoseapparate u.dgl.	1.411	10	141	20	28	100	-	28	-
775	Haushaltsgeräte a.n.g.	103.514	20	20.703	15	3.105	-	100	-	3.105
776	Kathoden-, Elektronenröhren u.dgl.	9.820	10	982	20	196	90	10	177	20
778	Elektr. Maschinen, Apparate, Geräte a.n.g.	94.711	20	18.942	20	3.788	90	10	3.410	379
78	Straßenfahrzeuge									
781	PKW, einschl. Kombi	435.242	60	261.145	15	39.172	30	70	11.752	27.420
782	LKW, Spezial-Kfz	98.632	70	69.042	20	13.808	100	-	13.808	-
783	Straßenfahrzeuge a.n.g.	45.017	60	27.010	20	5.402	95	5	5.132	270
785	Krafttrader und Fahrräder	17.536	70	12.275	15	1.841	5	95	92	1.749
786	Fahrzeughänger u.ä.	97.864	70	68.505	20	13.701	90	10	12.331	1.370
79	Andere Transportmittel									
791	Schienenfahrzeuge	123.576	70	86.503	20	17.301	100	-	17.301	-
792	Luftfahrzeuge u.dgl.	2.989	40	1.196	20	239	80	20	191	48
793	Wasserfahrzeuge u.ä.	105.497	40	42.199	15	6.330	20	80	1.266	5.064
Summe		3.504.415	66	2.319.899	19	450.191	78	22	350.834	99.356



Tabelle 9-41: Berechnung der Eisenmasse in den Privatbahnen

Bestand	Anzahl	Umrechnung	Masse	Fe-Anteil	Masse Fe
	[Stück]	kg/Stück	[t]	[%]	[t]
Privatbahnen (2002)					
Elektrische Lokomotiven	5	84.000	420	59	248
Diesellokomotiven	30	81.000	2.430	84	2.041
Dampflokomotiven	7	80.000	560	84	470
Triebwagen	26	60.000	1.560	70	1.092
Personenwagen	60	5.000	300	80	240
Gepäckwagen	6	10.000	60	90	54
Güterwagen	352	10.000	3.520	90	3.168
Summe	486		8.850	83	7.313

Tabelle 9-42: Mineralische Rohstoffe

Bergfreie Mineralische Rohstoffe, Abbau Stmk 2003				
	[t]	[mg Fe /kg]	[t] Fe	Quelle
Kohle	1.152.383	7.000	8.067	Eva Kraft
Kalkstein	3.178.639	15.000	47.680	[Merian, 1984]
Gips und Anhydrit	440.183	5.000	2.201	Annahme
Talk	137.596	5.000	688	Annahme
Rohmagnesit	503.314	10.000	5.033	Annahme
Ton	318.982	48.000	15.311	[Merian, 1984]
Basaltische Gesteine	654.950	86.000	56.326	[Merian, 1984]
Zwischensumme	6.386.047	21.188	135.305	
Grundeigene Mineralische Rohstoffe, Abbau Stmk 2003				
	[t]	[mg Fe /kg]	[t] Fe	Quelle
Kalkstein	2.432.146	15.000	36.482	[Merian, 1984]
Quarz und Quarzit	225.765	10.000	2.258	P 39
Quarzkies	340.331	10.000	3.403	P 39
Basaltische Gesteine	1.834.877	86.000	157.799	[Merian, 1984]
Dolomit	685.290	10.000	6.853	P 39
Gneis	25.946	33.000	856	[Merian, 1984]
Zwischensumme	5.544.355	37.453	207.652	
Summe: Mineralische Rohstoffe			342.957	



Tabelle 9-43: Ernterückstände

Ernterückstände	Gütermenge	Stroh:Korn	Ernte- rückstände [t]	Fe-Gehalt [mg/kg]	Fe [t]
Steiermark 2003	[t]				[t]
Getreide					
Weizen	41.046	0,95	38.994	33	1,29
Hafer	6.160	1,20	7.392	58	0,43
Triticale	11.173	1,00	11.173	20	0,22
Wintergerste	29.407	1,00	29.407	28	0,82
Sommergerste	31.043	1,10	34.147	28	0,96
Roggen	10.731	1,40	15.023	49	0,74
Körnermais	355.884	1,30	462.649	15	6,94
Corn cob mix	172.531	1,30	224.290	20	4,49
übriges Getreide	1.944	1,00	1.944	20	0,04
Körnerleguminosen					-
Körnererbisen	1.214	1,40	1.700	18	0,03
Ackerbohnen	2.331	2,00	4.662	20	0,09
Ölfrüchte					-
Raps	2.065	1,70	3.511	10	0,04
sonstige Ölfrüchte	10.273	1,50	15.410	10	0,15
Zucker- und Futterrüben					-
Zucker- und Futterrüben	16.591	0,80	13.273	20	0,27
Kartoffeln					-
Kartoffeln	16.186	0,40	6.474	20	0,13
Summe	708.579		870.048		16,63

Tabelle 9-44: Produkte Obst

Produkt	Erntemenge	Erntemenge	Erntemenge	Erntemenge	Fe-Gehalt	Fe-Gehalt
	Stmk (2004)	Ö (2004)	Stmk (2003)	Ö (2003)	[mg/kg]	[t]
Feldgemüse	53.505	553.080	44.490	502.304	5	0,22
Wein	16.732	273.456	15.479	252.985	5	0,08
Obst	301.891	792.294	296.442	784.228	5	1,48
Tabak	151	-	151	-	5	0,00
Hopfen	110	-	110	-	5	0,00
Summe	372.389	1.618.830	356.672	1.539.517		1,78



Tabelle 9-45: Produkte Ackerbau

Produkt	Erntemenge Stmk (2003)	Fe-Gehalt [mg/kg]	Fe-Gehalt [t]
Brotgetreide	52.036		2
Weichweizen	41.046	33	1
Hartweizen	0	33	0
Dinkel		20	0
Roggen	10.731	49	1
Wintermenggetreide	259	30	0
Futtergetreide	607.883		11
Sommermenggetreide	1.685	30	0
Hafer	6.160	58	0
Triticale	11.173	20	0
Wintergerste	29.407	28	1
Sommergerste	31.043	28	1
Körnermais	355.884	15	5
Corn cob mix	172.531	20	3
anderes Getreide		20	0
Körnerleguminosen	3.545		0
Körnererbsen	1.214	18	0
Ackerbohnen	2.331	20	0
Hülsenfrüchte		20	0
Ölfrüchte	12.338		0
Winterraps	1.994	10	0
Sommerraps und Rübsen	71	10	0
Sonnenblumen	440	66	0
Sojabohnen	2.053	31	0
Ölkürbis	7.780	20	0
sonstige Ölsaaten			0
Sonstige	32.777		0
Frühe und mittelfrühe Speisekartoffeln	15.680	10	0
Spätkartoffeln	506	10	0
Zuckerrüben	14.924	20	0
Futterrüben	1.667	20	0
Ernte Ackerbau	708.579		14



Tabelle 9-46: Grünfutter

Produkt	Fläche 2003		spez. Ertrag	Erntemenge Stmk (2003)	Fe-Gehalt [g/kg]	Fe-Gehalt [t] Stmk (2003)
	Stmk	Ö				
Grünfutterpflanzen	33.165	221.857		522.439		20
Silo und Grünmais	9.603	71.553	41,9	402.162	0,015	10
Rotklee	180	7.369		32.154	0,335	10
Luzerne	218	9.398	0,0		0,300	0
Kleegras	5.705	55.414	0,0		0,300	0
Egart	17.260	70.805	5,0	86.730	0,010	0
Sonstiger Feldfutterbau	199	7.318	7,0	1.393	0,010	0
Dauergrünland	320.000	1.810.387	3,5	1.134.071		330
Einmähdige Wiesen	9.871	55.659	2,3	22.418	0,300	10
Zwei- und mehrmähdige Wiesen	153.664	815.945	5,1	780.801	0,300	230
Kulturweiden	26.092	93.462	5,5	143.506	0,300	40
Hutweiden	22.486	116.362	2,0	44.972	0,300	10
Almen, Bergmälder	104.504	709.479	1,0	104.504	0,300	30
Streuwiesen	3.383	19.480	3,5	37.870	0,300	10
Ernte Grünfutterpflanzen				1.656.510		350

Tabelle 9-47: Deposition

Messpunkte / Deposition Fe Leoben/Donawitz	Jahresmittelwerte Eisen [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]	
	97/98	98/99
	Do1 Utschmoar	173
Do2 Niklasdorf- Bahnhof	360	409
Do3 Köllach	183	210
Do4 Proleb	226	268
Do5 Niklasdorf- WIFI	257	354
Do6 Mühlthal	395	416
Do7 Station Leoben	356	556
Do8 Judendorf	465	395
Do9 Tivoli- Stadion	362	665
Do10 Judaskreuzsiedlung	225	419
Do11 Station Donawitz	221	368
Do12 BFI	153	273
Do13 Zellenfeldgasse	256	463
Do14 St.Peter/Freienstein	386	529
Do15 Kittenwaldstrasse	246	379
Do16 Traidersberg LEO3	508	403
Do17 Traidersberg LEO8	364	390
Do18 Traidersberg LEO3-8	369	481
Mittelwert	306	398
Fläche Steiermark [km^2]	16.388	16.388
Deposition [t Fe / a]	1.829	2.379
Annahme: 50 % [t Fe / a]	915	1.189



9.3 Anhang Kupfer

Tabelle 9-48: Import / Export von Kupfer in die Steiermark 2003

Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Ein fuhr	Ausfuhr	Anteil St	Cu-Anteil	Ein fuhr	Aus fuhr
KN - 26	KN - Bezeichnung	2003 [t]	2003 [t]	[%]	[%]	2003 [t Cu]	2003 [t Cu]
26	Erze Schlacken und Aschen						
2603	Kupfererze und ihre Konzentrate						
2603 00 00	Kupfererze und ihre Konzentrate	121	15	20	90	22	3
2620	Aschen und Rückstände, die Arsen, Metalle oder Metallverbindungen enthalten (ausg. solche aus der Eisen- und Stahlherstellung)						
2620 30 00	Aschen und Rückstände, überwiegend Kupfer enthaltend	8.072	3.792	5	60	242	114
2621	Schlacken und Aschen, einschl. Seetangasche; Aschen und Rückstände vom Verbrennen von Siedlungsabfällen (ausg. Schlacken, einschl. granulierten Schlacke, aus der Eisen- und Stahlherstellung sowie Aschen und Rückstände der Aschen- und Schlackestellung)						
2621 10 00	Aschen und Rückstände vom Verbrennen von Siedlungsabfällen	2.209	15	20	1	4	0
2621 90 00	Schlacken und Aschen, einschl. Seetangasche (ausg. Schlacken, einschl. granulierten Schlacke, aus der Eisen- und Stahlherstellung, Aschen und Rückstände, die Arsen, Metalle oder Metallverbindungen enthalten sowie solche vom Verbrennen von Siedlungsabfällen)	42.414	52.725	20	5	424	527
Summe		52.816	56.546			692	644
Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Ein fuhr	Aus fuhr	Anteil St	Cu-Anteil	Ein fuhr	Aus fuhr
KN - 28	KN - Bezeichnung	2003 [t]	2003 [t]	[%]	[%]	2003 [t Cu]	2003 [t Cu]
28	Anorgan. chem. Erzeugn., chem. Elemente						
2825	Hydrazin und Hydroxylamin und ihre anorganischen Salze; anorganische Basen sowie Metalloide, Metallhydroxide und Metalperoxide, a.n.g.						
2825 50 00	Kupferoxide und Kupferhydroxide	35	31	20	73	5	5
2827	Chloride, Chloridoxide und Chloridhydroxide; Bromide und Bromidoxide; Iodide und Iodidoxide						
2827 41 00	Kupferchloridoxide und Kupferchloridhydroxide	1.012	695	20	55	112	77
2833	Sulfate; Alaune; Peroxosulfate "Persulfate"						
2833 25 00	Kupfersulfat	3.502	355	15	40	209	21
2834	Nitrite; Nitrate						
2834 29 30	Kupfernitrate und Quecksilbernitrate	1	-	20	34	0	-
2836	Carbonate, Peroxocarbonate "Percarbonate"; handelsübliches Ammoniumcarbonat, Ammoniumcarbonat enthaltend						
2836 99 11	Magnesiumcarbonate und Kupfercarbonate	30	6	20	51	3	1
Summe		4.579	1.088			329	103



Tabelle 9-48 (Fortsetzung):

Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Ein fuhr	Aus fuhr	Anteil ST	Cu-Anteil	Ein fuhr	Ausfuhr
7410 11 00	Folien und dünne Bänder, aus raffiniertem Kupfer, ohne Unterlage, mit einer Dicke von <= 0,15 mm (ausg. Prägefolien der Pos. 3212, Metallgarne und metallisierte Garne sowie als Christbaumschmuck aufgemachte Folien)	1.128	6	15	100	169	1
7410 12 00	Folien und dünne Bänder, aus Kupferlegierungen, ohne Unterlage, mit einer Dicke von <= 0,15 mm (ausg. Prägefolien der Pos. 3212, Metallgarne und metallisierte Garne sowie als Christbaumschmuck aufgemachte Folien)	97	28	15	55	8	2
7410 21 00	Folien und dünne Bänder, aus raffiniertem Kupfer, auf Unterlage, mit einer Dicke "ohne Unterlage" von <= 0,15 mm (ausg. Prägefolien der Pos. 3212, Metallgarne und metallisierte Garne sowie als Christbaumschmuck aufgemachte Folien)	2.997	2.424	15	100	450	364
7410 22 00	Folien und dünne Bänder, aus Kupferlegierungen, auf Unterlage, mit einer Dicke "ohne Unterlage" von <= 0,15 mm (ausg. Prägefolien der Pos. 3212, Metallgarne und metallisierte Garne sowie als Christbaumschmuck aufgemachte Folien)	855	357	15	55	71	29
7411 10 11	Rohre aus raffiniertem Kupfer, gerade, mit einer Wanddicke von > 0,6 mm	5.303	18.306	15	100	795	2.746
7411 10 19	Rohre aus raffiniertem Kupfer, gerade, mit einer Wanddicke von <= 0,6 mm	122	190	15	100	18	28
7411 10 90	Rohre aus raffiniertem Kupfer, in Rollen oder sonst gebogen	2.875	4.597	15	100	431	690
7411 21 10	Rohre aus Kupfer-Zink-Legierungen "Messing", gerade	1.406	668	15	65	137	65
7411 21 90	Rohre aus Kupfer-Zink-Legierungen "Messing", in Rollen oder sonst gebogen	1.680	1.681	15	65	164	164
7411 22 00	Rohre aus Kupfer-Nickel-Legierungen "Kupfemickel" oder Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen "Neusilber"	39	1.199	15	55	3	99
7411 29 00	Rohre aus Kupferlegierungen (ausg. aus Kupfer-Zink-Legierungen [Messing], Kupfer-Nickel-Legierungen [Kupfemickel] oder Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen [Neusilber])	385	459	15	55	32	38
7412 10 00	Rohrformstücke, Rohrverschlußstücke und Rohrverbindungsstücke, aus raffiniertem Kupfer	958	30	15	100	144	4
7412 20 00	Rohrformstücke, Rohrverschlußstücke und Rohrverbindungsstücke, aus Kupferlegierungen	2.598	812	15	65	253	79
7415 10 00	Stifte und Nägel, Reißnägel, Krampen, Klammern und ähnl. Waren, aus Kupfer oder mit Schaft aus Eisen oder Stahl und Kupferkopf (ausg. Klammern, in Streifen zusammenhängend)	30	11	15	99	4	2
7415 21 00	Unterlegscheiben, einschl. Federringe und -scheiben, aus Kupfer	31	75	15	99	5	11
7415 29 00	Bolzen, Niete, Splinte, Keile und ähnl. Waren, ohne Gewinde, aus Kupfer (ausg. Unterlegscheiben [einschl. Federringe -scheiben])	114	47	15	99	17	7
7415 33 00	Schrauben, Bolzen, Muttern und ähnl. Waren, mit Gewinde, aus Kupfer (ausg. Schraubhaken, Ring- und Osenschrauben, Schraubnägel, Stöpsel, Spunde und dergl., mit Schraubengewinde)	329	550	15	99	49	82
7415 39 00	Schraubhaken, Ring- und Osenschrauben und ähnl. Waren, mit Gewinde, aus Kupfer (ausg. gewöhnliche Schrauben sowie Bolzen und Muttern)	213	201	15	99	32	30
7416 00 00	Federn aus Kupfer (ausg. Uhrfedern, Federringe, Federscheiben)	20	15	15	99	3	2
7417 00 00	Kochgeräte und Heizgeräte, nichtelektrisch, von der im Haushalt verwendeten Art und Teile davon, aus Kupfer (ausg. Warmwasserbereiter und Badeöfen)	2	4	15	99	0	1
7418 11 00	Schwämme, Putzlappen, Handschuhe und ähnl. Waren, zum Scheuern, Polieren oder dergl., aus Kupfer (ausg. Sanitär-, Hygiene- oder Toilettenartikel)	18	7	15	99	3	1
7418 19 00	Haushaltsartikel, Hauswirtschaftsartikel, und Teile davon, aus Kupfer (ausg. Schwämme, Putzlappen, Handschuhe und ähnl. Waren, Koch- und Heizgeräte der Pos. 7417, Kannen, Dosen und ähnl. Behälter der Pos. 7419, Artikel mit Werkzeugcharakter, Schneidwaren, Löffel, Schöpfkellen usw., Ziergegenstände sowie Sanitär-, Hygiene- oder Toilettenartikel)	38	4	15	99	6	1
7418 20 00	Sanitärartikel, Hygieneartikel oder Toilettenartikel, und Teile davon, aus Kupfer (ausg. Kannen, Dosen und ähnl. Behälter der Pos. 7419 sowie Armaturen)	330	49	15	99	49	7
7419 10 00	Ketten und Teile davon, aus Kupfer (ausg. Uhrketten, Schmuckketten usw.)	13	13	15	99	2	2
7419 91 00	Waren aus Kupfer, gegossen oder geschmiedet, jedoch nicht weiter bearbeitet, a.n.g.	222	11	15	99	33	2
7419 99 00	Waren aus Kupfer, a.n.g.	3.090	890	15	99	459	132



Tabelle 9-48 (Fortsetzung):

Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Einfuhr	Ausfuhr	Anteil St	Cu-Anteil	Einfuhr	Ausfuhr
KN-74 Abfälle	KN - Bezeichnung			[%]	[%]	2003 [t Cu]	
74	Kupfer und Waren daraus						
7404	Abfälle und Schrott, aus Kupfer (ausg. Rohblöcke [Ingots] oder ähnl. Rohformen, aus eingeschmolzenen Abfällen und Schrott aus Kupfer, Aschen und Rückstände, die Kupfer enthalten sowie Abfälle und Schrott von elektrischen Primärelementen, -batterien und Akkumulatoren)				-	-	-
7404 00 10	Abfälle und Schrott, aus raffiniertem Kupfer (ausg. Rohblöcke [Ingots] oder ähnl. Rohformen, aus eingeschmolzenen Abfällen und Schrott aus raffiniertem Kupfer, Aschen und Rückstände, die raffiniertes Kupfer enthalten sowie Abfälle und Schrott von elektrischen Primärelementen, -batterien und Akkumulatoren)	58178	7106	1	99	576	70
7404 00 91	Abfälle und Schrott, aus Kupfer-Zink-Legierungen "Messing" (ausg. Rohblöcke [Ingots] oder ähnl. Rohformen, aus eingeschmolzenen Abfällen und Schrott aus Kupfer-Zink-Legierungen, Aschen und Rückstände, die Kupfer-Zink-Legierungen enthalten sowie Abfälle und Schrott von elektrischen Primärelementen, -batterien und Akkumulatoren)	4221	6873	1	65	27	45
7404 00 99	Abfälle und Schrott, aus Kupferlegierungen (ausg. aus Kupfer-Zink Legierungen, Rohblöcke [Ingots] oder ähnl. Rohformen, aus eingeschmolzenen Abfällen und Schrott aus Kupferlegierungen, Aschen und Rückstände, die Kupferlegierungen enthalten sowie Abfälle und Schrott von elektrischen Primärelementen, -batterien und Akkumulatoren)	10224	11855	1	50	51	59
Summe		72623	25834			655	174
Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Ein	Aus		Anteil St	Cu-Anteil	Einfuhr
KN - 85	KN - Bezeichnung	fuhr	fuhr		[%]	[%]	2003 [t Cu]
8544	Drähte und Kabel "einschl. Koaxialkabel" für elektrotechnische Zwecke, isoliert "auch lackisoliert oder elektrolytisch oxidiert" und andere isolierte elektrische Leiter, auch mit Anschlussstücken; Kabel aus optischen, einzeln umhüllten Fasern, auch elektrische Leiter enthaltend oder mit Anschlussstücken						
8544 11 10	Wickeldrähte für elektrotechnische Zwecke, aus Kupfer, lackiert	7688	16117	20	99	1522	3191
8544 11 90	Wickeldrähte für elektrotechnische Zwecke, aus Kupfer, isoliert (ausg. lackiert)	3742	5336	20	60	449	640
8544 19 90	Wickeldrähte für elektrotechnische Zwecke, aus anderen Stoffen als Kupfer, isoliert (ausg. lackiert)	122	69	20	50	12	7
8544 20 00	Koaxialkabel und andere koaxiale elektrische Leiter, isoliert	3025	646	20	25	151	32
8544 41 10	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von <= 80 V, isoliert, mit Anschlussstücken versehen, von der für Telekommunikationszwecke verwendeten Art, a.n.g.	337	215	20	50	34	22
8544 41 90	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von <= 80 V, isoliert, mit Anschlussstücken versehen, a.n.g.	2954	3783	20	50	295	378
8544 49 20	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von <= 80 V, isoliert, nicht mit Anschlussstücken versehen, von der für Telekommunikationszwecke verwendeten Art, a.n.g.	1581	2531	20	50	158	253
8544 49 80	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von <= 80 V, isoliert, nicht mit Anschlussstücken versehen, a.n.g.	2531	21472	20	50	253	2147
8544 51 10	Leiter von der für Telekommunikationszwecke verwendeten Art, elektrisch, für eine Spannung von > 80 V bis 1.000 V, isoliert, mit Anschlussstücken versehen, a.n.g.	125	43	15	50	9	3
8544 51 90	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von > 80 V bis 1.000 V, isoliert, mit Anschlussstücken versehen, a.n.g. (ausg. von der für die Fernmeldetechnik verwendeten Art)	4195	3791	15	50	315	284
8544 59 10	Drähte und Kabel, elektrisch, für eine Spannung von > 80 V bis 1.000 V, isoliert, nicht mit Anschlussstücken versehen, mit einem Durchmesser der Leitereinzeldrähte von > 0,51 mm, a.n.g.	5484	6746	15	50	411	506
8544 59 20	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von 1.000 V, isoliert, nicht mit Anschlussstücken versehen, mit einem Durchmesser der Leitereinzeldrähte von <= 0,51 mm, a.n.g.	24196	5571	20	50	2420	557
8544 59 80	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von > 80 V, jedoch < 1.000 V, isoliert, nicht mit Anschlussstücken versehen, mit einem Durchmesser der Leitereinzeldrähte von <= 0,51 mm, a.n.g.	46150	8731	15	50	3461	655
8544 60 10	Leiter, elektrisch, für eine Spannung von > 1.000 V, isoliert, mit Kupferleitern, a.n.g.	2052	475	20	60	246	57
Summe		104182	75.525			9.737	8733



Tabelle 9-48 (Fortsetzung):

Außenhandel (Statistik Austria, 2004)		Einfuhr		Ausfuhr		Einfuhr		Ausfuhr	
SITC - 7	SITC, revised 3 - Bezeichnung	2003 [t]		2003 [t-Cu]		Anteil St [%]	Cu-Anteil [%]	Einfuhr	Ausfuhr
7	Maschinen und Fahrzeuge								
75	Büro- und EDV-Maschinen	38.751	1.679	20	5			388	17
76	Nachrichtengeräte	49.956	28.049	20	5			500	280
775	Haushaltsgeräte	103.513	67.166	15	3			466	302
781	PKW, einschl. Kombi	435.242	283.229	16	1,4			975	634
782	LKW, Spezial-Kfz	98.632	78.103	14	1			138	109
783	Straßenfahrzeuge a.n.g.	45.017	36.923	15	1			68	55
791	Schienenfahrzeuge	123.575	116.011	20	3			741	696
793	Wasserfahrzeuge u.ä.	105.497	99.083	2	0,5			11	10
Summe		1.000.182	710.243					3.285	2.105



Tabelle 9-49: Kupferlager in der Steiermark

Infrastruktur				Cu Lager [t]	Cu Lager kg/cap
Immobilien				97.971	81,6
	325.000	Wohnhäuser	44.000		
	Anzahl	A [m²]	A [m²]	Cu [t]	kg/cap
Dächer	25.830	25	645.750	57.601	48
Fassadenteile			0	0	0
Wasserleitungen	370.000	2	662.226	5.907	4,9
Heizungsleitungen	530.000	2	948.594	8.461	7,1
Stromleitungen	530.000	0	5.300	23.638	19,7
Telekommunikationsleitungen	530.000	0	530	2.364	2
Netzwerke				54.000	45
	Länge [km]	anzahl d Leitung	A [mm²]	Cu [t]	kg/cap
Stromleitungen	8.000	6	400	24.405	20,3
Trafostionen und Ähnliches				6.000	5
Telekommunikationsleitungen	35.000	1	50	14.830	12,4
Schiennetz Straßenbahn	65	4	100	220	0,2
O-Bus leitungen	32	2	100	54	0
Schiennetz Eisenbahnen	1.351	6	100	6.869	5,7
Seilbahnen	268	3	100	681	0,6
Mobillien				33.584	28
	Stück	Gewicht	[t]	Cu [t]	kg/cap
Motorräder	104.000	0,2	20.800	208	0,2
PKW	625.000	1,3	812.500	11.375	9,5
LKW	46.000	7,5	345.000	3.450	2,9
Nutzfahrzeuge	90.000	4	360.000	3.600	3
Straßenbahnen	79	25	1.975	296	0,2
Eisenbahntriebwagen	359	80	28.720	4.308	3,6
Andere Schienenfahrzeuge	4.646	15	69.690	697	0,6
Maschinen	100.000	0,5	50.000	750	0,6
Kleingeräte	20.000.000	0,002	40.000	1.200	1
Münzen				500	0,4
Sonstiges (Messing, Neusilber)			12.000	7.200	6
Deponie				72 000	46,6
Deopnievolumen	8.400.000	m³	2.200	27.720	23,1
Nach Graedel 2002 2003	85.000.000	Lager weltweit	0,0008	68.000	56,7
Nach Wittmer 2003	1.200.000	EW	60	72.000	60
Gesamt				257.000	201,2

Tabelle 9-50: Kupferlager in Euromünzen in der Steiermark

	Gewicht [g]	Anzahl d Münzen	Gewicht d Münzen	Cu Gehalt	Cu in [t]	Anteil St	Cu in [t]
1 Cent	2,3	13.000.000.000	29.900	5,00%	1.495	0,40%	6
2 Cent	3,06	11.000.000.000	33.660	5,00%	1.683	0,40%	7
5 Cent	3,92	9.500.000.000	37.240	5,00%	1.862	0,40%	7
10 Cent	4,1	8.000.000.000	32.800	89,00%	29.192	0,40%	117
20 Cent	5,74	6.200.000.000	35.588	89,00%	31.673	0,40%	127
50 Cent	7,8	4.000.000.000	31.200	89,00%	27.768	0,40%	111
1 Euro	7,5	4.500.000.000	33.750	50,00%	16.875	0,40%	68
2 Euro	8,5	3.000.000.000	25.500	50,00%	12.750	0,40%	51
			259.638		123.298		493,19328



Tabelle 9-51: Kupferentzug in der Landwirtschaft

	Fläche in ha	Cu Gehalt [g/ha.a]	Cu [t]
Auswaschung	1.364.000	49	67
Entzug Landwirtschaft	380.000	46	17
Erosion	1.744.000	38	66
Entzug sonstiger Pflanze	980.000	53	54
Summe			204

Tabelle 9-52: Kupfer in Lebensmitteln

Lebensmittel	Cu [mg/kg]	Verbrauch [t]	Ausfuhr [t]	Cu [t]
Getreide	9	1.048.600	220.000	11,44
Obst	5	250.000	47.000	1,49
Gemüse	5	200.000	46.000	1,23
Fleisch	3 - 45	224.000	70.000	1,72
Milch und Milchprodukte	10	133.333	46.667	1,80
Summe				17,68

Tabelle 9-53: Kupferdeposition

Messpunkte	Jahresmittelwerte Kupfer [$\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{d}$]		
	96/97	97/98	98/99
Do1 Utschmoar	91,06	22,33	84,97
Do2 Niklasdorf- Bahnhof	25,8	41,42	39,99
Do3 Köllach	11,88	10,77	15,91
Do4 Proleb	14,39	16,65	18,48
Do5 Niklasdorf- WIFI	11,07	14,62	12,86
Do6 Mühlthal	24,86	24,83	22,46
Do7 Station Leoben	39,44	41,92	33,29
Do8 Judendorf	28,91	18,07	18,84
Do9 Tivoli- Stadion	51,24	58,16	57,91
Do10 Judaskreuzsiedlung	40,46	58,26	45,85
Do11 Station Donawitz	96,38	67,77	49,83
Do12 BFI	128,55	87,18	58,7
Do13 Zellenfeldgasse	92,02	68,45	35,31
Do14 St.Peter/Freienstein	197,2	183,76	308,45
Do15 Kittenwaldstrasse	x	94,64	23,47
Do16 Traidersberg LEO3	x	10,36	9,46
Do17 Traidersberg LEO8	x	9,11	7,91
Do18 Traidersberg LEO3-8	x	11,95	11,88

Tabelle 9-54: Kupfer in Staubemissionen aus MVA-Schlackedeponien

	Kg/ha.a	ha	t
Cu Deposition	0,07	1.640.000	114,8

OFZ Seibersdorf 1991 in "Staubemissionen aus Müllverbrennungsschlacke-Deponien
 Renate Huber, Gernot Döberl, Paul Brunner IWA, TU Wien 2000



Tabelle 9-55: Kupferflüsse in der Abwasserwirtschaft

Berechnung Kläranlage		A	ST
mittlere Klärschlammgehalte	mg/kgTS	200	160
Klärschlammengen	<u>1000 tTS/a</u>	243	33
Frachten im Klärschlamm	t/a	49	5,28
Rückhalt auf ARA	%	80	80
Zulauf ARA	t/a	61	6,6
Ablauf ARA	<u>t/a</u>	12	1,32
Berechnung der Einträge aus dem Haushalt			
spezifische Einträge	g/(E.a)	4	4
Einträge in kommunale ARAs	t/a	27	3,94
Einträge Einzelhausentsorgung	t/a	4,8	0,86
Berechnung der Einträge aus Oberflächenabschwemmung			
spezifische Gesamteinträge	g/(E.a)	6	6
Gesamteinträge Oberflächen	t/a	41	7,2
Emissionen über Trennkanalisation	t/a	8,2	1,44
Mischwasserentlastung	<u>t/a</u>	16	2,88
Einträge in ARAs	t/a	16	2,88
Berechnung der Einträge aus Industrie und Gewerbe (indirekte Einleitung)			
Industrie	t/a	17	2,975
EPER Frachten (indirekte Einleitung, unterste Grenze industrieller Emissionen)			
Industrie (Summe EPER Fracht)	t/a	1	0,7
Gesamteintrag in Misch- und Trennkanalisation			
Summe	t/a	85	15,24
Anteil Haushalt	<u>%</u>	32	4,8768
Anteil Industrie und Gewerbe	%	20	3,048
Anteil Oberflächenabfluss	%	48	7,3152
Anteile am Kläranlagenzulauf			
Anteil Haushalt	%	45	2,97
Anteil Industrie und Gewerbe	%	28	1,848
Anteil Oberflächenabfluss	%	27	1,782
Gewässeremissionen aus der kommunalen Abwasserentsorgung			
Summe	t/a	37	6,66
Anteil Kläranlagenablauf	%	33	2,1978
Anteil Regenkanal	%	22	1,4652
Anteil Mischwasserentlastung	%	45	2,997
Gewässerfrachten			
Mittlere Konzentrationen	µg/l	3,6	
Nettoexport über Fließgewässer	t/a	191	22,92



Tabelle 9-56: Kupfer in Abfallfraktionen

1. Restmüll inkl. Sperrmüll	(t/a)	(kg/EW.a)	Gehalt mg/kg	t/a	kg/EW.a
Restmüll - gemischte Siedlungsabfälle	134.588,80	113,7	2200	296	246,75
Sperrmüll - sperrige Siedlungsabfälle	46.606,60	39,4	2200	103	85,45
Summe	181.195,40	153,1	0	399	332,19
2. Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle	(t/a)	(kg/EW.a)	Gehalt mg/kg	t/a	kg/EW.a
Bioabfall getrennt erfasst (Biotonne)	56.224,60	47,5	2	0	
Friedhofsabfälle	2.790,00	2,4		0	
kommunale Garten- und Parkabfälle	13.200,60	11,2		0	
Summe	72.215,20	61,1	0	0	0,00
3. Altstoffe - verwertbare Siedlungsabfälle	(t/a)	(kg/EW.a)	Gehalt %	t/a	kg/EW.a
Textilien	2.954,20	2,5		0	0,00
Altmetall - Eisenschrott (ohne KFZ)	14.342,80	12,1		0	0,00
Altholz	11.328,50	9,6		0	0,00
Silofolien	497,1	0,4		0	0,00
Flachglas	381,3	0,3		0	0,00
Nichteisenmetalle	11,7	0		0	0,00
Verbundglas	8,1	0		0	0,00
Altspeseöle und -fette	1.075,90	0,9		0	0,00
Styropor	6,6	0		0	0,00
Summe	30.606,30	25,8	0	0	0,00
4. Problemstoffe	(t/a)	(kg/EW.a)	Gehalt g/t	t/a	kg/EW.a
Mineralische Altöle	548,1	0,5	10	0	5,00
Altmedikamente	97,2	0,1		0	0,00
Lampen (Leuchtstoffröhren)	21,6	0		0	0,00
Kühlgeräte	615,7	0,5	40000	25	20000,00
Kleinbatterien	117	0,1	20000	2	2000,00
Autobatterien	725,9	0,6	20000	15	12000,00
Problemstoffe - sonstige	1.773,20	1,5		0	0,00
Summe	3.898,70	3,3	0	41	34005,00
5. Sonstige Abfälle					
Altfenster	0,2	0		0	0,00
Altreifen	434,4	0,4		0	0,00
Altreifen (LKW)	44	0		0	0,00
Altreifen mit Felge	86,7	0,1		0	0,00
Altreifen mit Felge (LKW)	11,3	0		0	0,00
Asche	11,6	0		0	0,00
Rechengut	1.113,10	0,9		0	0,00
Windeln	452,1	0,4		0	0,00
Sonstige Abfälle	5.985,10	5,1		0	0,00
Altreifen (Traktor)	14,7	0		0	0,00
Altreifen mit Felge (Traktor)	2	0		0	0,00
Summe	8.155,40	6,9	65	0	0,00
6. Baurestmassen					
Bauschutt	10.939,00	9,2		0	0,00
Baustellenabfälle	912,2	0,8		0	0,00
Aushubmaterial	337	0,3		0	0,00
Baurestmassen	378,4	0,3		0	0,00
Betonabbruch	60,5	0,1		0	0,00
Summe	12.627,10	10,7	0	0	0,00



Tabelle 9-56 (Fortsetzung):

7. Autowracks					
Autowracks	2.655,20	2,2	14.000	37	30800,00
Summe	2.655,20	2,2	0	37	30800,00
8. Elektro- und Elektronikaltgeräte					
EAG - Kleingeräte und Geräteteile	355,8	0,3	30.000	11	9000,00
EAG - Grossgeräte ohne Kühlgeräte	188,8	0,2	30.000	6	6000,00
EAG - Bildschirmgeräte	470,8	0,4	50.000	24	20000,00
Summe	1.015,40	0,9	0	40	0,00
9. Straßenkehricht					
Straßenkehricht	3.274,80	2,8		0	0,00
Summe	3.274,80	2,8	0	0	0,00
10. Verpackungsabfälle					
Altglas	29.441,20	24,9		0	0,00
Altpapier	82.227,70	69,5		0	0,00
Altmetall - Verpackungen	5.751,40	4,9		0	0,00
Leichtfraktion	21.284,00	18		0	0,00
Summe	138.704,30	117,3	0	0	0,00
Gesamt mengen	454.347,80	384,1	0	517	



Tabelle 9-57: Kupferabfälle lt. BAWP

S-Nr	Abfälle im Sinne § 3 (7) AWG Stoffbezeichnung gemäß ÖNorm S2100	Cu in [mg/kg]	Abfall-masse in [t/a] lt. BAWP 2001	Cu Frachten der Steiermark
13	Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung		670.001	5
134	Tierkörper	29	300.000	2
137	Tierische Fäkalien	29	370.001	3
14	Häute und Lederabfälle		127.225	2
17	Holzabfälle		4.021.675	12
17101	Rinde	4	1.400.000	1
17202	Bau- und Abbruchholz	184	200.000	9
18	Zellulose-, Papier- u. Pappeabfälle		1.412.238	7
18407	Rückstände aus der Altpapieraufbereitung	100	50.000	1
18718	Papier und Pappe, unbeschichtet	15	1.240.000	4
31	Abfälle mineralischen Ursprungs (ohne Metallabfälle)		31.318.967	3.352
31111	Hütten- und Gießereischutt	100	60.500	1
31215	Gichtgasstäube	300.000	700	43
31217	Filterstäube, NE-metallhaltig	600	13.000	2
31219	Hochofenschlacke	50	1.270.000	13
31220	Konverterschlacke	50	740.000	8
31223	Stäube, Aschen und Krätzen aus sonstigen Schmelzprozessen	300.000	48.500	2.997
31301	Flugaschen und -stäube aus Feuerungsanlagen	90	487.400	9
31305	Kohlenasche	1.000	25.000	5
31306	Holzasche, Strohasche	1.000	65.000	13
31307	Kesselschlacke	1.934	7.000	3
31308	Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen	1.934	200.000	80
31309	Flugaschen und -stäube aus Abfallverbrennungsanlagen	976	50.000	10
31401	Gießerei-Altsand	193	26.000	1
31409	Bauschutt und/oder Brandschutt (keine Baustellenabfälle)	28	3.300.000	19
31410	Straßenaufbruch	30	1.500.000	9
31411	Bodenaushub	28	20.000.000	115
31419	Feinstaub aus der Schlackenaufbereitung	35	182.000	1
31423	ölverunreinigte Böden	35	185.000	1
31424	sonstige verunreinigte Böden	35	182.000	1
31427	Betonabbruch	35	200.000	1
31467	Gleisschotter	28	1.400.000	8
31634	Carbonatationsschlamm	35	150.000	1
31635	Rübenerde	35	250.000	2



Tabelle 9-57 (Fortsetzung):

35	Metallabfälle		1.883.710	4.930
35201	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Ölradiatoren, Nachtspeicheröfen mit Asbestbestandteilen)	30.333	5.000	25
35202	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, ohne umweltrelevante Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Haushalts- und Küchengeräte, Audio- und Videogeräte)	30.333	80.000	400
35203	Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen und -teile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Starterbatterie, Bremsflüssigkeit, Motoröl)	10.000	50.000	82
35204	Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen und -teile, ohne umweltrelevante Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen	10.000	100.000	165
35207	Leiterplatten, bestückt	125.300	80	2
35301	Stanz- und Zerspanungsabfälle	5.000	8.000	8
35302	Blei (Bleistäube sind der SN 31217 zuzuordnen)	5.000	3.500	4
35303	Hartzink	5.000	3.000	3
35304	Aluminium, Aluminiumfolien	5.000	60.000	62
35309	Zink, Zinkplatten	5.000	1.000	1
35310	Kupfer	950.000	20.000	3.914
35314	Kabel	250.000	1.500	62
35315	NE-Metallschrott, NE-Metallemballagen	50.000	20.000	165
35322	Bleiakkumulatoren	10.000	17.000	28
35501	Zinkschlamm	1.000	13.400	3
51	Oxide, Hydroxide, Salzabfälle		119.156	571
511	Galvanikschlämme	25.000	14.149	55
51530	Kupferchlorid	472.000	6.700	489
51550	Kupfersalze, wasserlöslich (ausgenommen Kupferchlorid)	350.000	500	27
55	Abfälle von organischen Lösemitteln, Farben, Lacken, Klebstoffen, Kitten und Harzen		45.963	7
553	Abfälle von halogenfreien organischen Lösemitteln und Lösemittelgemischen	1.000	6.549	1
55370	Lösemittelgemische ohne halogenierte organische Bestandteile, Farb- und Lackverdünnungen (z.B. Nitroverdünnung), auch Frostschutzmittel	1.000	10.500	2
55502	Altlacke, Altfarben, soferne lösemittel- und/oder schwermetallhaltig, sowie nicht voll ausgehärtete Reste in Gebinden	1.000	7.000	1
57	Kunststoff- und Gummiabfälle		578.815	90
57118	Kunststoffemballagen	75	141.772	2



Tabelle 9-57 (Fortsetzung):

59	Andere Abfälle chemischer Umwandlungs- und Syntheseprodukte		25.182	2
91	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle		4.838.000	496
911	Hausmüll	2.200	134.589	296
91101	Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	480	30.606	15
91104	biogene Abfallstoffe, getrennt gesammelt	100	56.225	6
912	Gewerbeabfälle	2.200	120.000	41
91201	Verpackungsmaterial und Kartonagen	500	116.420	58
91206	Baustellenabfälle	200	1.100.000	34
91207	Leichtfraktion aus der Verpackungssammlung	200	21.284	4
91401	Sperrmüll	340	46.607	16
915	Straßenkehricht	200	200.000	6
91501	Straßenkehricht	200	3.275	1
91601	Viktualienmarkt- abfälle	200	20.000	1
917	Grünabfälle	100	300.000	5
91701	Garten- und Parkabfälle	100	13.201	9
91702	Friedhofsabfälle	100	2.790	3
94	Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung		2.330.975	96
943	Nichtstabilisierte Schlämme aus mechanisch-biologisch- schwerer Abwasserbehandlung, soweit sie nicht in anderen Positionen enthalten sind (Rohschlamm, Frischschlamm)	200	33.000	7
94303	Fäkalschlamm aus Hauskläranlagen, Sammelgruben	200	1.000.000	31
945	Stabilisierte Schlämme aus der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung	388	636.000	38
97	Abfälle aus dem medizinischen Bereich		35.240	1
99	sonstige Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle		97.010	3
100	Sonstige nicht erfasste Frachten			291
10011	EAG - Kleingeräte und Geräteteile	30.000	356	11
10012	EAG - Grossgeräte ohne Kühlgeräte	30.000	189	6
10013	EAG - Bildschirmgeräte	50.000	471	24
10014	Kühlgeräte	40.000	616	25
10015	Kleinbatterien	20.000	117	2
10016	Autobatterien	20.000	726	15
1002	Autowracks	14.000	2.655	210



9.4 Anhang Zink

Tabelle 9-58: Zinkgehalt in ausgewählten Gütern

Gut	Zn-Gehalt [mg/kg]	Quelle
Altmetall	300	Fehringer, 2004
Altöl	800	Daxbeck, 1998
Baurestmassen	3.200	Daxbeck, 1998
Büromaschinen	10.000	Gorden, 2003
Dünger	380	Kernbeis, 1995
Elektroaltgeräte	10.000	Döberl et al., 2004
EDV Maschinen	10.000	Gorden, 2003
Glas	300	Daxbeck, 1998
Grünschnitt	100	Daxbeck, 1998
Haushaltsgeräte	10.000	Gorden, 2003
KFZ	8.500	Graedel, 2003
Küchenabfälle	20	Daxbeck, 1998
Kunststoff	2.000	Daxbeck, 1998
Kunststoffabfälle	700	Daxbeck, 1998
Maschinen	2.000	Gorden, 2003
Nachrichtengeräte	10.000	Gorden, 2003
Papier	170	Daxbeck, 1998
Pedosphäre	70	Steiger & Baccini, 1990
Restmüll	2.200	Skutan & Brunner, 2004
Schrott	30	Fehringer, 2004
Sperrmüll	2.200	Skutan & Brunner, 2004
Textilien	8.000	Daxbeck, 1998
Reifen	25.000	Daxbeck, 1998



Tabelle 9-59: Zink Importe und Exporte; Steiermark 2003

KN	ZN Gehalt	Einfuhr		Ausfuhr		Anteil St %	Import St		Export St	
		[t]	[t] Zn	[t]	[t] Zn		[t] Zn	[t] Zn		
26										
2608 00 00	90,00%	194	175	0	0	20,00%		35	0	
2620 11 00	80,00%	7.413	5.930	42	34	15,00%		890	5	
2620 19 00	60,00%	1.294	776	4.897	2.938	20,00%		155	588	
2621 10 00	35,00%	2.209	773	15	5	20,00%		155	1	
2621 90 00										
		42.414	2.121	52.725	2.636	20,00%		424	527	
	Summe		9.775		5.613			1.659	1.121	
73										
7304 39 51										
		732	7	7	0	12,50%		1	0	
7306 30 51										
		5.240	52	1.163	12	12,50%		7	1	
7306 30 71										
		1.795	18		0	12,50%		2	0	
7312 10 51										
		8.874	89	89	1	15,00%		13	0	
7312 10 59										
		2.173	22	22	0	15,00%		3	0	
7314 31 00										
		1.917	58	216	6	12,50%		7	1	
7314 41 10										
		341	10	407	12	12,50%		1	2	
7314 41 90										
		1.784	54	476	14	12,50%		7	2	
7317 00 61										
		1.323	40	2.399	72	15,00%		6	11	



Tabelle 9-59 (Fortsetzung):

7312 10 75	Litzen aus Eisen oder anderem als nichtrostendem Stahl, mit einer größten Querschnittsabmessung von > 3 mm, verzinkt (ausg. isolierte) Erzeugnisse für die Elektrotechnik sowie verwendener Zaundraht und Stacheldraht)	3,00%	387	12	12	0	15,00%	2	0
7312 10 82	Kabel und Seile "einschl. verschlossene Seile", aus Eisen oder anderem als nichtrostendem Stahl, mit einer größten Querschnittsabmessung von > 3 mm bis 12 mm, nichtüberzogen oder nur verzinkt (ausg. isolierte) Erzeugnisse für die Elektrotechnik sowie verwendener Zaundraht und Stacheldraht)	3,00%	1.389	42	42	1	15,00%	6	0
7312 10 86	Kabel und Seile "einschl. verschlossene Seile", aus Eisen oder anderem als nichtrostendem Stahl, mit einer größten Querschnittsabmessung von > 24 mm bis 48 mm, nichtüberzogen oder nur verzinkt (ausg. isolierte) Erzeugnisse für die Elektrotechnik sowie verwendener Zaundraht und Stacheldraht)	1,00%	754	8	2.445	24	15,00%	1	4
7312 10 88	Kabel und Seile "einschl. verschlossene Seile", aus Eisen oder anderem als nichtrostendem Stahl, mit einer größten Querschnittsabmessung von > 48 mm, nichtüberzogen oder nur verzinkt (ausg. isolierte) Erzeugnisse für die Elektrotechnik sowie verwendener Zaundraht und Stacheldraht)	1,00%	1.291	13	890	9	15,00%	2	1
	Summe			423		153		58	22
72	Eisen und Stahl								
7210 30 10	Bleche elektrolytisch verzinkt, oberflächenbearbeitet	3,00%	32.387	972	11.604	348	37,00%	359	70
7210 30 90	Bleche elektrolytisch verzinkt	3,00%	12.078	362	194.696	5.841	37,00%	134	1.168
7210 41 10	Bleche verzinkt, gewellt, oberflächenbearbeitet	3,00%	3.639	109	449	13	37,00%	40	3
7210 41 90	Bleche verzinkt, gewellt	3,00%	223	7	1.616	48	37,00%	2	10
7210 49 10	Bleche verzinkt, ungewellt, oberflächenbearbeitet	3,00%	143.283	4.298	65.468	1.964	37,00%	1.590	393
7210 49 90	Bleche verzinkt, nicht gewellt	3,00%	17.515	525	437.671	13.130	37,00%	194	2.626
7210 61 10	Bleche Al-Zn, oberflächenbearbeitet	1,50%	3.282	49	167	3	37,00%	18	1
7210 61 90	Bleche Al-Zn	1,50%	1.738	26	375	6	37,00%	10	1
7212 20 11	Bandstahl elektrolyt verzinkt oberflächenbehandelt	3,00%	358	11	2.943	88	37,00%	4	18
7212 20 19	Bandstahl elektrolyt verzinkt Br < 600 mm	3,00%	1.453	44	551	17	37,00%	16	3
7212 20 90	Bandstahl elektrolyt verzinkt Br < 500 mm	3,00%	8.457	254	21.726	652	37,00%	94	130
7212 30 11	Bandstahl elektrolyt verzinkt Br < 500 mm	3,00%	2.982	89	19.823	595	37,00%	33	119
7212 30 19	Bandstahl elektrolyt verzinkt Br < 500 mm	3,00%	2.359	71	2.348	70	37,00%	26	14
7212 30 90	Bandstahl elektrolyt verzinkt Br < 500 mm	3,00%	34.306	1.029	195.077	5.852	37,00%	381	1.170
7212 50 93	Bandstahl Al-Zn	1,50%	4.337	65	343	5	37,00%	24	1
7216 91 30	Profile verzinkt D < 2,5mm	3,00%	4.224	127	1.511	45	37,00%	47	9
7216 91 50	Profile verzinkt D > 2,5mm	3,00%	415	12	337	10	37,00%	5	2
7217 20 30	Draht C < 0,25% verzinkt Querschnitt > 0,8mm		941	0	30	0	15,00%	0	0
7217 20 50	Draht C 0,25-0,6% verzinkt	3,00%	10.428	313	826	25	15,00%	47	4
7217 20 90	Draht C > 0,6% verzinkt	3,00%	712	21	314	9	15,00%	3	1
7225 91 10	Bleche elektrolytisch verzinkt, oberflächenbearbeitet	3,00%	2.929	88	4.849	145	15,00%	13	22
7225 91 90	Bleche elektrolytisch verzinkt, Br > 600mm	3,00%	13	0	10	0	37,00%	0	0
7225 92 10	Bleche verzinkt oberflächenbearbeitet	3,00%	25	1	2.147	64	37,00%	0	13
7225 92 90	Bleche verzinkt, Br > 600 mm	3,00%	2.629	79	1.069	32	37,00%	29	6
7226 93 20	Bleche elektrolytisch verzinkt Br < 500mm	3,00%	4	0	7.642	229	37,00%	0	46
7226 93 80	Bleche elektrolytisch verzinkt Br < 600mm	3,00%		0	10	0	37,00%	0	0
7226 94 20	Bleche verzinkt Br < 500mm	3,00%	140	4	14	0	37,00%	2	0
7226 94 80	Bleche verzinkt Br < 600mm	3,00%	25	1	4	0	37,00%	0	0
72.26.94.80	Bleche	3,00%	1.504	45	301	9	37,00%	17	2
	Summe			8.603		29.203		3.090	5.832



Tabelle 9-60: Abfallaufkommen in der Steiermark inkl. Zinkfrachten

Abfallgruppe	Sammelaufkommen		Zn		
	(t/a)	(kg/EW.a)	Gehalt %	t/a	kg/EW.a
1. Restmüll inkl. Sperrmüll					
Restmüll - gemischte Siedlungsabfälle	134.588,80	113,7	2.200	296	0,25
Sperrmüll - sperrige Siedlungsabfälle	46.606,60	39,4	2.200	103	0,09
Summe	181.195,40	153,1	2.200	399	0,34
2. Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle					
Bioabfall getrennt erfasst (Biotonne)	56.224,60	47,5	2.200	124	0,10
Friedhofsabfälle	2.790,00	2,4	2.200	6	0,01
kommunale Garten- und Parkabfälle	13.200,60	11,2	2.200	29	0,02
Summe	72.215,20	61,1	2.200	159	0,13
3. Altstoffe - verwertbare Siedlungsabfälle					
Textilien	2.954,20	2,5	2.200	6	0,01
Altmetall - Eisenschrott (ohne KFZ)	14.342,80	12,1	2.200	32	0,03
Altholz	11.328,50	9,6	2.200	25	0,02
Silofolien	497,1	0,4	2.200	1	0,00
Flachglas	381,3	0,3	2.200	1	0,00
Nichteisenmetalle	11,7	0	2.200	0	0,00
Verbundglas	8,1	0	2.200	0	0,00
Altspeseöle und -fette	1.075,90	0,9	2.200	2	0,00
Styropor	6,6	0	2.200	0	0,00
Summe	30.606,30	25,8	2.200	67	0,06
4. Problemstoffe					
Mineralische Altöle	548,1	0,5	2.200	1	0,00
Altmedikamente	97,2	0,1	2.200	0	0,00
Lampen (Leuchtstoffröhren)	21,6	0	2.200	0	0,00
Kühlgeräte	615,7	0,5	2.200	1	0,00
Kleinbatterien	117	0,1	0	0	0,00
Autobatterien	725,9	0,6	2.200	2	0,00
Problemstoffe - sonstige	1.773,20	1,5	2.200	4	0,00
Summe	3.898,70	3,3	2.200	8	0,01
5. Sonstige Abfälle					
Altfenster	0,2	0	0	0	0,00
Altreifen	434,4	0,4	2.200	1	0,00
Altreifen (LKW)	44	0	2.200	0	0,00
Altreifen mit Felge	86,7	0,1	2.200	0	0,00
Altreifen mit Felge (LKW)	11,3	0	2.200	0	0,00
Asche	11,6	0	2.200	0	0,00
Rechengut	1.113,10	0,9	2.200	2	0,00
Windeln	452,1	0,4	2.200	1	0,00
Sonstige Abfälle	5.985,10	5,1	2.200	13	0,01
Altreifen (Traktor)	14,7	0	2.200	0	0,00
Altreifen mit Felge (Traktor)	2	0	2.200	0	0,00
Summe	8.155,40	6,9	2.200	18	0,02
6. Baurestmassen					
Bauschutt	10.939,00	9,2	2.200	24	0,02
Baustellenabfälle	912,2	0,8	2.200	2	0,00
Aushubmaterial	337	0,3	2.200	1	0,00
Baurestmassen	378,4	0,3	2.200	1	0,00
Betonabbruch	60,5	0,1	2.200	0	0,00
Summe	12.627,10	10,7	2.200	28	0,02
7. Autowracks					
Autowracks	2.655,20	2,2	2.200	6	0,00
Summe	2.655,20	2,2	2.200	6	0,00
8. Elektro- und Elektronikaltgeräte					
EAG - Kleingeräte und Geräteteile	355,8	0,3	2.200	1	0,00
EAG - Grossgeräte ohne Kühlgeräte	188,8	0,2	2.200	0	0,00
EAG - Bildschirmgeräte	470,8	0,4	2.200	1	0,00
Summe	1.015,40	0,9	2.200	2	0,00



Tabelle 9-60 (Fortsetzung):

Abfallgruppe	Sammelaufkommen		Zn		
9. Straßenkehricht				0	
Straßenkehricht	3.274,80	2,8	2.200	7	0,01
Summe	3.274,80	2,8	2.200	7	0,01
10. Verpackungsabfälle					
Altglas	29.441,20	24,9	2.200	65	0,05
Altpapier	82.227,70	69,5	2.200	181	0,15
Altmittel - Verpackungen	5.751,40	4,9	2.200	13	0,01
Leichtfraktion	21.284,00	18	2.200	47	0,04
Summe	138.704,30	117,3	0	305	0,26
Gesamt mengen	454.347,80	384,1	0	999	0,845

Tabelle 9-61: Zinkabfälle lt. BAWP

S-Nr	Abfälle im Sinne § 3 (7) AWG Stoffbezeichnung gemäß ÖNorm S2100	erfasste Masse in [%]	erfasste Masse in [t/a]	Zn in [mg/kg]	TS in [%]	Abfall-masse in [t/a] lt. BAWP 2001	Zn fracht in der Steiermark
11	Nahrungs- und	1	538.180			538.180	1
13	Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung	1	670.001			670.001	2
134	Tierkörper		300000	22	30	300.000	1
14	Häute und Lederabfälle	1	124.000			127.225	13
14102	Rohspalt		25000	437	25	25.000	2
14104	Häute und Felle	S-quelle	50000	437	35	50.000	3
14402	Gerbereischlamm	N,P Ts-Q	21000	2.000	20	21.000	6
17	Holzabfälle	1	4.021.675			4.021.675	89
17101	Rinde		1400000	90	55	1.400.000	25
17102	Schwarten und Spreißel aus sauberem, unbeschichtetem Holz		320000	45	90	320.000	3
17103	Sägemehl und Sägespäne aus sauberem, unbeschichtetem Holz		1500000	11	94	1.500.000	3
17104	Holzschleifstäube und - schlämme		103000	85	94	103.000	2
17115	Spanplattenabfälle		178000	99	94	178.000	4
17201	Holzballagen und -abfälle, nicht verunreinigt		230000	50	94	230.000	2
17202	Bau- und Abbruchholz		200000	1.217	90	200.000	49
18	Zellulose-, Papier- u. Pappeabfälle	1	1.412.238			1.412.238	66
18101	Rückstände aus der Zellstoffherstellung		43800	560	80	43.800	5
18102	Rückstände aus der Chemikalienrückgewinnung der Zellstoffherstellung	alles	22500	560	80	22.500	3
18407	Rückstände aus der Altpapieraufbereitung		50000	560	44	50.000	6
18408	Abfälle aus der Zelluloseregeneratfaserher- stellung		20000	560	44	20.000	2
18718	Papier und Pappe, unbeschichtet		1240000	200	94	1.240.000	50



Tabelle 9-61 (Fortsetzung):

31	Abfälle mineralischen Ursprungs (ohne Metallabfälle)	1	31.312.309			31.318.967	1.022
31111	Hütten- und Gießereischutt		60500	100	100	60.500	1
31203	Schlacken aus NE-Metallschmelzen		18900	1.500	100	18.900	6
31204	Bleikrätze		300	200.000	100	300	12
31217	Filterstäube, NE-metallhaltig		13000	1.500	100	13.000	4
31218	Elektroofenschlacke		78000	280	100	78.000	4
31219	Hochofenschlacke		1270000	280	100	1.270.000	71
31220	Konverterschlacke		740000	280	100	740.000	41
31223	Stäube, Aschen und Krätzen aus sonstigen Schmelzprozessen		48500	1.000	100	48.500	10
31301	Flugaschen und -stäube aus Feuerungsanlagen	TS	487400	200	99	487.400	19
31305	Kohlenasche	TS, CI	25000	1.000	99	25.000	5
31306	Holzasche, Strohasche	TS	65000	1.000	99	65.000	13
31307	Kesselschlacke		7000	2.034	99	7.000	3
31409	Bauschutt und/oder Brandschutt (keine Baustellenabfälle)		3300000	350	90	3.300.000	185
31410	Straßenaufbruch		1500000	250	90	1.500.000	56
31411	Bodenaushub		20000000	59	85	20.000.000	153
31419	Feinstaub aus der Schlackenaufbereitung		182000	1.500	100	182.000	55
31421	Kohlenstaub		162000	85	100	162.000	3
31423	ölverunreinigte Böden		185000	100	90	185.000	4
31424	sonstige verunreinigte Böden		182000	100	90	182.000	4
31427	Betonabbruch		200000	31	95	200.000	1
31467	Glæsschotter		1400000	100	95	1.400.000	28
31619	Gichtgasschlamm		37000	45.000	30	37.000	333
31634	Carbonatationsschlamm		150000	50	30	150.000	2
35	Metallabfälle	1	1.883.700			1.883.710	1.988
351	Eisen- und Stahlabfälle		1212005	20	100	1.212.005	5
35201	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Ölradiatoren, Nachtspeicheröfen mit Asbestbestandteilen)		5000	17.689	100	5.000	14
35202	elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, ohne umweltrelevante Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Haushalts- und Küchengeräte, Audio- und Videogeräte)		80000	19.000	100	80.000	243
35203	Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen und -teile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z.B. Starterbatterie, Bremsflüssigkeit, Motoröl)		50000	4.000	100	50.000	32
35204	Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen und -teile, ohne umweltrelevante Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen		100000	4.000	100	100.000	64
35303	Hartzink		3000	950.000	100	3.000	570
35309	Zink, Zinkplatten		1000	950.000	100	1.000	190
35315	NE-Metallschrott, NE-Metalleballagen	alles	20000	10.000	100	20.000	32
35335	Zink-Kohle-Batterien		300	95.305	100	300	6
35338	Batterien, unsortiert		1200	86.547	100	1.200	17
35501	Zinkschlamm		13400	300.000	100	13.400	804
35506	sonstige Metallschlämme		2500	15.000	100	2.500	8



Tabelle 9-61 (Fortsetzung):

51	Oxide, Hydroxide, Salzabfälle	1	119.125			119.156	108
511	Galvanikschlämme		14149	50.000	36	14.149	106
51310	sonstige Metallhydroxide		7000	1.500	80	7.000	2
54102	Altöle		37500	800	91	37.500	5
54402	Bohr- und Schleifölemulsionen und Emulsionsgemische		30000	800	70	30.000	4
54408	sonstige Öl-Wassergemische		20000	800	50	20.000	2
54501	Bohrspülung und Bohrklein, ölfrei		10200	800	100	10.200	1
54701	Sandfanginhalte, öl- oder kaltreinigerhaltig		27500	800	90	27.500	3
54702	Ölabscheiderinhalte		24100	800	90	24.100	3
54930	feste fett- und ölverschmutzte Betriebsmittel		11100	800	100	11.100	1
55	Abfälle von organischen Lösemitteln, Farben, Lacken, Klebstoffen, Kitten und Harzen	1	45.963			45.963	4
55502	Altlacke, Altfarben, soferne lösemittel- und/oder schwermetallhaltig, sowie nicht voll ausgehärtete Reste in Gebinden		7000	1.000	95	7.000	1
57	Kunststoff- und Gummiabfälle	1	578.815			578.815	210
57101	Phenol- und Melaminharze		36677,3779	700	98	36.677	5
57110	Polyurethan, Polyurethanschäum		8040,80977	700	98	8.041	1
57116	PVC-Abfälle und Schäume auf PVC-Basis		22570,6941	1.000	98	22.571	5
57117	Kunstglas-, Polyacrylat- und Polycarbonatabfälle		14106,6838	700	98	14.107	2
57118	Kunststoffballagen		141772,172	114	98	141.772	3
57119	Kunststofffolien		131192,159	584	98	131.192	15
57128	Polyolefinabfälle		33856,0411	532	98	33.856	4
57129	sonstige ausgehärtete Kunststoffabfälle		50784,0617	700	98	50.784	7
57501	Gummi		4000	4.600	90	4.000	4
57502	Altreifen und Altreifenschnitzel		50000	16.000	90	50.000	160
57801	Shredderrückstände		70000	200	90	70.000	3
58	Textilabfälle (Natur- und Chemiefaserprodukte)	1	45.172			45.172	5
581	Textilabfälle und Schlämme		10000	800	90	10.000	1
58107	Stoff- und Gewebereste, Altkleider		34000	800	90	34.000	4
91	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle	1	4.838.000			4.838.000	798
91101	Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle		1315000	1.100	69	1.315.000	217
91104	biogene Abfallstoffe, getrennt gesammelt		478000	100	38	478.000	48
912	Gewerbeabfälle		120000	1.000	80	120.000	18
91201	Verpackungsmaterial und Kartonagen		72000	110	90	72.000	8
91206	Baustellenabfälle		1100000	403	80	1.100.000	66
91207	Leichtfraktion aus der Verpackungssammlung		134000	200	90	134.000	27
91401	Sperrmüll		219000	1.400	75	219.000	307
91501	Straßenkehrschutt		200000	100	60	200.000	20
917	Grünabfälle	C	300000	100	45	300.000	5
91701	Garten- und Parkabfälle	C	620000	100	45	620.000	62
91702	Friedhofsabfälle		200000	100	45	200.000	20
94	Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung	1	2.330.970			2.330.975	233
94303	Fäkalschlamm aus Hauskläranlagen, Sammelgruben	TS	1000000	900	5	1.000.000	135



Tabelle 9-61 (Fortsetzung):

945	Stabilisierte Schlämme aus der mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung		636000	914	34	636.000	87
948	Schlämme aus der Abwasserbehandlung	S v papier	544000	100	30	544.000	8
94901	Rückstände aus der Gewässerreinigung		20000	355	73	20.000	1
94902	Rechengut aus Rechenanlagen von Kraftwerken		20000	355	73	20.000	1
95	Flüssige Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	1	25.405			25.405	1
954	Flüssige Abfälle aus der thermischen Abfallbehandlung und aus Feuerungsanlagen		205	1.000	2	205	1
99	sonstige Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle	1	97.010			97.010	16
991	sonstige Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle und Problemstoffe		97.010	1.100	69	97.010	16

Tabelle 9-62: Abwasserdaten für Zink

EPER Daten	Zn [t]
Export Österreich	592
12% in St Flüssen	71
Eintrag Kommunen	36
Eintrag Industrie	6
Deposition	5
GW	6
LW	19
Summe	71

	[g/EW]	Zn Fracht [t]	zu ARA	zu Vorfluter
spezifischer Eintrag PHH	23	27,6	27,6	0
spezifischer Eintrag Oberflächen	50	60	23,7	36,3
Summe			51,3	27,3
Klärschlamm			24	
Emissionen Gesamt				63,6

Tabelle 9-63: Zink in landwirtschaftlichen Produkten

Lebensmittel	Zn [mg/kg]	Verbrauch [t]	Ausfuhr [t]	Zn Verbrauch [t]
Getreide	25	1.048.600	220.000	26,22
Obst	25	250.000	47.000	6,25
Gemüse	25	200.000	46.000	5,00
Fleisch	25	224.000	70.000	5,60
Milch und Milchprodukte	25	133.333	46.667	3,33
Summe				46,40
Dünger	20	410.000		8,20



Tabelle 9-64: Abschätzung des Zinklagers in der Steiermark

Mobilien	Stück	Zn [t]	PHH	IDG
PKW	624.000	6.490	6.165	324
LKW	130.000	8.840	442	8.398
Schiene/fzg	15.000	3.000	0	3.000
Geräte	80.000	800	480	320
Waren	9.000	90	81	9
Maschinen	120.000	2.400	0	2.400
		21.620		
Immobilien				
Gebäudehülle		29.520	26.568	2.952
Wasserleitungen		153	137	15
Dach		2.088	1.879	209
Gasleitungen		24		
Stromleitungen		33		
Stahl		3.960	792	3.168
Fensterbretter		285	257	29
Abflussleitungen		1.018	916	102
Eisenbahnen		25		25
Lichtmasten		31		31
Strommasten		71		71
Sonstige (Container, Hütten, Hallen, etc)		1.254	251	1.003
Kanal		31	18	12
Verkehrszeichen		1.000	600	400
Zäune		1.000	800	200
Treppen		1.000	800	200
Gerüste		50	5	45
Schilder, Messing		1.000	300	700
Leitschienen		551	330	220
PVC Materialien		2.042	1.838	204
Armaturen, usw.		1.000	900	100
		67.756	43.560	24.138
Deponie				
Restmüll	6.000.000	13.200		
Baurestmassen	5 000 000	16 000		
Schlacken usw.	120.000	6.000		
		35.200		
Lager				
Mobilien		21.620		
Immobilie		46.134		
Deponie		35.200		
Summe		102.954		



Tabelle 9-65: Abschätzung des Konsumlagers

Gebäudehülle			
326.000	Häuser		Quelle
467.000	Wohnungen		Statistik Austria
94,1	Ø Wohnfläche		Statistik Austria
150.000.000 m ³	Wohnfläche		
15.000.000 m ³	Baumaterial		
36.000.000 t	Gewicht		
0,08%	Zn Gehalt		Daxbeck
	Zn [t]	29.520	
Hallen			
11.000	Hallen		Statistik Austria
22.000.000 m ²	Wandflächen		Eigene Schätzung
Zn Anteil 20%; 285g/m ²			
	Zn [t]	1.254	
Dachflächen			
326.000	Häuser		25 m ² / Gebäude
293.000	mit Zn Blechen		Stark 1995
7.325.000 m ²	Dachfläche		285g/m ²
	Zn [t]	2.088	
Abfußleitungen			
326.000	Häuser		50 m/Haus
5.102.500 m ²	Oberfläche		Zn Anteil 70,00%
	Zn [t]	1.018	
PVC			
222.000 t	Jährlicher Verbrauch		185 kG /cap.a
4.440.000t	Lagerbestand St		20J LD
1.021.200 t	Als Baumaterial		Anteil im Haus 23%
			Zn Gehalt im Kunststoff 0,20%
	Zn [t]	2.042	
Stahl			
13.200.000 t	Bestand Steiermark		Zn Gehalt im Stahl: 0,03%
	ZN [t]	3.960	
Wasserleitungen			
326.000	Häuser		
289.000	Altbestand		70,00% verzinkte Rohre
37.000	Neubestand		10,00% verzinkte Rohre
535.600 m ²	Oberfläche gesamt		3/4 Zoll Rohre
	Zn [t]	153	
Gasleitungen			
326.000	Häuser		17,00% mit Gasanschluß
82 600m ²	Oberfläche		25 m /Haus; 3/4 Zoll
	Zn [t]	24	
Strom			
326.000	Häuser		10 kg Kabel /Haus
	Zn [t]	33	
	Zwischensumme	40.090	



Tabelle 9-65 (Fortsetzung):

Übertrag		40 090
Freileitungsmasten		
250.000 m ²		Annahme
200 km	Stromnetz	300 m ² /km
600 km	Bahnnetz	
Zn [t]		71
Lichtmasten		
9.000 km	Freilandstraßennetz	
2.250 km	Beleuchtet	
45.000	Masten/ Spots	
45.000		Ortbeleuchtung
90.000	Summe der Masten	1,2 m ² / Mast
Zn [t]		31
Schienennetz		
1.000 km	Mit Eisenmasten	
Zn [t]		17
Seilbahnen		
260 Km	Länge	
5.200	Stützen	
Zn [t]		7
Kanal		
9.000 km	Länge	Annahme 11/2 Zoll
1.424.304 m ³	Oberfläche	
1.025 t	Gußeisen	Zn Gehalt 3,00%
Zn[t]		31
Straßennetz		
466 km	Autobahn	400% mit Leitschienen
1.584.400 m ²	Oberfläche	
180 km	Schnellstraße	200% mit Leitschienen
306.000 m ²	Oberfläche	
1600 km	Bundesstraße	1% mit Leitschienen
13.600 m ²	Oberfläche	
3360 km	Landesstraße	1% mit Leitschienen
28.560 m ²	Oberfläche	
Zn [t]		551
Summe		40 800

Tabelle 9-66: Zink in der Abwasserreinigung

Abwasserdaten	[mg/EW]	Zn Fracht [kg]
spezifischer Eintrag PHH	30	36,0
Zn Fracht zu ARA		36,0
spezifischer Eintrag Oberflächen	60	72,0
Zn Fracht zu ARA		21,6
Zulauf zu ARA		57,6
Klärschlamm		29,0
Ablauf ARA		28,6
Emissionen Gesamt		79,0



9.5 Anhang Cadmium

Tabelle 9-67: Abfallaufkommen in der Steiermark

Einwohner: 1.183.303	Haushalte: 431.341		Volkszählung: 2001		
	Sammelaufkommen		Cd		
	(t/a)	(kg/EW.a)	Anteil mg/Kg	t/a	g/EW.a
1. Restmüll inkl. Sperrmüll					
Restmüll - gemischte Siedlungsabfälle	134.588,80	113,7	11	1,5	1,234
Sperrmüll - sperrige Siedlungsabfälle	46.606,60	39,4	9	0,4	0,350
Summe	181195,4	153,1		1,9	
2. Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle					
Bioabfall getrennt erfasst (Biotonne)	56.224,60	47,5	1	0,1	0,047
Friedhofsabfälle	2.790,00	2,4	1	0,0	0,002
kommunale Garten- und Parkabfälle	13.200,60	11,2	1	0,0	0,011
Summe	72215,2	61,1		0,1	0,018
3. Altstoffe - verwertbare Siedlungsabfälle					
Textilien	2.954,20	2,5	0,1	0,0	0,000
Altmittel - Eisenschrott (ohne KFZ)	14.342,80	12,1	0,1	0,0	0,001
Altholz	11.328,50	9,6	4	0,0	0,038
Silofolien	497,1	0,4	21	0,0	0,009
Flachglas	381,3	0,3	40	0,0	0,013
Nichteisenmetalle	11,7	0	0,1	0,0	0,000
Verbundglas	8,1	0	40	0,0	0,000
Altspeiseöle und -fette	1.075,90	0,9	1	0,0	0,001
Styropor	6,6	0	40	0,0	0,000
Summe	30606,3	25,8	0,0	0,1	1,093
4. Problemstoffe					
Mineralische Altöle	548,1	0,5	1	0,0	0,000
Altmedikamente	97,2	0,1	0,1	0,0	0,000
Lampen (Leuchtstoffröhren)	21,6	0	0,0015	0,0	0,000
Kühlgeräte	615,7	0,5	200	0,1	0,103
Kleinbatterien	117	0,1	2%	1,8	1,463
Autobatterien	725,9	0,6	0	0,0	0,000
Problemstoffe - sonstige	1.773,20	1,5	17	0,0	0,025
Summe	3898,7	3,3		1,9	
5. Sonstige Abfälle					
Altfenster	0,2	0	40	0,0	0,000
Altreifen	434,4	0,4	8	0,0	0,003
Altreifen (LKW)	44	0	8	0,0	0,000
Altreifen mit Felge	86,7	0,1	8	0,0	0,001
Altreifen mit Felge (LKW)	11,3	0	8	0,0	0,000
Asche	11,6	0	1	0,0	0,000
Rechengut	1.113,10	0,9	3	0,0	0,003
Windeln	452,1	0,4	0,1	0,0	0,000
Sonstige Abfälle	5.985,10	5,1	10	0,1	0,050
Altreifen (Traktor)	14,7	0	8	0,0	0,000
Altreifen mit Felge (Traktor)	2	0	8	0,0	0,000
Summe	8155,4	6,9		0,1	



Tabelle 9-67 (Fortsetzung):

6. Baurestmassen				0,0	0,000
Bauschutt	10.939,00	9,2	5	0,1	0,046
Baustellenabfälle	912,2	0,8	5	0,0	0,004
Aushubmaterial	337	0,3	5	0,0	0,001
Baurestmassen	378,4	0,3	5	0,0	0,002
Betonabbruch	60,5	0,1	5	0,0	0,000
Summe	12627,1	10,7		0,1	-
7. Autowracks					0,000
Autowracks	2.655,20	2,2	38	0,1	0,084
Summe	2655,2	2,2		0,1	0,218
8. Elektro- und Elektronikaltgeräte					0,000
EAG - Kleingeräte und Geräteteile	355,8	0,3	7500	2,7	2,224
EAG - Großgeräte ohne Kühlgeräte	188,8	0,2	200	0,0	0,031
EAG - Bildschirmgeräte	470,8	0,4	1200	0,6	0,471
Summe	1015,4	0,9		3,3	
9. Straßenkehrriecht					
Straßenkehrriecht	3.274,80	2,8	1	0,0	0,003
Summe	3274,8	2,8		0,0	
10. Verpackungsabfälle					
Altglas	29.441,20	24,9	1	0,0	0,025
Altpapier	82.227,70	69,5	0,25	0,0	0,017
Altmittel - Verpackungen	5.751,40	4,9	0,1	0,0	0,000
Leichtfraktion	21.284,00	18	100	2,1	1,774
Summe	138704,3	117,3		2,2	
Gesamt mengen	454.347,80	384,1		9,6	8,001
1. Restmüll inkl. Sperrmüll				1,9	1,6
2. Bioabfall - biogene Siedlungsabfälle				0,1	0,1
3. Altstoffe - verwertbare Siedlungsabfälle				0,1	0,1
4. Problemstoffe				1,9	1,6
5. Sonstige Abfälle				0,1	0,1
6. Baurestmassen				0,1	0,1
7. Autowracks				0,1	0,1
8. Elektro- und Elektronikaltgeräte				3,3	2,7
9. Straßenkehrriecht				0,0	0,0
10. Verpackungsabfälle				2,2	1,8
Gesamt mengen				9,6	8,0

Tabelle 9-68: *Abfallaufkommen lt. BAWPL 2001*

S-Nr	Abfälle im Sinne § 3 (7) AWG Stoffbezeichnung gemäß ÖNorm S2100	erfasste Masse in [%]	erfasste Masse in [t/a]	Abfall- masse in [t/a] lt. BAWP 2001	Cu fracht in der Steiermark
11	Nahrungs- und Genussmittelabfälle	1	538.180	538.180	0,01
12	Abfälle aus pflanzlichen und tierischen Fetterzeugnissen	1	146.045	146.072	0,00
13	Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung	1	670.001	670.001	0,01
14	Häute und Lederabfälle	1	124.000	127.225	0,12
17	Holzabfälle	1	4.021.675	4.021.675	0,45
18	Zellulose-, Papier- u. Pappeabfälle	1	1.412.238	1.412.238	0,13
19	Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte	1	75.340	75.377	0,00
31	Abfälle mineralischen Ursprungs (ohne Metallabfälle)	1	31.312.309	31.318.967	2,40
35	Metallabfälle	1	1.883.700	1.883.710	13,51
39	Andere Abfälle mineralischen Ursprungs sowie Abfälle von Veredelungsprozessen	1	10.700	10.700	0,00
51	Oxide, Hydroxide, Salzabfälle	1	119.125	119.156	0,18
52	Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten	1	28.579	28.834	0,01
53	Abfälle von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie von pharmazeutischen Erzeugnissen	1	3.706	3.746	0,00
54	Abfälle von Mineralöl- und Kohleveredelungsprodukten	1	190.312	190.312	0,03
55	Abfälle von organischen Lösemitteln, Farben, Lacken, Klebstoffen, Kitten und Harzen	1	45.963	45.963	0,04
57	Kunststoff- und Gummiabfälle	1	578.815	578.815	3,46
58	Textilabfälle (Natur- und Chemiefaserprodukte)	1	45.172	45.172	0,00
59	Andere Abfälle chemischer Umwandlungs- und Syntheseprodukte	1	25.178	25.182	0,00
91	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle	1	4.838.000	4.838.000	3,20
94	Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung	1	2.330.970	2.330.975	0,54
95	Flüssige Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	1	25.405	25.405	0,00
97	Abfälle aus dem medizinischen Bereich	1	35.240	35.240	0,00
99	sonstige Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle	1	97.010	97.010	0,16



Tabelle 9-69: Cadmiumlager in der Steiermark

Cadmium Lager in Steiermark			
	PHH	IGDL	Deponien
EAG	20,00	6,00	
13 - 16 Mill Geräte mit 2 - 4 Akkus			
5 - 15 % haben Ni Cd Akkus			
jeder Akku wiegt 40g			
Cd Anteil von 12% - 15%			
Batterien	30,00	3,00	
600 000 - 700 000 jährlich verkauft			
seit 15 Jahren			
Rücklaufquote bei 50 %			
Computer	6,00	9,00	
600000 - 1200000 Geräte			
2 - 6 Kg			
1000-20000ppm			
Fensterprofilen		75,00	
6 000 000 Bestand			
1,50 - 4 Mill mit Cd Stabilisatoren			
Gehalt 0,2 - 2,5%			
PKW Bestand	35,00	9,00	
850 000 - 1 000 000 Fzg			
Cd Gehalt 18 - 38 g Fzg			
PVC Haushalt	0,00	76,00	
10 % mit Cd Stabilisatoren			
Cd Gehalt 0,1% - 0,2%			
Cd Gehalt 76 mg/kg			
1500000 t am Lager 1994			
1000 000 t am Lager 2003			
Deponien			
+ Baurestmassen			
Bauwerken	91,80	16,20	
540 000 000 t			
Cd Gehalt 0,1 - 3 mg/kg			
Summe	183	194	159



Tabelle 9-70: Auswaschung von Cadmium aus Deponien

Deponie	Basisdaten		Lagerbestand				Sickerwasserausstrag			Cd Fracht kg
	Volumen m ³	Oberfläche m ²	Cd Gehalt		Cd Menge		Niederschlag l/m ²	Cd Anteil mg/l	Sickerwasser l/a	
Frohneiten	2.217.000	221.700	9	14	25,9	40,3	700	1	31.038.000	0,310
Judenburg	456.000	45.600	9	14	5,3	8,3	700	0,01	6.384.000	0,064
Eisenerz	704.000	70.400	9	14	8,2	12,8	700	0,01	9.856.000	0,099
Bad Ausee	49.000	4.900	9	14	0,6	0,9	700	0,01	686.000	0,007
Halbenrain	1.410.000	141.000	9	14	16,5	25,7	700	0,01	19.740.000	0,197
Oed	291.000	29.100	9	14	3,4	5,3	700	0,01	4.074.000	0,041
Liezen	380.000	38.000	9	14	4,4	6,9	700	0,01	5.320.000	0,053
Allerheiligen	675.000	67.500	9	14	7,9	12,3	700	0,01	9.450.000	0,095
Hartberg	45.000	4.500	9	14	0,5	0,8	700	0,01	630.000	k.A.
Karlschacht/Köflach	1.500.000	150.000	9	14	17,6	27,3	700	0,01	21.000.000	0,210
Deutschlandsberg	110.000	7.333	9	14	1,3	2,0	700	0,01	1.026.667	0,010
Mariazell	34.000	2.267	9	14	0,4	0,6	700	0,01	317.333	0,003
Hitzendorf	18.000	1.200	9	14	0,2	0,3	700	0,01	168.000	0,002
Weiz	424.000	28.267	9	14	5,0	7,7	700	0,01	3.957.333	0,040
Aich	120.000	8.000	9	14	1,4	2,2	700	0,01	1.120.000	k.A.
Summen	8.433.000	482.067			98,7	153,5				1,130



Tabelle 9-71: Import Cadmium-hältiger Güter

Importierte Güter		Cd [t]
24	Tabak	0,001
26	Zinkerze	0,003
27	Schlacke & Asche aus Siedlungsabfall	1,859
28	Silberverbindungen	0,000
28	Cadmiumnitrat und andere Nitrate	0,042
28	Cadmiumsulfid	0,125
28	Fossile Brennstoffe	1,005
31	Düngemittel	0,004
32	Pigmente auf Cd Basis f Lacke	0,000
32	Schmelzglasuren f Glas	0,003
32	Pigmente auf Cd Basis f Glas	0,010
32	Farben f Künstler	0,015
38	Fungizide mit Phosphor	0,000
38	Rohre sus PVC	0,021
38	Davon China	0,160
72	Legierungen	0,014
72	Schrott aus Abfällen	0,109
85	Blitzgeräte	0,000
85	camcorder	0,002
85	SW Ferneher	0,005
85	Computer	0,009
85	NiCd Akkus f LFZ	0,013
85	Handsauger	0,036
85	Photoapparate	0,057
85	Handys	0,077
85	E Spielzeug	0,088
85	Schnurlostelefone	0,113
85	Leuchstoffröhren	0,127
85	E Werkzeug	0,142
85	Epilatoren	0,213
85	NiCd Akkus, Andere	0,259
85	Elektrorasierer	0,347
85	sonst Haushaltsgерäte	0,349
85	e - Haarschneider	0,874
85	NiCd Akkus f Antrieb v FzG	1,371
85	NiCd Akkus, gasdicht	2,218
86	Lokomotiven	0,002
87	Ander FZG	0,003
87	KFZ ST	0,158
	Summe	9,834



Tabelle 9-72: Abschätzung des Cd-Verbrauchs

VGL Weltverbrauch /Steiermark				
	EU	Welt	Steiermark	
EW	450.000.000	6.000.000.000	1.200.000	
Cd [t]	2.638	17.500	8	7,84
BIP	100	50	112	

Akkus ergeben 80% des Cd Verbrauchs				
	Akkus stück	Akkus Kg	Cd in %	Cd in [t]
EU	340.000.000	13.000.000	17%	2.200.000
A	3.600.000	130.000	17%	22.000
St	809.524	29.233	17%	4,95

	EAG [t]	EAG mit NiCd	Cd Anteil	CD in T
EU	190.000	2,00%	17,00%	646
Steiermark	567	2,00%	17,00%	1,93
				8,60