

# RUSCH

Ressourcenpotenzial und Umweltbelastung  
der Schwermetalle Cadmium, Blei  
und Quecksilber in Österreich







umweltbundesamt<sup>U</sup>

RUSCH

Ressourcenpotenzial und Umweltbelastung  
der Schwermetalle Cadmium, Blei und  
Quecksilber in Österreich

Hubert Reisinger  
Gerald Schöller  
Brigitte Müller  
Erik Obersteiner



INSTITUT FÜR WASSERGÜTE,  
RESSOURCENMANAGEMENT UND  
ABFALLWIRTSCHAFT

INSTITUTE FOR WATER QUALITY,  
RESOURCES AND  
WASTE MANAGEMENT



REPORT  
REP-0229

Klagenfurt/Wien, 2009



**Projektleitung**

Hubert Reisinger (Umweltbundesamt)  
Erik Obersteiner (Umweltbundesamt)

**AutorInnen**

Hubert Reisinger (Umweltbundesamt)  
Gerald Schöllner (TU-Wien)  
Brigitte Müller (TU-Wien)  
Erik Obersteiner (Umweltbundesamt)  
Traute Köther (Umweltbundesamt)  
Christian Schilling (Umweltbundesamt)  
Georg Windhofer (Umweltbundesamt)  
Teresa Gattringer (TU-Wien)  
Gerd Rebernig (TU-Wien)  
Paul H. Brunner (TU-Wien)  
Alarich Riss (Umweltbundesamt)

**Mitarbeit von**

Brigitte Winter (Umweltbundesamt)  
Milla Peltoniemi (Umweltbundesamt)

**Übersetzung**

Brigitte Read (Umweltbundesamt)

**Satz/Layout**

Ute Kutschera (Umweltbundesamt)

Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung V/2 erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

*Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <http://www.umweltbundesamt.at/>.*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2009  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN 978-3-99004-027-0



# INHALT

<b>SUMMARY</b> .....	7
<b>KURZFASSUNG</b> .....	16
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	25
<b>2 ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN</b> .....	26
<b>3 METHODISCHES VORGEHEN</b> .....	28
<b>3.1 Vorgehen im Rahmen des Projekts</b> .....	28
<b>3.2 Methode der Stoffflussanalyse</b> .....	28
<b>3.3 Systemdefinition</b> .....	29
<b>3.4 Systemgrenzen</b> .....	29
3.4.1 Räumliche Systemgrenze.....	30
3.4.2 Zeitliche Systemgrenze.....	30
<b>3.5 Prozesse und Flüsse</b> .....	30
3.5.1 Systembild RUSCH – Hauptsystem.....	31
3.5.2 Systembild RUSCH – Subsystem Abfallwirtschaft .....	33
<b>3.6 Auswahl der Stoffe</b> .....	36
3.6.1 Blei.....	37
3.6.2 Cadmium .....	38
3.6.3 Quecksilber .....	39
<b>3.7 Datenerfassung und Unsicherheitsbereiche</b> .....	40
<b>3.8 STAN (Software für Stoffflussanalyse)</b> .....	42
<b>4 BLEI</b> .....	43
<b>4.1 Datenerfassung</b> .....	43
4.1.1 Allgemein.....	43
4.1.2 Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft .....	51
4.1.3 Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen.....	53
4.1.4 Prozess Privater Haushalt .....	55
4.1.5 Subsystem Abfallwirtschaft.....	56
4.1.6 Prozess Abwasserwirtschaft.....	65
4.1.7 Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung.....	68
4.1.8 Emissionen .....	69
4.1.9 Immissionen .....	71
<b>4.2 Ergebnisse</b> .....	72
4.2.1 Ergebnis Gesamtsystem Blei .....	72
4.2.2 Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Blei.....	73
<b>4.3 Interpretation</b> .....	76



<b>5</b>	<b>CADMIUM</b> .....	77
<b>5.1</b>	<b>Datenerfassung</b> .....	77
5.1.1	Allgemeines .....	77
5.1.2	Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft .....	77
5.1.3	Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen .....	78
5.1.4	Prozess Privater Haushalt .....	79
5.1.5	Subsystem Abfallwirtschaft .....	80
5.1.6	Prozess Abwasserwirtschaft .....	83
5.1.7	Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung .....	84
5.1.8	Emissionen .....	85
5.1.9	Immissionen .....	85
<b>5.2</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	87
5.2.1	Ergebnis Gesamtsystem Cadmium .....	87
5.2.2	Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Cadmium .....	89
<b>5.3</b>	<b>Interpretation</b> .....	91
<b>6</b>	<b>QUECKSILBER</b> .....	92
<b>6.1</b>	<b>Datenerfassung</b> .....	92
6.1.1	Allgemeines .....	92
6.1.2	Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft .....	92
6.1.3	Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen .....	93
6.1.4	Prozess Privater Haushalt .....	94
6.1.5	Subsystem Abfallwirtschaft .....	94
6.1.6	Prozess Abwasserwirtschaft .....	97
6.1.7	Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung .....	99
6.1.8	Emissionen .....	99
6.1.9	Immissionen .....	99
<b>6.2</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	102
6.2.1	Ergebnis Gesamtsystem Quecksilber .....	102
6.2.2	Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Quecksilber .....	103
<b>6.3</b>	<b>Interpretation</b> .....	105
<b>7</b>	<b>BESTEHENDE MASSNAHMEN ZUR LENKUNG DER STOFFSTRÖME BLEI, CADMIUM, QUECKSILBER</b> .....	106
<b>7.1</b>	<b>Bestehende Maßnahmen in Österreich</b> .....	106
7.1.1	Produktspezifikation durch Chemikalien- und Lebensmittelrecht .....	106
7.1.2	Lenkungswirkung des Abfallrechts .....	108
7.1.3	Gewerberecht und Luftreinhaltung .....	111
7.1.4	Wasserschutz .....	112
7.1.5	Bodenschutz .....	113
7.1.6	ArbeitnehmerInnen- und Gesundheitsschutz .....	114
<b>7.2</b>	<b>Best Practise Maßnahmen aus anderen EU-Staaten und Norwegen</b> .....	115
7.2.1	Maßnahmen zur Verringerung der Bleibelastung .....	115
7.2.2	Maßnahmen zur Verringerung der Cadmiumbelastung .....	116
7.2.3	Maßnahmen zur Verringerung der Quecksilberbelastung .....	116

<b>8</b>	<b>DETAILANALYSEN ZU AUSGEWÄHLTEN STOFFSTRÖMEN...</b>	118
<b>8.1</b>	<b>Cadmium in Akkumulatoren</b> .....	118
8.1.1	Cadmium-Produktion.....	118
8.1.2	Cadmium in Gütern .....	118
8.1.3	Bauarten von Ni-Cd-Akkumulatoren .....	119
8.1.4	Einsatz von Ni-Cd-Akkumulatoren .....	120
8.1.5	Ni-Cd-Akkumulatoren in Österreich .....	121
8.1.6	Empfehlungen für Ni-Cd-Akkus/Batterien .....	125
<b>8.2</b>	<b>Cadmium, Blei und Quecksilber in Kunststoffen</b> .....	125
8.2.1	Flüsse und Lager von Kunststoffen.....	125
8.2.2	Abfallwirtschaft .....	128
8.2.3	Additive.....	128
8.2.4	Cadmium und Blei in Kunststoffen .....	129
8.2.5	Empfehlungen .....	132
<b>8.3</b>	<b>Blei in Rohren</b> .....	132
8.3.1	Bleilager.....	133
8.3.2	Zusammenfassung und Empfehlungen .....	134
<b>8.4</b>	<b>Blei in Jagd, Schießsport und Fischerei</b> .....	134
8.4.1	Blei in Munition .....	136
8.4.2	Bleigewichte in der Fischerei .....	146
8.4.3	Bleifrachten aus Jagd, Sportschießen und Fischerei.....	148
8.4.4	Empfehlungen zur Verminderung der Freisetzung von Blei aus Jagd, Sportschießen und Fischerei .....	148
<b>8.5</b>	<b>Quecksilber in der Zahnmedizin</b> .....	149
8.5.1	Freisetzung bei der Zahnbehandlung .....	151
8.5.2	Freisetzung aus Krematorien und bei Erdbestattung.....	154
8.5.3	Quecksilberfrachten aus Zahnamalgam .....	155
8.5.4	Empfehlungen zum Zahnamalgam .....	155
<b>8.6</b>	<b>Quecksilberthermometer</b> .....	156
8.6.1	Quecksilberfrachten aus Quecksilberthermometer.....	157
<b>8.7</b>	<b>Batterien in Elektro-Autos</b> .....	157
<b>9</b>	<b>FRAGEN FÜR WEITERE FORSCHUNGEN</b> .....	160
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</b> .....	161
<b>10.1</b>	<b>Konsumgüter und Güter des Lagers mit hohem Blei-, Cadmium- oder Quecksilberfrachten</b> .....	162
<b>10.2</b>	<b>Stoffflussbilanzen</b> .....	164
10.2.1	Stoffflussbilanz Blei .....	165
10.2.2	Stoffflussbilanz Cadmium.....	165
10.2.3	Stoffflussbilanz Quecksilber .....	165
<b>10.3</b>	<b>Anthropogene Lager Blei, Cadmium und Quecksilber</b> .....	165
10.3.1	Bleilager.....	167
10.3.2	Cadmiumlager .....	168
10.3.3	Quecksilberlager .....	168



10.4	<b>Pfade mit denen Blei, Cadmium und Quecksilber in die Umwelt gelangen.....</b>	169
10.5	<b>Letzte Senken .....</b>	170
10.6	<b>Akkumulation von Blei, Cadmium und Quecksilber in den Umweltmedien .....</b>	173
10.7	<b>Umweltbeeinträchtigung durch Schwermetalle in ausgewählten Produkten.....</b>	174
10.8	<b>Möglichkeiten der Emissionsminderung .....</b>	175
10.9	<b>Ungenutztes Potenzial zum Recycling von Blei, Cadmium und Quecksilber .....</b>	176
10.10	<b>Empfehlenswerte Maßnahmen zur Minderung der Umweltbeeinträchtigungen .....</b>	177
11	<b>ABKÜRZUNGEN .....</b>	179
12	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	181
13	<b>TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	201
13.1	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	201
13.2	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	205
14	<b>ANHANG A – SYSTEMBILDER .....</b>	208
15	<b>ANHANG B – LISTE DER PROZESSE UND FLÜSSE .....</b>	214
15.1	<b>Liste der Prozesse.....</b>	214
15.2	<b>Liste der Flüsse Hauptsystem .....</b>	215
15.3	<b>Liste der Flüsse Abfallwirtschaft.....</b>	217
16	<b>ANHANG C – ÜBERBLICK ÜBER RELEVANTE RECHTSNORMEN .....</b>	219
17	<b>ANHANG D – SCHWERMETALLFRACHTEN .....</b>	228
17.1	<b>Gesamtsystem.....</b>	228
17.2	<b>Subsystem Abfallwirtschaft.....</b>	239



## SUMMARY

The use of heavy metals not only resulted in economic benefits, but also in a negative impact on the environment and humans. Although measures were taken to reduce the impact of heavy metals, their amount in the anthroposphere is still considerable. Knowledge of flows and stocks of heavy metals is necessary in order to minimize future emissions and to optimize exploitation of the anthropogenic stock. In this study the heavy metals lead, cadmium and mercury have been selected and their sources, flows, stocks and sinks investigated.

The European Commission, in its Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources (EUROPEAN COMMISSION 2005), stipulated the objective of reducing the environmental impact of resource use. Within this framework the Swedish Parliament, for example, set itself the aim to reduce the contents of lead, cadmium and mercury in newly produced goods as far as possible (KEMI 2007).

***objective: reduce environmental impact of resource use***

Austria applies an extended mix of policy measures in order to limit the emission and use of lead, cadmium and mercury. Among these measures are ordinances regulating the areas of:

***policy measures applied***

- Chemicals and food such as the Cadmiumverordnung 1993 (Cadmium Ordinance) or the Chemikalien-Verbotsverordnung (Ordinance Banning Chemicals) 2003;
- Waste management such as the Batterienverordnung (Batteries Ordinance) and the Deponieverordnung 2008 (Landfill Ordinance);
- Industrial production, commerce and air emissions such as the Gewerbeordnung 1994 (Industrial Code) or the Verordnungen zur Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Ordinances on the limitation of air polluting emissions);
- Water protection such as the Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (Ordinance on the General Limitation of Waste Water Emissions);
- Soil protection such as the Düngemittelverordnung (Fertilizer Ordinance);
- And workers' protection as well as health protection such as the Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung (General Ordinance for Worker Protection).

At the start of the project it was not clear how these instruments affect the lead, cadmium and mercury flows overall in the Austrian economy and the environment. Therefore a material flow analysis has been performed to show the amount of these heavy metals flowing through the Austrian economy, how big the share is that is recycled, as well as the share that is transferred to safe sinks and the share that is released into the environment. Additionally, the project RUSCH (Ressourcenpotenzial und Umweltbelastung der Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber in Österreich – resource potential and environmental impact of the heavy metals lead, cadmium and mercury) was designed to estimate the amount of anthropogenic stocks which might be available for further use or should be transferred to safe sinks. These investigations should provide the basis for recommendations for policy measures to be applied in order to reduce the environmental impact of identified „hot spots“.

***total effect was unclear***

## Methods

### Material Flow Analysis (MFA)

MFA is an appropriate tool to investigate the flows and stocks of any material based system. It gives insight into the behaviour of the system, and when combined with other disciplines (such as energy flow analysis, economic analysis, and consumer oriented analysis) facilitates the control of an anthropogenic system.

#### *flows, freights and stocks*

It connects the sources, pathways and the intermediate as well as the final sinks of a material. Because of the law on the conservation of matter, the results of an MFA can be controlled by a simple material balance comparing all inputs, stocks and outputs of a process. It is this distinct characteristic of an MFA that makes the method attractive as a decision support tool in resources management, waste management and environmental management.

An MFA delivers a complete and consistent set of information about all flows and stocks of a particular material within a system. Through balancing inputs and outputs, flows of wastes and environmental loadings become „visible“, and their sources can be identified; the depletion or accumulation of material stocks is identified early enough either to take counter-measures or to promote further build-up and future utilization.

In this study, flows in the state of Austria were balanced over one year.

The following processes and their stocks as well as the relevant input and output flows were examined:

- Mining, agriculture and forestry
- Industry, business and services
- Private household
- Waste management
- Waste water management
- Soil and sealed surfaces.

In addition input and output flows to the litho- and hydrosphere as one process, and to the atmosphere as another were accounted for. Both processes are outside system boundaries.

The software STAN was used to draw the system model and for data reconciliation.

The following substances were selected for detailed examination:

### Lead

The earth's crust has an average lead concentration of 16 mg/kg (ALLOWAY 1995), which varies largely according to the kind of rock. In soils and sediments lead is rather immobile. Contaminations of lead affect microbiological activity in soils and therefore decrease the productivity of soils (WIXSON & DAVIES 1994).

#### *lead toxicity*

Long-term exposure to lead causes accumulation in the environment and in the human body, which may result in chronic poisoning. For instance, lead can damage the nervous system, the lung, kidneys, the cardiovascular system, the immune system and the enzymatic system. Furthermore, animal experiments indicate a carcinogen effect of lead (CORN 1993).



Lead applications include: car batteries, ammunition, additives in plastics, electric appliances, etc. Old applications include water pipes or lead containing pigments and paints.

### **Cadmium**

Cadmium occurs in zinc ores in a proportion between 1:27 and 1:7,000 (FLEISCHER et al. 1974) and has an average crustal abundance by mass of 0.1 mg/kg (ALLOWAY 1995). Cadmium is a by-product of zinc extraction. Cadmium emissions accumulate in the environment and are a potential environmental hazard. Its availability in soils is dependent on the bio-geochemical parameters of soils. Even doses of a few milligrams of cadmium compounds are toxic to humans as cadmium interacts with the zinc metabolism and is suspected of causing cancer (PARZEFALL 2001).

***cadmium toxicity***

Cadmium can be found as an impurity in zinc products. The main applications of cadmium include nickel-cadmium batteries. Recently cadmium was also used as additive in plastics, as a compound of pigments and paints.

### **Mercury**

Mercury is an extremely rare element in the earth's crust with a concentration of 50 µg/kg. Its accumulation and availability in soils is highly dependent on the bio-geochemical parameters of soils. Mercury is highly toxic. The uptake and dispersion of mercury in the human body is dependent on the mercury compound, on how the compound entered the body and on the dose. In the body mercury blocks important enzymes and consequently damages somatic cells. Organic mercury mainly damages the central nervous system. Mercury is potentially teratogenic and carcinogenic (PARZEFALL 2001).

***mercury toxicity***

Today mercury is mostly used as dental amalgam. Further applications include fluorescent lamps, batteries, mercury-switches, etc.

## **Data collection**

### **Trade and consumption**

The most important consumer goods and their concentrations of lead, cadmium and mercury were quantified. These goods include for instance fuels, mineral products, forestry and agricultural products or vehicles. Furthermore, the specific applications of each metal were investigated in detail; for instance ammunition, nickel-cadmium batteries or dental amalgam. The quantification of imported, exported and consumed goods was based on national statistics. For the estimation of metal concentrations, several literature data were used. Total consumption was divided into industry, business and the service sector as one major process and forestry, agriculture and mining as another process, and private households. The stock of these processes was estimated on the basis of information from national statistics and literature data.

## **Waste and waste water**

The freights of lead, cadmium and mercury in the Austrian waste streams were calculated mainly from waste flows as reported in the Federal Waste Management Plan (BAWP 2006) and from the heavy metal concentrations in these waste streams as reported by KÖNIG (2006). The heavy metal freights in the waste water streams were primarily derived from measurements of heavy metal concentrations in sewage sludge (BMLFUW 2005a).

## **Emissions into the air, depositions from the air and heavy metal concentrations in soil**

The data on emissions into air are taken from the Austrian air pollutant inventory (UMWELTBUNDESAMT 2007a, WINDSPERGER et al. 1999). Data on ambient levels of heavy metal deposition are from the status report of the EMEP – Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) 2007 (ILYIN et al. 2007). Data on the heavy metal contents of soil are taken from the soil information system BORIS of the Umweltbundesamt, complemented by data from critical loads calculations (UMWELTBUNDESAMT 2005a).

## **Results**

### **Lead**

Lead flows in Austria are dominated by the import and export of goods (merchandise, raw materials and wastes). The amount of lead that enters the system from stocks in the litho- and hydrosphere and the air as well as emissions in the environment is comparatively small.

#### ***lead in goods largely recycled***

In the system lead, which is mainly contained in car batteries, is largely recycled. Therefore the resource potential of lead in secondary goods is already well used. In the future, lead which is now stored in anthropogenic stocks (water pipes) has to be either managed as a resource or transported to final sinks.

The direct impacts of lead on the environment cannot be derived from the lead balance. Probably problems occur locally only, for example on shooting ranges, at some industrial sites or in soils which are heavily manured by lead-containing fertilizers.

### **Lead in Pipes**

The stock of installations for water supply and waste pipes was roughly estimated to be approximately 20,000 t. This accounts for 15% of the total anthropogenic lead stock.

In order to evaluate the ecological or toxicological relevance of lead in pipes, more detailed investigations are necessary.

In case of disposal of lead pipes, limit values have to be respected in total wastes and in eluates (Deponieverordnung 2008). In general, the recycling of lead is preferable over landfilling.



### Lead Ammunition

The main source of lead emissions is the use of lead shot and of lead projectile ammunition for hunting and sport shooting and the use of lead weights for fishing. From these sources about 600 tons of lead are emitted into the environment annually.

***shot as main lead emitter***

The use of lead for hunting and sport shooting causes the following environmental impacts:

- Poisoning of birds (e.g. lead poisoning has been identified as the main cause of death in ospreys in the German province Brandenburg);
- Putting the lives of human consumers at risk from excessive lead values in deer;
- Very high lead values in the soil of shooting ranges, exposing animals and plants to lead poisoning especially when the soil is acidic.

In several European countries the use of lead shot has been prohibited because of its high environmental impact. Iron shot can be used instead as an efficient alternative.

***prohibition of lead shot***

With a view to the phasing out of lead projectiles, Sweden, for example, is investigating economic instruments to persuade hunters and sport shooters to use lead-free ammunition voluntarily.

### Lead weights for fishing

For fishing, lead is also used directly in the natural environment, namely in the form of lead weights. It is estimated that by losing lead weight approximately 33 tons of lead are released into the environment. Weights made from zinc alloys or steel are available on the market as alternatives with lower environmental impacts. Therefore the use of lead for fishing weights has already been prohibited in several European countries.

### Cadmium

Nickel-cadmium batteries and electric appliances are largely responsible for the cadmium flows in Austria. These two product groups cause most of the cadmium imports as well as cadmium exports.

***cadmium flows***

High amounts of cadmium are recycled in the system. However, this is not intentional recycling, but a dragging of an impurity with other substances.

Cadmium stocks of industry/business and private households are mainly contained in electric appliances and batteries. In contrast to stocks of industry/business, stocks of private households are decreasing, which is mainly due to the substitution of nickel-cadmium batteries.

Cadmium eluviation from soils to the litho- and hydrosphere are responsible for the highest cadmium loads in the environment (25 t per year).



### **Nickel-Cadmium Batteries**

Ni-Cd batteries (including accumulators) are responsible for nearly 60 % of the total cadmium load in consumer goods. On the whole 390 t of Ni-Cd batteries are consumed per year. Approximately 2/3 are small portable ones for electrical appliances, whereas 1/3 are used in industry.

About 50% of the small gas-proof batteries are disposed of either separately or by municipal solid waste collection. The other 50% are stored in private households or disposed of embedded in electric appliances.

Ni-Cd batteries are largely replaced by alternative technologies, especially in applications such as mobile phones, notebooks, entertainment electronics, etc. Therefore it is very likely that in the future less cadmium will be consumed. In the long term, the current cadmium stores will be reduced and have to be disposed of.

### **Batteries for Electric Cars**

In future, electric cars are likely to have a much higher market share than today. It is expected that lithium-ion accumulators, and possibly also nickel-metalhydride accumulators, will be the energy storage devices of these future electric cars. It is assumed that lithium-ion batteries and nickel-metalhydride accumulators are considerably less toxic than nickel-cadmium accumulators. Nevertheless, they may also cause severe environmental impacts. It is therefore necessary to make sure that all lithium-ion batteries and nickel-metalhydride accumulators are returned after use and treated in an environmentally friendly way.

### **Mercury**

#### ***mercury as contaminant of waste***

The largest mercury load is contained in wastes from industry, business and services. Imports and exports amount to approximately half of the mercury loads from these waste streams. As a consequence, the flows within the system, which are partly unintentional, are higher than the imports or exports. Consumer goods such as electric appliances, fluorescent lamps and batteries are responsible for the mercury load in industrial/business/service wastes. Imports largely contain mercury used for dental amalgam. Exports are mainly restricted to residues from the treatment of electric and electronic wastes and mercury that is enclosed in electrical appliances and batteries.

The anthropogenic stock is dominated by mercury in landfills (app. 60 t) and private households (app. 20 t), which mainly consists of dental amalgam.

#### ***mercury emissions***

In contrast to lead and cadmium, the amount of mercury that is emitted into the environment is of major importance. Highest loads in the environment occur via eluviation from soils to the litho- and hydrosphere, accounting for more than 20 % of total exports from the system.

### **Dental Amalgam**

The use of dental amalgam is declining. Nevertheless, the amount mercury in Austrian dental fillings, with an estimated 18 tons, makes up the biggest mercury stock in Austrian households.



In Austria, dental treatment facilities must be equipped with separators which recover more than 95% of the amalgam from the waste water (AEV Medizinischer Bereich – Ordinance on Waste Water Emissions in the Medical Sector). This requirement makes sure that the main mercury emission path from dental amalgam is considerably reduced. Nevertheless, approximately 350 kg of mercury go into residual waste and a further 350 kg into the environment via waste water streams, emissions from crematoria and bodies of deceased persons. A further decrease in the use of dental amalgam and the equipment of all Austrian crematoria with flue gas cleaning devices would therefore substantially contribute to environmental protection.

### **Mercury Thermometers**

October 2007 saw a 3 week mercury thermometer take-back initiative. Austrian pharmacies took back old mercury thermometers and replaced them by new digital thermometers at the reduced price of 1 €. Without extended advertising campaigns approximately one million thermometers – containing 1 ton of mercury – were taken to the pharmacies within this relatively short period. It is assumed that repeating this initiative would lead to a further substantial reduction of the mercury stocks in Austrian households and would thus lower the corresponding environmental impacts considerably.

### **Conclusions**

Nearly 200 kt of lead are stored in anthropogenic stocks. Besides landfilled lead, the stocks are mainly made up by car batteries, ammunition and water and waste pipes.

The anthropogenic cadmium stock amounts to approximately 1,200 t, of which 50% can be found in landfills. Stocks in use mainly consist of nickel-cadmium batteries and old plastics that still contain cadmium. Most of the anthropogenic mercury stock is stored in landfills (app. 100 t). Dental amalgam in the human body is largely responsible for the stocks in private households.

The calculations are fraught with a very high level of uncertainty. Especially in the IBS (industry, business, services) process, the uncertainty is mainly a result of insufficient data on industrial wastes. Therefore a monitoring system should be developed as a basic tool to determine flows and stocks of heavy metals in goods with sufficient accuracy. Results thus obtained can be used for decisions regarding environmental and resources management.

Cadmium and mercury should be removed from anthropogenic cycles and transferred to appropriate sinks instead of recycling. One of the major responsibilities of waste management authorities is to provide such sinks.

Decreasing anthropogenic stocks (private households) are a first sign of the effectiveness of measures taken in the past to control cadmium and mercury.

***develop monitoring system***



***receding cadmium  
and mercury  
stock in soils***

The declining cadmium and mercury stocks in soils also suggest that the existing environmental policy measures are effective. Today's atmospheric deposition and/or inputs of these heavy metals from agriculture to soil appear to be smaller than they were in the past. A similar picture would be seen with lead in soil. However, the continuing use of lead in hunting, sport shooting and fishing leads to increasing lead stocks in soils.

## **Recommendations**

In principle one has to start by looking at products and consumption when targeting the sustainable reduction of environmental impacts from lead, cadmium and mercury.

As supporting measure, a monitoring method should be developed for determining the flows and stocks of heavy metal-containing goods with sufficient accuracy. The results achieved with this method can be used to support decisions on environmental protection and resource conservation.

Furthermore, the following measures should be taken to reduce heavy metal consumption and to reduce anthropogenic stocks:

***less of heavy  
metals in products***

- Ban on lead shot in hunting and sport shooting;
- Investigations of the impact of the utilisation of lead projectile ammunition and lead weights for fishing, in order to determine if a ban on lead projectile ammunition in hunting and a ban on lead fishing weights are necessary and justified;
- Accelerated phasing out of dental amalgam.

It might also be reasonable to repeat the mercury thermometer take-back initiative accompanied by a marketing campaign targeted at Austrians who have not been reached yet.

***reduction of  
emissions***

As long as there are products on the Austrian market which contain a certain amount of pollutants, additional measures have to be taken to reduce the emissions of these pollutants. The following measures are seen as necessary to monitor and reduce the pollutant emissions from crematoria:

- A national ordinance should set emission limits for crematoria;
- All Austrian crematoria should be equipped with flue gas cleaning devices which recover not only dust but also all other relevant pollutants. Mercury recovery is made possible primarily by the application and subsequent recovery of activated carbon in a textile filter;
- Regular, repeated measurements of emissions into the air from crematoria; these measurements should include mercury and be related to a certain oxygen reference value in the off-gas. They should be performed by an independent, certified expert.

***decontamination of  
shooting range soil***

In addition, the soils of shooting ranges which contain increased concentrations of lead should be decontaminated.



For the expected increased use of nickel metal hydride accumulators and especially lithium-ion accumulators in electric and hybrid cars it is recommended to:

- ensure a 100% collection rate for these batteries after use;
- ensure the environmentally friendly treatment of these batteries;
- perform a literature study on the environmental impact of nickel-metalhydride accumulators and lithium-ion accumulators. If knowledge gaps on potential environmental impacts are identified by this study these should be closed by additional investigations.

***improvement  
of separate  
accumulator  
collection***

## KURZFASSUNG

Die Verwendung von Schwermetallen hatte in der Vergangenheit neben großem volkswirtschaftlichem Nutzen auch negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zur Folge. Obwohl weitreichende gesetzliche Maßnahmen zur Anwendungsbeschränkung von Schwermetallen veranlasst wurden, ist deren Menge in der Atmosphäre immer noch beträchtlich. Das Wissen über Flüsse und Lager von Schwermetallen ist notwendig, um zukünftig einerseits Emissionen zu reduzieren und andererseits das Ressourcenpotenzial des anthropogenen Lagers zu nutzen. In dieser Studie wurden die Metalle Blei, Cadmium und Quecksilber ausgewählt, um deren Quellen, Pfade, Lager und Senken zu untersuchen.

**Ziel: Verringerung der Umweltauswirkungen der Ressourcennutzung**

Die Europäische Kommission hat sich im Rahmen der Thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2005a) das Ziel gesetzt, die Umweltauswirkungen der Ressourcennutzung zu verringern. In diesem Zusammenhang hat zum Beispiel das Schwedische Parlament beschlossen, dass neu produzierte Konsumgüter soweit als möglich frei von Blei, Cadmium und Quecksilber sein sollen (KEMI 2007).

### Blei

Blei kommt in der Erdkruste mit einem durchschnittlichen Gehalt von rund 16 mg/kg als Spurenelement vor (ALLOWAY 1995), wobei dieser Wert vom jeweils vorkommenden Gestein abhängig ist.

**Blei akkumuliert im Boden**

Blei und dessen Verbindungen tendieren dazu, in Böden und Sedimenten zu akkumulieren. Bleiverunreinigungen wirken sich auch auf die mikrobiologischen Aktivitäten im Boden aus und reduzieren dadurch die Bodenproduktivität (WIXSON & DAVIES 1994).

**Toxizität von Blei**

Blei und Bleiverbindungen sind giftig und können sowohl oral als auch über die Atmung oder die Haut aufgenommen werden, was über einen längeren Zeitraum zu einer Akkumulation im Körper und zu chronischen Vergiftungen (Schädigung von Nervensystem, Lunge, Niere, Herz-Kreislaufsystem, Immun- und Enzymsystem sowie des Knochenaufbaus) führt.

Blei wird beispielsweise in Bleiakkumulatoren, Bleimunition, als Additiv in Kunststoffen oder in verschiedensten Elektro- und Elektronikbauteilen eingesetzt. Früher wurde das Schwermetall zum Beispiel in Wasser- und Abwasserleitungsrohren, als Weißpigment oder in Rostschutzfarben häufig verwendet.

### Cadmium

Das Auftreten von Cadmium in der Erdkruste ist sehr stark an das Vorkommen von Zink gebunden (Zink-Cadmium-Verhältnis 27:1 bis 7.000:1) (FLEISCHER et al. 1974). Das Schwermetall fällt hauptsächlich als Beiprodukt in der Zinkgewinnung an, es werden keine primären Rohstoffe zur reinen Cadmiumerzeugung verwendet.

Die biologische Verfügbarkeit hängt von den biochemischen Bodeneigenschaften ab. Cadmium an sich hat keine biologische Funktion, sondern ist toxisch für Pflanzen, Tiere und Menschen.



Von Cadmium geht eine erhebliche Gesundheitsgefährdung aus, da es mit dem Zinkstoffwechsel interagiert. Eine chronische Cadmiumvergiftung kann u. a. zum Ausfall des Geruchsvermögens, gelb gefärbten Zahnhälsen und Blutarmut führen. Aufmerksam wurde man auf das Schwermetall im Zusammenhang mit der so genannten Itai-Itai-Krankheit in Japan, die mit schweren Skelettveränderungen einherging.

### **Toxizität von Cadmium**

Cadmium kommt in verschiedensten Gütern als Verunreinigung von Zink vor. Die wichtigste Anwendung von Cadmium sind Nickel-Cadmium-Akkumulatoren. Früher wurde das Schwermetall als Additiv in Kunststoffen und in Pigmenten und Anstrichen verwendet.

### **Quecksilber**

Die Anreicherung bzw. Verfügbarkeit von Quecksilber in Böden ist stark an verschiedene Bodeneigenschaften (pH-Wert, Reaktivität, Redoxpotenzial etc.) und an verschiedene chemische, biochemische und photochemische Reaktionen (KAISER & TÖLG 1980) gebunden.

Die Aufnahme und Verteilung von Quecksilber und seinen Verbindungen im menschlichen Organismus hängt von der chemischen Form, vom Aufnahmeweg und der Dosis ab. Das Schwermetall blockiert lebenswichtige Enzyme und schädigt auf diese Weise massiv die Körperzellen, organisches Quecksilber wirkt toxisch vor allem auf das zentrale Nervensystem.

### **Toxizität von Quecksilber**

Heute wird das meiste Quecksilber in der Zahnmedizin verwendet. Weiters wird das Schwermetall in geringem Maße in Leuchtstofflampen, Batterien und Schaltern eingesetzt.

In Österreich findet ein breites Instrumentarium Anwendung, welches die Nutzung von Blei, Cadmium und Quecksilber einschränkt bzw. in geordnete Bahnen lenkt. Dazu gehören Bestimmungen

### **Rechtsnormen in Österreich**

- des Chemikalien- und Lebensmittelrechts wie die Cadmiumverordnung 1993 und die Chemikalien-Verbotsverordnung 2003,
- des Abfallrechts wie die Batterienverordnung und die Deponieverordnung 2008,
- des Gewerberechts und der Luftreinhaltung wie die Gewerbeordnung 1994 oder die Verordnungen zur Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen,
- des Wasserschutzes wie die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung,
- des Bodenschutzes wie die Düngemittelverordnung 2004 und
- des ArbeitnehmerInnen- und Gesundheitsschutzes wie die Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung.

Zu Beginn des Projektes war noch unklar, wie sich dieses Instrumentarium in Summe auf die Blei-, Cadmium- und Quecksilberströme auswirkt. Deshalb sollte mit den Mitteln der Stoffflussanalyse gezeigt werden, welche Massen dieser Schwermetalle in der österreichischen Wirtschaft bewegt werden, welcher Anteil im Kreis geführt, welcher in sichere Senken überführt wird und welcher Anteil in Form von Emissionen in die Umwelt gelangt. Weiters sollte das Projekt zeigen, welche anthropogenen Lager für eine weitere Nutzung zur Verfügung stehen bzw. durch zusätzliche Maßnahmen in sichere Senken überführt werden sollten. Insgesamt sollten jene Hot-Spots identifiziert werden, von denen die größte Umweltgefährdung ausgeht. Dies sollte in Empfehlungen münden, mit welchen umweltpolitischen Maßnahmen diese Hot-Spots zu entschärfen wären.

## Methode

### Stoffflussanalyse (SFA)

Die Methode der Stoffflussanalyse ist ein Werkzeug 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 verschafft einen Überblick und erleichtert in Verbindung mit anderen Fachgebieten – wie energetischen oder ökonomischen Betrachtungen sowie konsumorientierten Analysen – die Steuerung eines anthropogenen Systems.

#### **Ströme, Frachten, Lager**

Die Stoffflussanalyse verknüpft alle wichtigen Quellen, Stoffpfade, Lager (Bestände) und Senken eines Stoffes miteinander. Das Gesetz der Massenerhaltung ermöglicht es zumeist fehlende Daten mit genügender Genauigkeit abzuschätzen. Diese charakteristische Eigenschaft der Stoffflussanalyse begründet ihre Attraktivität als Entscheidungswerkzeug für Fragen auf den Gebieten des Ressourcenmanagements, der Abfallwirtschaft und hinsichtlich möglicher Umweltauswirkungen.

Für jedes Element des Systems (Prozesse und Güterflüsse) werden erste Daten ermittelt und darauf aufbauend grobe Bilanzen erstellt. In einem weiteren Schritt werden die Bilanzen verfeinert und alle Widersprüche ausgeräumt.

Eine SFA liefert einen vollständigen und konsistenten Satz von Informationen bezüglich aller Flüsse und Lager eines Stoffes innerhalb eines Systems. Durch die Bilanzierung aller Inputs und Outputs lassen sich sowohl Abfallflüsse und Frachten in die Umweltmedien als auch deren Quellen identifizieren; die Abreicherung bzw. der Aufbau von Stofflagern kann früh genug erkannt werden, um entsprechende Gegenmaßnahmen zu setzen oder die solcherart aufgebauten Lager künftig zu nutzen.

#### **Systemgrenzen und Prozesse**

Als räumliche Systemgrenze wurden die politischen Grenzen Österreichs festgelegt, als zeitliche Systemgrenze für die Bilanzierung aller Flüsse wurde das Jahr 2005 gewählt.

Die nachfolgenden Prozesse, ihre Lager sowie die relevanten Input- und Outputflüsse wurden untersucht:

- Bergbau, Land- und Forstwirtschaft,
- Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen,
- Private Haushalte,
- Abfallwirtschaft,
- Abwasserwirtschaft,
- Oberboden und versiegelte Flächen.

Zusätzlich wurden die Input- und Outputflüsse in die bzw. aus der Litho- und Hydrosphäre sowie der Atmosphäre berücksichtigt. Diese Prozesse befinden sich allerdings außerhalb der definierten Systemgrenzen.

Die Berechnung der Flüsse und Lager sowie der erforderliche Datenausgleich und die grafische Darstellung des Systems wurden mit der Software STAN durchgeführt.



## **Datensammlung**

### **Außenhandel und österreichischer Konsum**

Zunächst wurden die massenmäßig wichtigsten Konsumgüter innerhalb der österreichischen Volkswirtschaft quantifiziert und deren Gehalt an Blei, Cadmium und Quecksilber bestimmt. Zu diesen Gütern gehören unter anderem Energieträger, Bergbauprodukte, land- und forstwirtschaftliche Produkte oder Fahrzeuge. Danach wurden spezifische Anwendungen der drei Metalle bzw. Güter, die diese Metalle enthalten, untersucht. Solch spezifische Anwendungen sind beispielsweise Bleimunition, Nickel-Cadmium-Akkumulatoren oder Zahnamalgam. Die Berechnung der importierten, exportierten und konsumierten Konsumgüter erfolgte basierend auf Daten nationaler Statistiken. Für die Abschätzung der Metallkonzentrationen wurden verschiedene Literaturquellen herangezogen. Der gesamte Konsum wurde schließlich auf die einzelnen Prozesse Industrie/Gewerbe/Dienstleistungen, Bergbau/Land- und Forstwirtschaft und private Haushalte verteilt. Das Lager dieser Prozesse wurde anhand nationaler Statistiken und Literaturdaten berechnet.

### **Abfall- und Abwasserwirtschaft**

Die Schwermetallfrachten in den Abfallströmen wurden vorwiegend aus den Abfallmassen des Bundes-Abfallwirtschaftsplans 2006 und den Schwermetallkonzentrationen aus KÖNIG (2006) geschätzt. Die Schwermetallfrachten in den Abwässern wurden überwiegend aus den Schwermetallgehalten von Klärschlämmen abgeleitet (BMLFUW 2005a).

### **Emissionen in die Luft und Depositionen aus der Luft und Schwermetallgehalte im Boden**

Die Emissionsdaten entstammen der österreichischen Luftschadstoffinventur (UMWELTBUNDESAMT 2007a, WINDSPERGER et al. 1999). Die Immissionsdaten (Schwermetalldeposition) stammen aus dem Statusbericht des EMEP – Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) 2007 (ILYIN et al. 2007).

Die Daten zu den Schwermetall-Oberbodengehalten stammen aus dem Bodeninformationssystem BORIS des Umweltbundesamt und wurden im Rahmen einer Critical Loads-Berechnung (UMWELTBUNDESAMT 2005a) aufbereitet.

## **Ergebnisse**

### **Blei**

Die Bleibilanz für Österreich ist vor allem durch den Import und Export von Gütern (Handelsgüter, Rohstoffe und auch Abfälle) geprägt. Sowohl der Anteil, welcher aus den Umweltmedien in das System gelangt (Deposition, Abbau von mineralischen Rohstoffen) als auch jener, der in Boden, Gewässer und Atmosphäre emittiert wird, ist demgegenüber vergleichsweise gering.

**Recycling steht bei Blei im Vordergrund**

Innerhalb des Systems wird ein nicht unerheblicher Teil in Form von Recyclinggütern und Altgütern aus Haushalten, die im Wesentlichen aus Bleiakumulatoren bestehen, im Kreis geführt. Damit wird das Ressourcenpotenzial von Altstoffen bereits zu einem beträchtlichen Teil ausgeschöpft. In Hinkunft werden auch die Bleifrachten aus bestehenden Lagern (Wasserleitungen) zu bewirtschaften sein.

**Auswirkungen auf die Umwelt sind nur lokal**

Eine direkte Auswirkung auf die Umweltmedien ist aus der Bleibilanz nicht abzulesen. Probleme dürften vermutlich nur lokal auftreten, wie etwa im Falle von Schießplätzen (Bleimunition), von Industriestandorten oder auf landwirtschaftlichen Flächen, die stark mit Blei belastetem Wirtschaftsdünger, Klärschlamm oder Kompost gedüngt werden.

**Bleirohre**

Grobe Abschätzungen des Altbestandes ergaben, dass noch rund 20.000 t Bleirohre in Bauwerken zu finden sind. Diese stellen rund 15 % des gesamten anthropogenen Bleilagers dar. Um beurteilen zu können, ob Bleirohre ein toxikologisches oder ökologisches Problem darstellen, müssten genauere Erhebungen über den Bestand von Bleirohren durchgeführt werden.

Im Falle einer Entsorgung dieser Altbestände auf Baurestmassendeponien müssen bestimmte Grenzwerte für Blei im Gesamtgehalt bzw. im Eluat eingehalten werden (Deponieverordnung 2008). Eine Verwertung von Blei ist jedenfalls einer Deponierung vorzuziehen.

**Bleimunition**

Die Hauptemissionsquelle von Blei ist das Verschießen von Bleischrot und bleihaltiger Projektilmunition auf Schießplätzen und in der Jagd. Über diese Wege gelangen rund 600 t Blei jährlich in die Umwelt.

Folgende Umweltbeeinträchtigungen sind mit dem Einsatz von Blei in der Jagd und beim Sportschießen verbunden:

- Vergiftung der Vögel (Bleivergiftung ist z. B. die Haupttodesursache von Fischadlern in Brandenburg) durch Akkumulation in der Nahrungskette,
- Gefährdung der Konsumenten von Wildbret durch überhöhte Bleiwerte,
- Sehr hohe Bleiwerte auf Schießplätzen, die speziell auf sauren Böden durch Auswaschungsprozesse zu einer Gefährdung von Pflanzen und Tieren führt (UMWELTBUNDESAMT 2007c).

Wegen des hohen Umweltgefährdungspotenzials wurde die Verwendung von Bleischrot bereits in mehreren europäischen Staaten verboten. Mit Weicheisenschrot steht eine effiziente Alternative zur Verfügung.

In Hinblick auf ein Phase-Out von bleihaltiger Projektilmunition werden zum Beispiel in Schweden wirtschaftliche Anreize untersucht, mit denen Mitglieder von Sportvereinen und Jagdverbänden dazu gebracht werden sollen, ihre Munition auf bleifreie Alternativen umzustellen.



### **Bleigewichte in der Fischerei**

Auch in der Fischerei wird Blei in Form von Bleigewichten in der Natur eingesetzt. Es wird geschätzt, dass rund 33 t Blei pro Jahr mit verloren gegangenen Bleigewichten in die Umwelt gelangen. Mit Gewichten aus Zinklegierungen oder Stahl stehen Alternativen zur Verfügung, die ein deutlich geringeres Umweltgefährdungspotenzial aufweisen. Deshalb wurden Bleigewichte für die Fischerei bereits in einigen europäischen Staaten verboten.

### **Cadmium**

Die Cadmiumbilanz für Österreich ist vor allem durch zwei Produktgruppen – Ni-Cd-Batterien und Elektrogeräte – geprägt. Sie sind sowohl für den Hauptanteil der Cadmiumimporte als auch für einen Großteil der Cadmiumexporte verantwortlich.

Innerhalb des Systems werden erhebliche Cadmiumfrachten über Abfälle, Alt- und Recyclinggüter im Kreis geführt. Allerdings stellt diese In-Kreis-Führung kein gezieltes Recycling dar sondern ein Mitschleppen eines unerwünschten Schadstoffes.

Die bestehenden Cadmiumlager setzen sich im Falle von Industrie/Gewerbe und privaten Haushalten vorrangig aus den in Elektro- und Elektronikgeräten (inklusive Batterien und Akkus) enthaltenen Cadmiummengen zusammen. Auffällig ist die Abnahme der Lager in privaten Haushalten gegenüber jenen in Industrie und Gewerbe, die vor allem durch den Ersatz von Ni-Cd-Akkumulatoren durch andere Technologien in Elektro- und Elektronikgeräten bedingt ist.

Bezüglich möglicher Umwelteinflüsse ist vor allem die Cadmiumfracht durch Auswaschung von Oberböden in die Lithosphäre und Gewässer (rund 25 t jährlich) hervorzuheben.

***Ni-Cd-Batterien und Elektrogeräte***

***Lager der Privathaushalte verringert sich***

### **Nickel-Cadmium-Batterien**

Ni-Cd-Batterien (inklusive Akkulatoren) sind derzeit für knapp 60 % der gesamten Cadmiumfracht in Konsumgütern verantwortlich. Die rund 390 t an jährlich anfallenden Ni-Cd-Akkumulatoren/Batterien verteilen sich zu etwa 2/3 auf kleine, tragbare Akkus (Rundzellen) für Elektro- und Elektronikgeräte, der Rest dient industriellen Anwendungen.

Im Falle der kleinen, gasdichten Akkulatoren gelangen etwa 50 % entweder über die getrennte Batteriesammlung oder mit dem Restmüll in die Abfallwirtschaft. Der Rest wird in Haushalten gehortet oder ist – einer getrennten Sammlung nicht zugänglich – in Endgeräten eingebaut.

Ni-Cd-Akkumulatoren werden jedoch zusehends durch alternative Technologien ersetzt, dies betrifft vor allem Anwendungen wie Mobiltelefone, Unterhaltungselektronik, Notebooks etc., so dass damit zu rechnen ist, dass der Konsum in Zukunft zurückgehen wird. Die derzeit bestehenden Lager werden langfristig abgebaut und die anfallenden Cadmiumfrachten zu entsorgen sein.

***Ersatz durch alternative Technologien***

### **Akkumulatoren in Elektroautos**

In Zukunft werden Elektroautos mit großer Wahrscheinlichkeit viel häufiger genutzt werden als heute. Lithium-Ionen-Akkumulatoren, vielleicht auch Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren, werden aller Voraussicht nach die Energiespeicher für diese Fahrzeuge sein. Es wird angenommen, dass Lithium-Ionen-Akkus und Nickel-Metallhydrid-Akkus deutlich weniger toxisch sind als Nickel-Cadmium-Akkus. Dennoch wird auch das Umweltgefährdungspotenzial derartiger Akkus als bedeutend eingestuft. Deshalb ist sicherzustellen, dass diese Technologien nach Gebrauch lückenlos zurückgegeben und umweltfreundlich behandelt bzw. entsorgt werden.

### **Quecksilber**

Den maßgebenden Fluss stellt die Abfallfracht aus Industrie und Gewerbe dar. Die Gesamtimporte und -exporte machen demgegenüber nur etwas mehr als die Hälfte aus, was bedeutet, dass eine weitaus größere Menge an Quecksilber innerhalb des Systems (zu einem großen Teil ungewollt) im Kreislauf geführt als importiert bzw. exportiert wird.

#### ***große Frachten in Abfall und Altgütern***

Für diese großen Quecksilberfrachten im Abfall bzw. in Altgütern sind vor allem Produktgruppen wie Elektroaltgeräte (EAG), Hg-Dampflampen und Gasentladungslampen oder Batterien verantwortlich. Der Quecksilberimport erfolgt zum überwiegenden Teil als Quecksilber für die Zahnmedizin. Die Güter-Exporte beschränken sich auf die Ausfuhr von Rückständen der EAG-Behandlung sowie Quecksilber, welches in Elektrogeräten und Batterien enthalten ist.

#### ***große Lager in Deponien und privaten Haushalten***

Das anthropogene Quecksilberlager wird vor allem durch jenes in den Deponien (rund 60 t) sowie in privaten Haushalten (rund 20 t), welches vor allem aus den Amalgamplomben im menschlichen Körper besteht, bestimmt.

#### ***diffuse Emissionen***

Im Vergleich zu den beiden anderen Stoffen Blei und Cadmium ist der relative Anteil der Quecksilberfrachten, die in die Umwelt gelangen deutlich höher. Auch in diesem Fall ist der maßgebliche Eintragspfad (in die Lithosphäre und Gewässer) jener durch Ausschwemmungen des Oberbodens. Diese betragen über 20 % der gesamten exportierten Quecksilberfrachten.

### **Zahnamalgam**

Auch wenn die Verwendung von Amalgam in der Zahnmedizin zurückgeht, so stellt die Quecksilberfracht in den Zähnen der ÖsterreicherInnen mit 18 t immer noch bei weitem das größte Quecksilberlager in den Haushalten dar.

#### ***diffuse Emissionen***

In Österreich müssen zahnärztliche Behandlungsanlagen, an denen Amalgam verarbeitet bzw. entsorgt wird, mit Amalgamabscheidern ausgestattet sein (AEV Medizinischer Bereich). Damit wurde der Hauptemissionspfad für Quecksilber aus Zahnamalgam deutlich reduziert. Dennoch gelangen jährlich rund 350 kg Quecksilber aus Zahnamalgam in den Restmüll und weitere 350 kg über das Abwasser der Zahnarztpraxen, das ungereinigte Rauchgas der Krematorien und die Erdbe-stattung in die Umwelt. Eine weitere Verringerung der Nutzung von Zahnamalgam und die Ausstattung aller Krematorien in Österreich mit Rauchgasreinigungseinrichtungen würden daher erheblich zum Umweltschutz in Österreich beitragen.



## Quecksilber-Fieberthermometer

Im Oktober 2007 wurde für drei Wochen eine „Rückholaktion“ für alte Quecksilber-Fieberthermometer durchgeführt. Diese wurden in den Apotheken zum deutlich ermäßigten Preis von 1 € gegen ein digitales Fieberthermometer ausgetauscht. Ohne große Werbekampagne wurden in dieser relativ kurzen Zeit rund eine Million Quecksilber-Fieberthermometer und damit 1 t Quecksilber eingesammelt. Es wird angenommen, dass eine Wiederholung der Aktion zu einer weiteren deutlichen Verringerung des Quecksilberlagers in den österreichischen Haushalten und damit zu einer deutlichen Verringerung der Umweltgefährdung beitragen könnte.

## Schlussfolgerungen

Das gesamte anthropogene **Bleilager** beträgt knapp 200 kt. Das Konsumlager besteht vorwiegend aus Bleiakkumulatoren in Fahrzeugen, Munition und Wasserver- und Entsorgungsleitungen. Das **Cadmiumlager** von ca. 1.200 t befindet sich rund zur Hälfte in Deponien. Das Konsumlager wird im Wesentlichen von Nickel-Cadmium-Batterien und Altbeständen von cadmiumhaltigen Kunststoffen gebildet. Quecksilber wird nur geringfügig in Industrie oder Haushalten gelagert. Der Großteil des anthropogenen **Quecksilberlagers** befindet sich in Deponien und beträgt rund 100 t. Der Großteil des Lagers im privaten Haushalt liegt als Zahnamalgam im menschlichen Körper vor.

Für die Schwermetalle Cadmium und Quecksilber ist es bis auf (derzeit unvermeidbare) Ausnahmen nicht sinnvoll, sie über Kreisläufe in den Konsum zurückzuführen. Vielmehr sollten diese aus dem Wirtschaftskreislauf ausgeschleust und in geeignete Senken übergeführt werden. Hinsichtlich der Bereitstellung solcher Senken kommt der Abfallwirtschaft zentrale Bedeutung zu.

Erste Anzeichen für die Wirksamkeit bestehender gesetzlicher Maßnahmen zeigen sich bereits in der teilweisen Abnahme der gesamten bzw. der Konsumlager (Private Haushalte) für die Schwermetalle Cadmium und Quecksilber.

Auch die Verringerung des Cadmium- und Quecksilberlagers im Oberboden ist ein Hinweis darauf, dass die bestehenden umweltpolitischen Maßnahmen gegriffen haben. Offensichtlich sind heute die atmosphärischen Depositionen und/oder die Einträge dieser Schwermetalle aus der Landwirtschaft geringer als in der Vergangenheit. Ähnliches würde auch für Blei gelten. Jedoch führt hier die fortgesetzte Verwendung von Bleimunition in der Jagd und beim Sportschießen sowie von Bleigewichten in der Fischerei zu einem weiteren Aufbau des Bleilagers im Oberboden.

## Empfehlungen

Um eine nachhaltige Verringerung der Umweltbelastung durch Blei, Cadmium und Quecksilber zu erzielen, muss prinzipiell vor allem bei den Produkten und beim Konsum angesetzt werden.

Als grundlegende Maßnahme sollte eine Monitoring-Methode entwickelt werden, um die Flüsse und Bestände an schwermetallhaltigen Gütern mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die auf eine solche Weise erhaltenen Resultate können als Grundlage für Entscheidungen bezüglich Umweltschutz und Ressourcenschonung dienen.

**Cadmium und Quecksilber: sichere Senken statt Recycling**

**Verringerung des Cadmium- und Quecksilberlagers im Oberboden**

**Monitoring notwendig**

**weniger  
Schwermetalle  
in Produkten**

Weiters sollten folgende Maßnahmen zur Verringerung des Schwermetalleinsatzes bzw. zur Verringerung anthropogener Lager gesetzt werden:

- ein Verbot von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen,
- Untersuchungen zu den Auswirkungen der Nutzung von Bleiprojektilmunition in der Jagd und Bleigewichten in der Fischerei in Österreich, um festzustellen, ob Verbote derartiger Produkte notwendig und gerechtfertigt sind,
- ein beschleunigtes Phase-Out von Zahnamalgam.

Zusätzlich könnte es sinnvoll sein die Rückgabeaktion für Quecksilberthermometer zu wiederholen und sich dabei mit Hilfe einer Informationskampagne auf jene ÖsterreicherInnen zu konzentrieren, die bisher noch nicht erreicht wurden.

**Verringerung von  
Emissionen**

So lange jedoch weiterhin schadstoffreiche Produkte in Umlauf sind, müssen zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen gesetzt werden:

- Zur Überwachung/Verringerung der Schwermetallemissionen aus Krematorien werden folgende Maßnahmen als sinnvoll erachtet:
  - Eine bundeseinheitliche Verordnung zu Krematorien inkl. Emissionsgrenzwerten sollte erlassen werden.
  - Sämtliche österreichische Krematorien sollten mit Emissions-Minderungstechnologien (nicht nur Staub) ausgerüstet werden. Eine Quecksilberminderung ist zum Beispiel durch das Einblasen von Aktivkohle/Aktivkoks und Abscheidung im Gewebefilter möglich.
  - Regelmäßige, wiederkehrende Messungen der Emissionen in die Luft; diese sollten Quecksilber mit einschließen und einen Sauerstoffbezug anführen sowie von befugten Sachverständigen durchgeführt werden.

**Sanierung von  
Schießplätzen**

Zusätzlich sollten Schießplätze, deren Böden mit Blei belastet sind, saniert werden.

**Verbesserungen bei  
Akkus**

Zum erwarteten erweiterten Einsatz von Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren und insbesondere Lithium-Ionen-Akkumulatoren in Elektro- und Hybrid-Autos wird empfohlen:

- Auf eine lückenlose Rückgabe gemäß § 12 der Deponieverordnung 2008 und eine umweltfreundliche Behandlung der gebrauchten Batterien ist zu achten.
- Eine Literaturstudie über die Umweltgefährdung von Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren oder Lithium-Ionen-Akkumulatoren durchzuführen, und sollten dabei Wissenslücken identifiziert werden, diese durch weitere Untersuchungen zu schließen.



# 1 EINLEITUNG

Die Verwendung von Schwermetallen hatte in der Vergangenheit neben großem volkswirtschaftlichem Nutzen auch negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zur Folge. Diese konnten trotz intensiver Bemühungen nationaler Gesetzgeber und der EU bis heute nicht gänzlich entschärft werden, weitere Maßnahmen auf europäischer und internationaler Ebene werden erwartet.

Die Mengen an Schwermetallen in der so genannten Anthroposphäre und damit die zukünftigen potenziellen Emissionen nehmen immer noch zu. Um dieses Problem zu lösen, ist es erforderlich, Wissensdefizite über Anwendungsbereiche, Bestände (Lager in Infrastruktur, Haushaltungen, Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen Österreichs) und Emissionen aufzudecken und zu minimieren.

Beispiele wie CO<sub>2</sub>, FCKW oder DDT zeigen, dass Grenzen für die wirtschaftliche Entwicklung weniger bei der Ressourcenverfügbarkeit als vielmehr am Ende des Systems – bei den zur Verfügung stehenden Senken – zu erwarten sind. Um eine künftige Beeinträchtigung von Boden, Wasser und Luft zu vermeiden, ist es notwendig, die Nutzungswege, die Lagerung in der Anthroposphäre sowie die Transportmechanismen in die Umwelt für die wichtigsten Stoffe zu kennen.

Informationen über die Bestände von Stoffen ermöglichen neben einer Bestimmung des Schadstoffpotenzials auch eine Abschätzung des zukünftigen Ressourcenpotenzials der anthropogenen Lager.

In der Studie RUSCH sollen die Quellen, Pfade, Lager und Senken der Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber untersucht werden. Als Studienobjekte wurden diese drei Schwermetalle wegen ihrer Toxizität und ihres hohen Umweltbelastungspotenzials ausgewählt. Seit Anfang der 1990er-Jahre wurde eine Vielzahl von Maßnahmen gesetzt, um die Nutzung dieser Elemente zu verringern und ihre Flüsse durch die österreichische Wirtschaft in geordnete Bahnen zu lenken. Auch in Bezug auf neue Initiativen auf EU-Ebene und in einigen EU-Mitgliedstaaten, erscheint es an der Zeit, eine Bestandsaufnahme der Blei-, Cadmium- und Quecksilberflüsse durch das System Österreich zu erstellen und ein Bild darüber zu bekommen, wie wirkungsvoll diese Schwermetallströme in geordnete Bahnen gelenkt wurden.

Verschiedene Regelwerke begrenzen bereits einerseits die Anwendung dieser Metalle (z. B. Chemikalienverbotsverordnung, Batterienverordnung u. a.) oder zielen andererseits auf die Verhinderung möglicher Umweltbelastungen, wie Einträge in Oberflächengewässer (z. B. Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer 2006) ab. Studien belegen jedoch, dass diese Stoffe noch immer eingesetzt werden (z. B. Cadmium – CLEEN 2001) bzw. dass die Emissionsquellen zurzeit nicht gänzlich erfasst werden können (z. B. Blei – REBERNIG et al. 2007).

Eine neue Wissensbasis über die Quellen, Wege, Bestände und Senken von Stoffen soll als Grundlage zur Früherkennung von Umweltproblemen und von Ressourcenpotenzialen dienen. Darauf aufbauend können Maßnahmen zur zukünftigen Gestaltung von Produkten, Verfahren und Systemen nach den Gesichtspunkten der langfristigen Umweltverträglichkeit und der nachhaltigen Ressourcenschonung gesetzt werden.

***Schwermetalle in  
Anthroposphäre  
nehmen zu***

***Warum Blei,  
Cadmium &  
Quecksilber?***

## 2 ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN

**Ziele** Das übergeordnete Ziel der Studie RUSCH ist die Erarbeitung von fachlichen Grundlagen zur Feststellung eines allfälligen umweltpolitischen Handlungsbedarfs in Bezug auf Blei, Cadmium und Quecksilber. Daraus ergeben sich als weitere Ziele:

- die quantitative Beschreibung der Quellen, Lager, Pfade und Senken der Stoffe Blei, Cadmium und Quecksilber in Österreich,
- die Identifizierung der wichtigsten Güter, in denen die größten Mengen dieser Schwermetalle heute eingesetzt werden,
- die Identifizierung und Abschätzung der bedeutendsten Emissionspfade dieser Schwermetalle in die Luft, in Gewässer und in den Boden,
- die Abschätzung des Potenzials des anthropogenen Lagers zur Ressourcennutzung im Zuge eines Recyclingprozesses,
- die Detailbeschreibung einzelner Produktgruppen und Anwendungen, für die ein hohes Umweltgefährdungspotenzial identifiziert wurde,
- die Erarbeitung von Empfehlungen für stoffpolitische Maßnahmen in Bezug auf Blei, Cadmium und Quecksilber.

### **Methode der Stoffflussanalyse**

Das generelle Vorgehen in dieser Studie ist durch die Methode der Stoffflussanalyse vorgegeben. Im Rahmen dieses Projektes wurden keine eigenen Messungen durchgeführt. Die notwendigen Daten und Informationen wurden

- Umweltbundesamt-Untersuchungen zum Thema Abfälle und Reststoffe,
- Umweltmonitoringstatistiken für Wasser, Boden und Luft,
- bestehenden Stoffflussanalysen der TU Wien,
- diversen Untersuchungen anderer Forschungsinstitutionen

entnommen und durch Neuschätzungen ergänzt.

### **Fragestellungen**

Die wesentlichen Fragestellungen sind:

1. Welche Mengen an Quecksilber, Cadmium und Blei werden in Österreich jährlich importiert, gefördert, umgesetzt und exportiert? Welcher Anteil davon wird dauerhaft in Lagern gespeichert? Welche Mengen fließen jährlich in die Abfallwirtschaft?
2. Wie groß ist das anthropogene Lager dieser Stoffe in Österreich, welcher Teil dieses Lagers ist derzeit emissionswirksam?
3. In welchen Konsumgütern und in welchen Gütern des Lagers finden sich heute die bedeutendsten Mengen dieser Metalle?
4. Über welche Pfade gelangen diese Schwermetalle in die Umwelt und in welcher Größenordnung liegen die Mengen?
5. Bestehen in Österreich geeignete (letzte) Senken für die untersuchten Schwermetalle und welcher Anteil lässt sich gezielt in solche lenken?
6. Welche Umweltmedien werden durch die Akkumulation der Schwermetalle beeinträchtigt? Welches sind die Hauptursachen für diese Beeinträchtigungen und welche Möglichkeiten bestehen, um diese Emissionen zu vermindern?
7. Besteht ein bisher noch nicht genutztes Potenzial zum Recycling von Blei, Cadmium und Quecksilber?



8. Welche ordnungspolitischen Maßnahmen aus anderen EU-Mitgliedsstaaten, die über die Regelungen der EU und Österreichs hinausgehen, sind auch für Österreich interessant?
9. Führen die teilweise offenen Stoffflüsse von Cadmium in Akkumulatoren, Blei, Cadmium und Quecksilber in Kunststoffen, Blei in Rohren und Munition, sowie Quecksilber in Zahnamalgamen und Thermometern zu erheblichen Umweltauswirkungen, die gesonderter Maßnahmen bedürfen?
10. Ist durch die erwartete vermehrte Nutzung von Elektro-Autos ein Handlungsbedarf zur Regulierung der Batterien dieser Elektro-Autos gegeben?

Zur Beantwortung dieser Fragen werden

- zunächst ein Stoffflussmodell des Systems Österreich mit dem Schwerpunkt Abfallwirtschaft im Rahmen der beeinflussten Umwelt erstellt (siehe Kapitel 3);
- für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber jeweils die Frachten der einzelnen Flüsse und Lager abgeschätzt und daraus eine in sich stimmige Bilanz für jedes dieser Schwermetalle errechnet (siehe Kapitel 4 bis 6);
- der bestehende ordnungsrechtliche Rahmen in Österreich und beispielhafte Maßnahmen aus anderen EU-Mitgliedsstaaten dargestellt (siehe Kapitel 7);
- und im Detail die Themen
  - Cadmium in Akkumulatoren,
  - Schwermetalle in Kunststoffen,
  - Blei in Rohren,
  - Blei in Munition und Fischerei,
  - Quecksilber in Zahnamalgamen und Thermometern,
  - Fahrzeugbatterien in den zukünftigen Elektroautos betrachtet (siehe Kapitel 8).

### **Vorgehensweise**

Daraus abgeleitet werden Fragen für weitere Forschungen (siehe Kapitel 9) und Empfehlungen zur Setzung weiterer umweltpolitischer Maßnahmen (siehe Kapitel 10).

## 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. In einem weiteren Schritt werden die Bilanzen verfeinert und alle Widersprüche ausgeräumt.

Im Rahmen dieses Projektes wurden keine Messungen durchgeführt. Die notwendigen Daten und Informationen wurden aus vorhandenen Berichten, Studien und der wissenschaftlichen Literatur entnommen sowie bei Behörden und Unternehmen 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 (SFA) ist ein Werkzeug zur Beschreibung und Analyse beliebig komplizierter Systeme und dient gemäß ÖNORM (ÖNORM S 2096-1) zur Identifizierung und Quantifizierung aller relevanten Flüsse von Stoffen in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System sowie der Bilanzierung der Stoffe innerhalb dieses Systems. Sie erlaubt die Darstellung und Modellierung von zum Beispiel Betrieben, privaten Haushalten oder von Städten und Regionen. Der Vorteil der Stoffflussanalyse ist, dass ein komplexes System auf die für eine Fragestellung relevanten Güter und Prozesse reduziert werden kann. Durch diese Reduzierung auf das Wesentliche können die ressourcen- und umweltpolitischen „Hot-Spots“ des Systems leichter identifiziert und Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourcenproduktivität bzw. zur Verringerung der Umweltauswirkungen ausgewählt werden. Um die Maßnahmen zu optimieren bzw. ihre Effekte auf die zukünftige Entwicklung des Systems zu simulieren, kann die Stoffflussanalyse durch eine Szenarioanalyse bzw. durch eine Sensitivitätsanalyse ergänzt werden.

#### **Anforderungen an SFA**

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, DAXBECK & BRUNNER 1993, BACCINI & BADER 1996, BRUNNER & RECHBERGER 2004). 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 S 2096-1, 2096-2) normativ geregelt.

### 3.3 Systemdefinition

Gemäß ÖNORM (ÖNORM S 2096-2) 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.

#### *Datenlage*

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, sondern nur die zentralen.

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.

#### *Abgrenzung des Systems*

### 3.4 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 dieser individuell gewählt werden, üblicherweise beträgt er ein Jahr (ÖNORM S 2096-2).

### 3.4.1 Räumliche Systemgrenze

Im vorliegenden Projekt ist das Gesamtsystem innerhalb dessen die Güter und Stoffe bilanziert werden, horizontal durch die politische Grenze Österreichs 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.

### 3.4.2 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 2005 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 Jahr 2005 bezogen.

## 3.5 Prozesse und Flüsse

Es ist nicht möglich die österreichische Wirtschaft mit ihren einzelnen Sektoren und allen Materialströmen, die zwischen diesen Sektoren und mit der Umwelt stattfinden einzeln darzustellen. Deshalb werden die Wirtschaftssektoren und die Materialströme so zum Systembild RUSCH zusammengefasst, dass einerseits die wichtigsten Ströme von Blei, Cadmium und Quecksilber des österreichischen Wirtschaftssystems sichtbar bleiben, dass andererseits aber eine gewisse Übersichtlichkeit erzielt wird.

**das Systembild** Das Systembild besteht aus

- Boxen, die (zusammengefasste) Wirtschaftssektoren oder Umweltkompartimente als „Prozesse“ darstellen (siehe Abbildung 1)
- und aus Pfeilen, welche die Prozesse verbinden und Materialströme darstellen (siehe Abbildung 2).

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird zunächst der Aufbau des Systembildes RUSCH beschrieben. In den darauf folgenden Kapiteln 4 bis 6 erfolgt dann die Bestimmung der Blei-, Cadmium- und Quecksilber-Frachten für das System RUSCH. Die daraus entstehenden Systembilder mit den Frachten der Schwermetalle sind in Anhang A (Kapitel 14), eine Liste der Prozesse und Ströme ist in Anhang B (Kapitel 15) zu finden.



### 3.5.1 Systembild RUSCH – Hauptsystem

Das Hauptsystem von RUSCH besteht aus 6 Prozessen:

- Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (IGD),
- Private Haushalte (PHH),
- Bergbau, Land-, Forstwirtschaft (BLF) inklusive Jagd- und Fischereiwirtschaft,
- Oberboden und versiegelte Flächen (OBVF),
- Abwasserwirtschaft (AWW)
- und Abfallwirtschaft (AWS).

**Hauptsystem**

Der Prozess Abfallwirtschaft wird in Form eines Subsystems in 10 Teilprozesse (z. B. Thermische Behandlung, Kompostierung, ...) untergliedert.

**Subsystem  
Abfallwirtschaft**

Außerhalb des Systems RUSCH werden

- die Atmosphäre,
- die Litho-/Hydrosphäre als Prozesse sowie
- Importe und
- Exporte

dargestellt (siehe Abbildung 1).

Die wichtigsten Güterströme zwischen diesen Prozessen sind in Abbildung 2, die Emissionsströme in die Luft/Litho- und Hydrosphäre und die Deposition aus der Luft sowie die Wasserströme bzw. die Erosion sind in Abbildung 3 dargestellt.

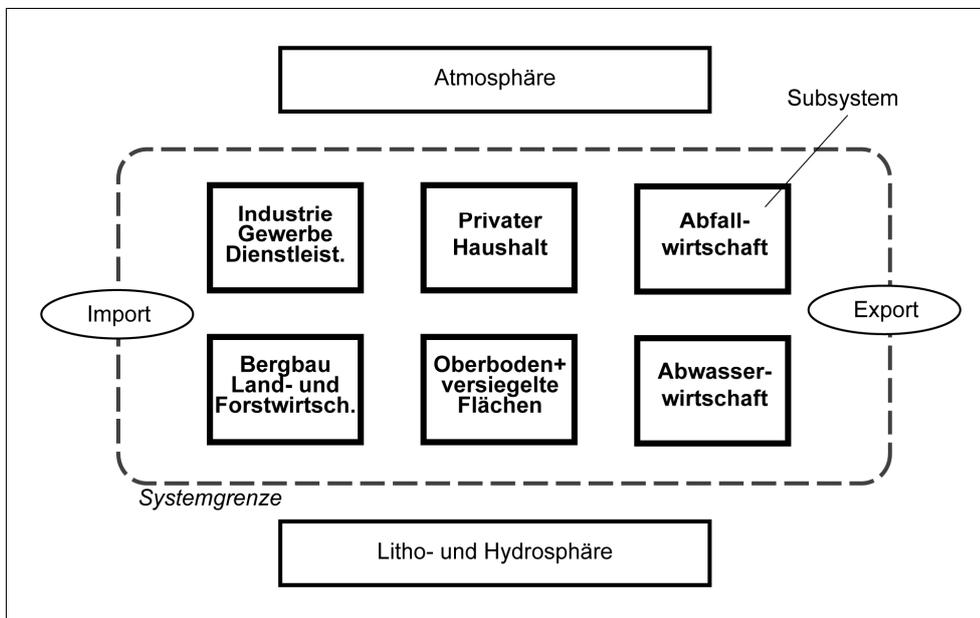


Abbildung 1: Prozesse des Hauptsystems RUSCH.

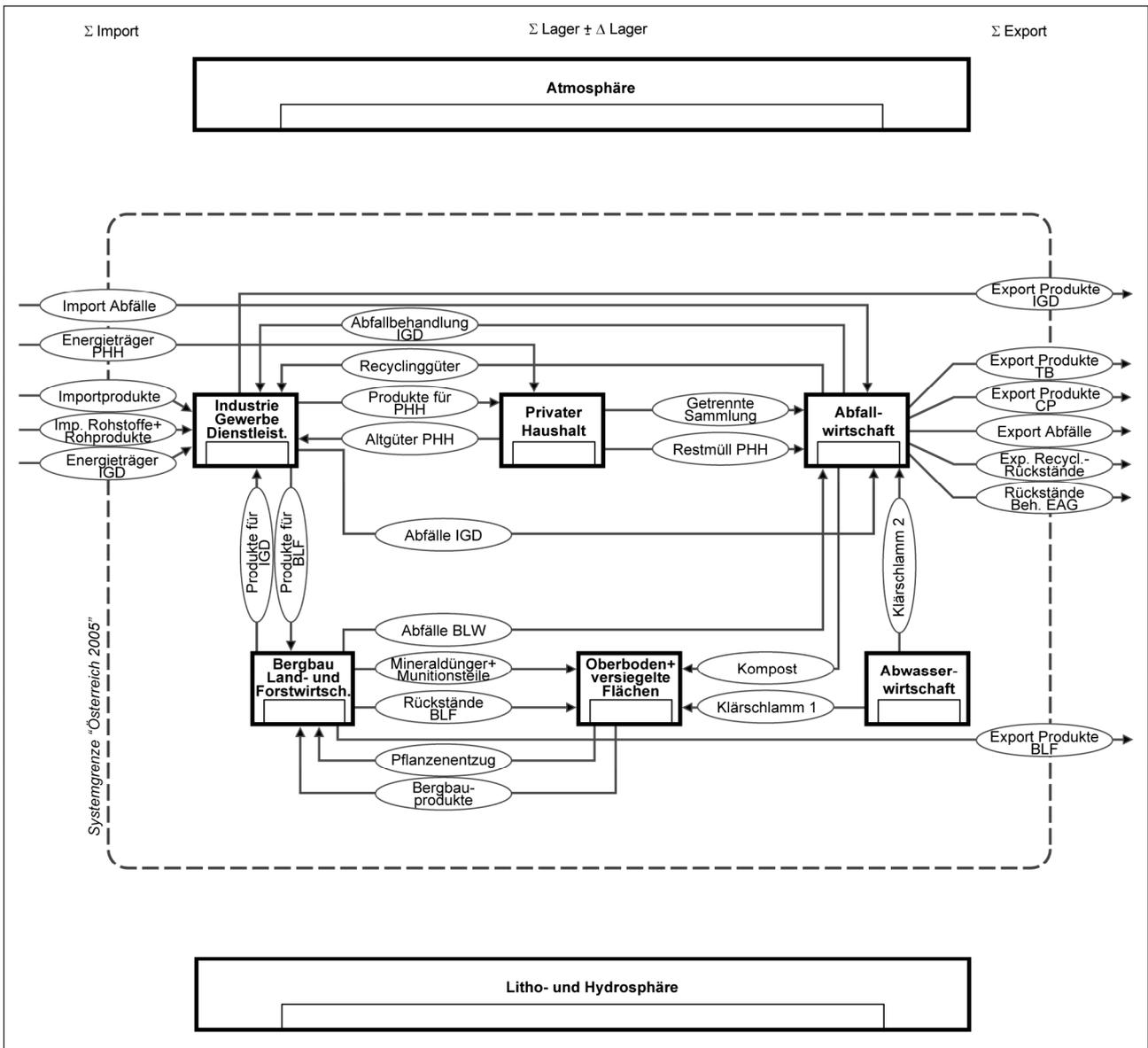


Abbildung 2: Die wichtigsten Güterströme des Hauptsystems RUSCH (Abkürzungen siehe Anhang B).

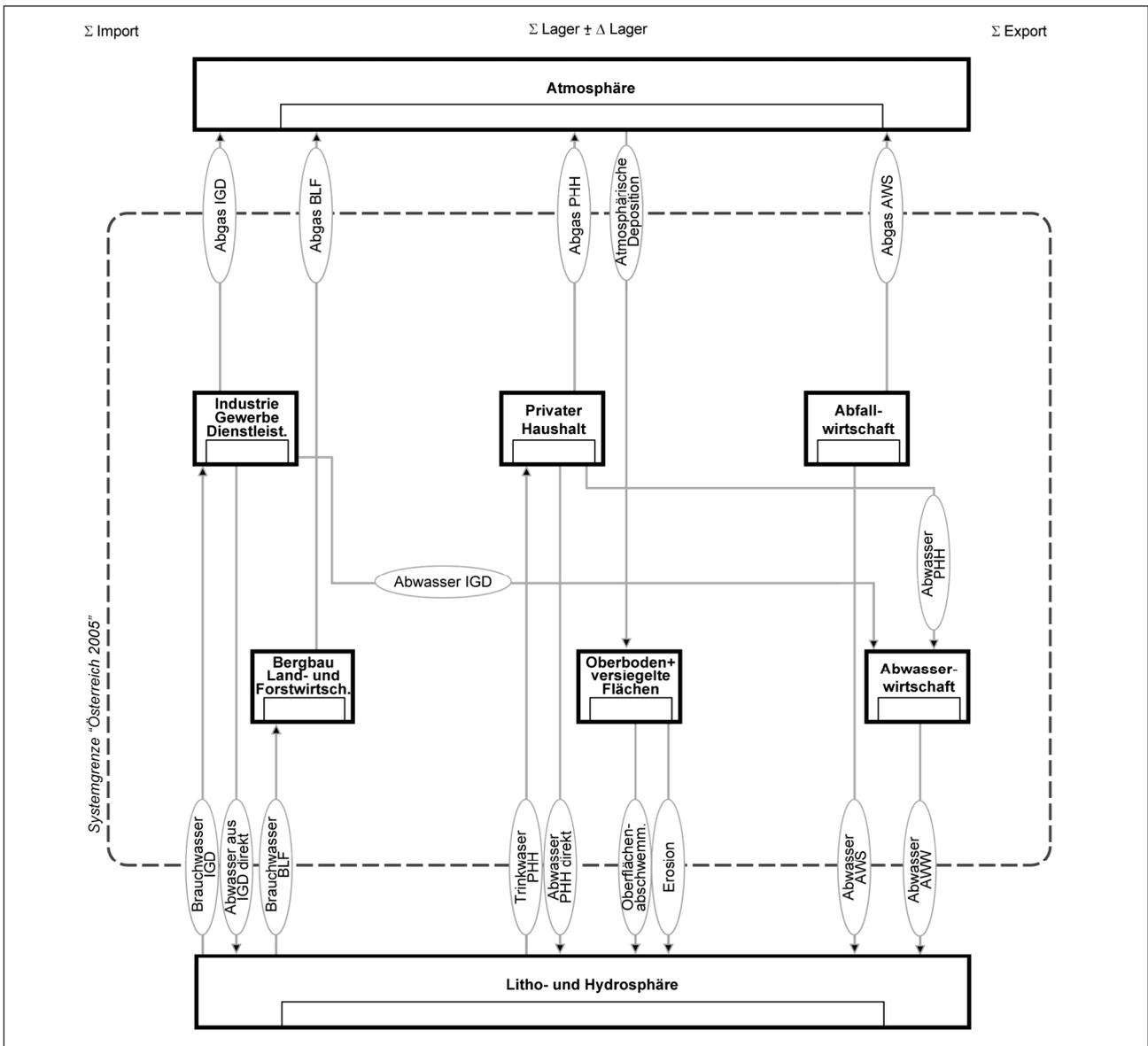


Abbildung 3: Emissionen in die Luft und in Litho- und Hydrosphäre sowie Depositionen aus der Luft und Entnahmen aus Litho- und Hydrosphäre unter Einbeziehung der Abwasserwirtschaft im Hauptsystem RUSCH (Abkürzungen siehe Anhang B)

### 3.5.2 Systembild RUSCH – Subsystem Abfallwirtschaft

Um den Weg von Blei, Cadmium und Quecksilber durch die Abfallwirtschaft genauer betrachten zu können, wird dieser Sektor als eigenes Subsystem dargestellt.

Das Subsystem Abfallwirtschaft (AWS) besteht aus folgenden Prozessen (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5):

- Im Prozess Sammlung, Transport und mechanische Sortierung (SA+TR+MB) werden alle Abfälle zusammengefasst und auf die verschiedenen Behandlungsprozesse, die Deponie und den Export verteilt. Getrennt gesammelt Abfälle wer-

**Prozesse des Subsystem Abfallwirtschaft (AWS)**

den direkt zum Sammler Recyclingmaterial geführt, Abfälle die in IGD behandelt werden, werden dorthin zurückgeführt.

- Als Abfallbehandlungsprozesse dargestellt werden:
  - die thermische Behandlung (TB) – hier werden nur jene Anlagen berücksichtigt, deren Hauptzweck die Abfallbehandlung sind, die Mitverbrennung ist Teil des Prozesses IGD
  - die Kompostierung (KOMP),
  - die mechanisch-biologische Behandlung (MBA),
  - die chemisch-physikalische Behandlung (CPB),
  - die Behandlung von Altfahrzeugen (ALT KFZ),
  - die Behandlung von Baurestmassen (BAU RM),
  - die Behandlung von Elektroaltgeräte und Batterien (EAG BAT),
  - und die sonstige Behandlung (SON).
- Die Rückstände der Abfallbehandlung gelangen in die thermische Behandlung (TB), auf Deponien (DEPO), werden exportiert oder gelangen als Recyclingmaterialien über den Sammler Recyclingmaterialien (REC AWS) zurück in den Prozess IGD.
- Die Abgase der Abfallwirtschaft werden im Sammler Abgase Abfallwirtschaft (ABG AWS) gesammelt und von dort an die Atmosphäre übergeben, die gereinigten Abwässer aus der Abfallwirtschaft im Sammler Abwasser (AW AWS) gesammelt und an die Litho- und Hydrosphäre übergeben (siehe Abbildung 3).

### **Abfallströme aus PHH**

Hinzuweisen ist darauf, dass aus dem Prozess PHH 3 Abfallströme hervorgehen:

1. Besonders Altfahrzeuge und Batterien, aber auch andere Altgeräte werden von Privatpersonen dem Handel zurückgegeben (und gelangen so in den Prozess IGD) – Altgüter PHH (AG PHH).
2. Einige Abfallarten werden getrennt gesammelt (ABF PHH TR).
3. Restmüll (ABF PHH RM) – siehe Abbildung 5.

Die detaillierten Systembilder mit den Frachten sind in Anhang A (Kapitel 14), die vollständigen Listen der Prozesse und Ströme sind in Anhang B (Kapitel 15) zu finden.

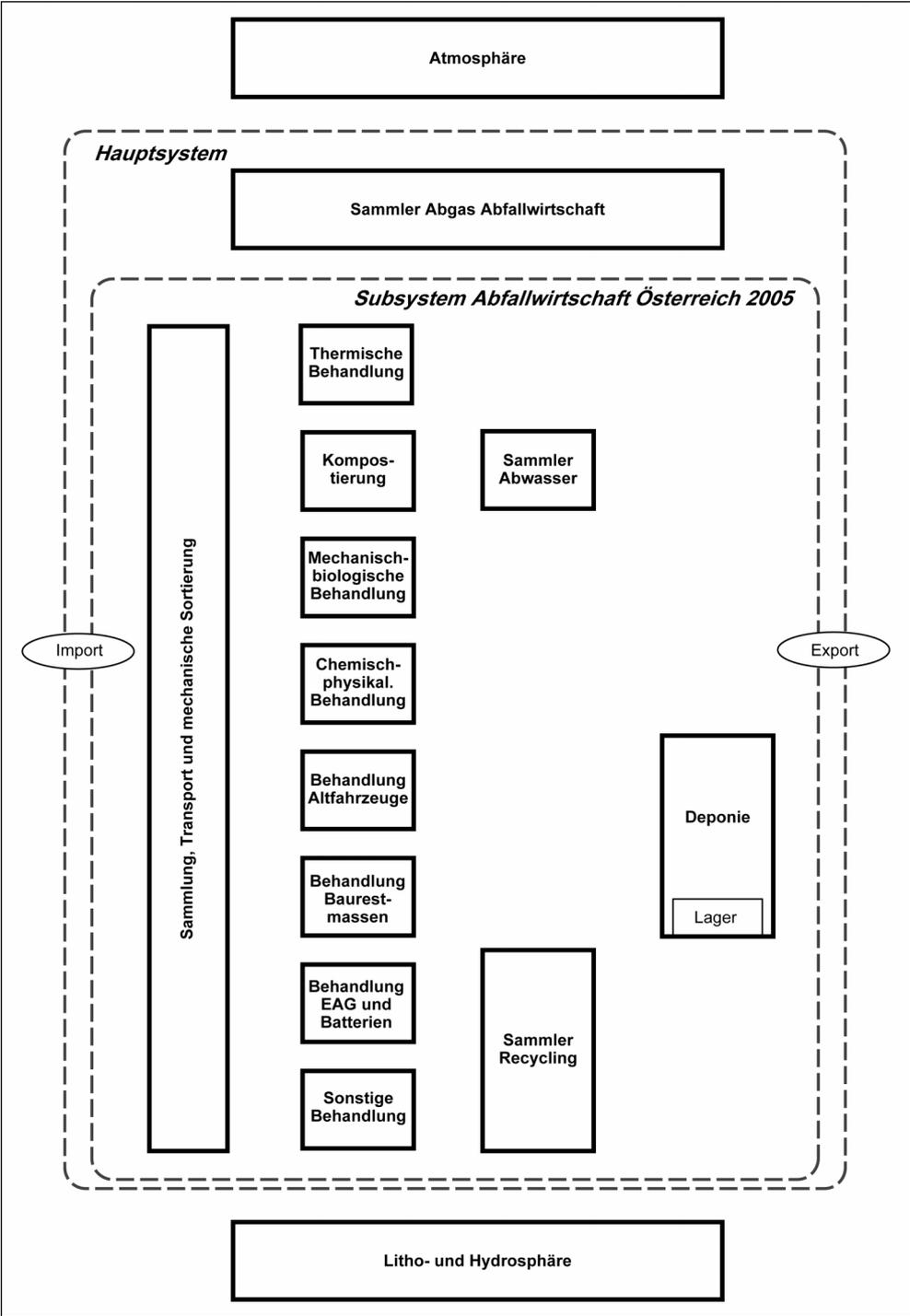


Abbildung 4: Prozesse im Subsystem Abfallwirtschaft.

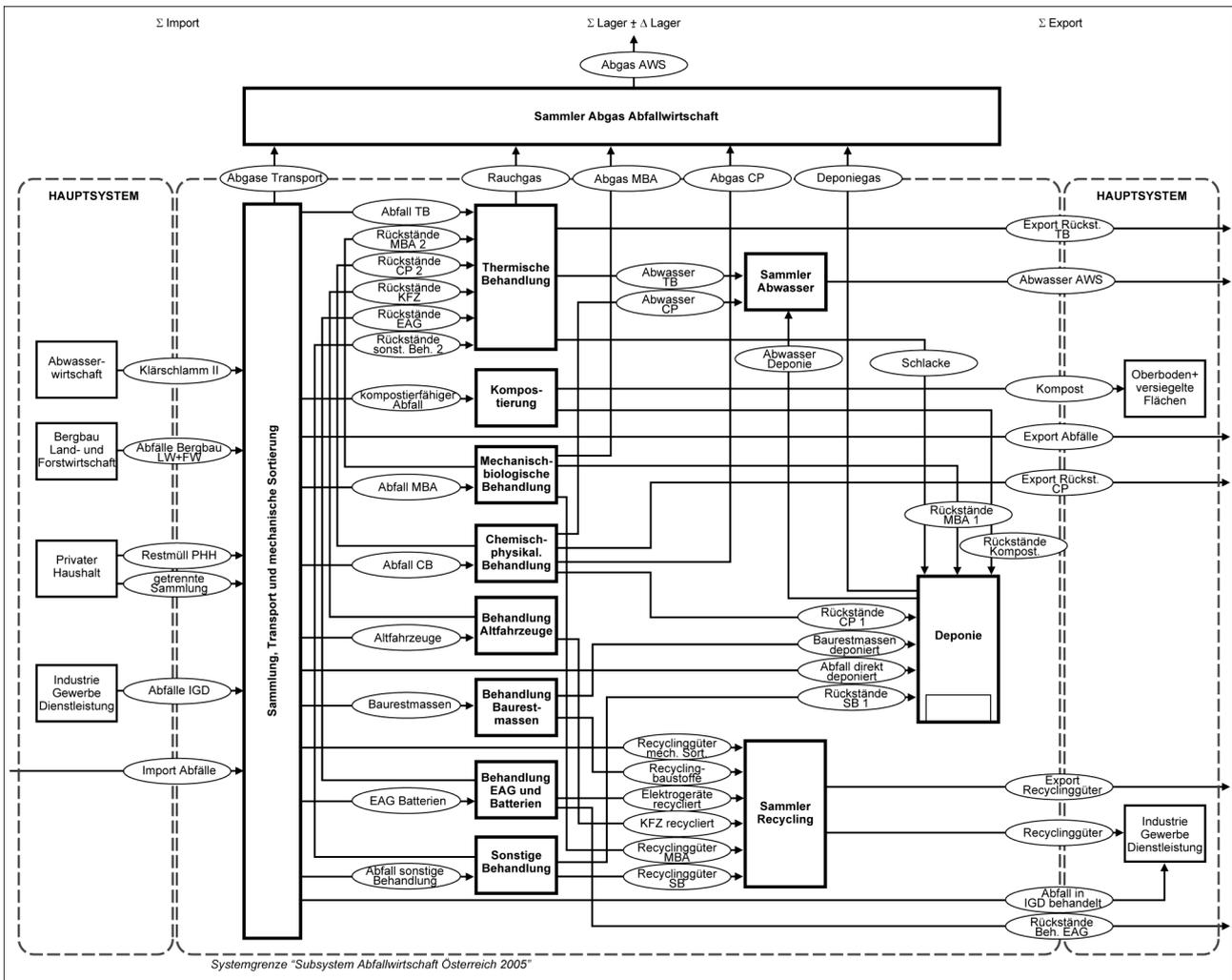


Abbildung 5: Die Abfallströme sowie Emissionen in die Luft und Abwasserströme aus dem Subsystem Abfallwirtschaft.

### 3.6 Auswahl der Stoffe

Die Stoffauswahl ergibt sich in der Regel aus der Aufgabenstellung. Ist dies nicht der Fall, kann die Auswahl des Stoffes beispielsweise aufgrund seines Ressourcen- oder Schadstoffpotenzials erfolgen oder zur Beantwortung der Aufgabenstellung ein Indikatorstoff festgelegt werden.

In der gegenständlichen Studie sollen die Quellen, Pfade, Lager und Senken der Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber untersucht werden. Die Auswahl der Stoffe wird vor allem durch die Toxizität und die besondere Aufmerksamkeit seitens der EU gegenüber diesen Metallen begründet.



### 3.6.1 Blei

Blei kommt in der Erdkruste mit einem durchschnittlichen Gehalt von rund 16 mg/kg als Spurenelement vor (ALLOWAY, 1995), wobei dieser Wert vom jeweils vorkommenden Gestein abhängig ist und großen Schwankungen unterliegt. Als Durchschnittswert von unbelasteten Böden wird oftmals eine Konzentration von < 20 mg/kg angenommen (ALLOWAY, 1995).

Blei und dessen Verbindungen tendieren dazu, in Böden und Sedimenten zu akkumulieren. Es besteht eine nachgewiesene Beziehung zwischen der Bleikonzentration im Boden und in darauf kultivierten Pflanzen. Bleiverunreinigungen wirken sich auch auf die mikrobiologischen Aktivitäten im Boden aus und reduzieren dadurch die Bodenproduktivität (WIXSON & DAVIES, 1994).

Blei und Bleiverbindungen – insbesondere organische Bleiverbindungen – sind giftig und können sowohl oral als auch über die Atmung oder die Haut aufgenommen werden. Bei einmaliger Aufnahme von Blei oder Bleisalzen ist kaum eine Giftwirkung zu bemerken. Werden jedoch vergleichsweise geringe Mengen über einen längeren Zeitraum eingenommen, kann es zu einer Akkumulation im Körper und zu chronischen Vergiftungen kommen. Das Blei ersetzt Calcium in den Mitochondrien und unterbindet so die Zellatmung. Als persistente Substanz kann Blei das zentrale und periphere Nervensystem, Lunge, Niere, Blut, das Herzkreislaufsystem, das Immun- und Enzymsystem sowie den Knochenaufbau schädigen. Bei Kindern kann Blei insbesondere die Entwicklung des Nervensystems stören und auf die geistig motorische Entwicklung hemmend wirken. Bereits bei geringfügig erhöhten Bleiwerten sind entsprechende Defizite festzustellen. Bleibelastungen während der Schwangerschaft können zu Früh- und Totgeburten führen, verursachen aber auch Fehlbildungen sowie vermindertes Geburtsgewicht.

Tierversuche weisen darauf hin, dass Blei auch Krebs erzeugende Wirkung besitzt. Epidemiologische Untersuchungen lassen vermuten, dass Blei ein Auslöser für Lungen-, Magen/Darm- und Nierenkrebs ist (CORN 1993). Blei wurde von der MAK-Kommission als Krebs erregend Kat. 3B und als keimzellenmutagen Kat. 3A eingestuft.

#### **Anwendungen von Blei**

Blei findet in folgenden Produkten Verwendung: Bleiakkumulatoren (Starterbatterien), als Additiv in Kunststoffen, in verschiedensten Elektro- und Elektronikbauteilen (Kathodenstrahlröhren, Lötzinn, Kabelummantelungen, ...), Bleischrot, Senkblei, Farben, Kristallglas.

Früher wurde Blei zum Beispiel in Wasser- und Abwasserleitungsrohren und Armaturen, Weißpigment oder in Rostschutzfarben häufig eingesetzt.

#### ***Bleivorkommen***

#### ***Akkumulation von Blei***

#### ***Toxizität von Blei***

#### ***Kanzerogenität von Blei***

### 3.6.2 Cadmium

#### **Cadmium-vorkommen**

Das Auftreten von Cadmium in der Erdkruste ist sehr stark an das Vorkommen von Zink gebunden. Das Zink-Cadmium-Verhältnis schwankt für die verschiedenen Gesteinsarten in einem Bereich von 27:1 bis 7.000:1 (FLEISCHER et al., 1974). Cadmium fällt hauptsächlich als Beiprodukt in der Zinkgewinnung an, es werden keine primären Rohstoffe zur reinen Cadmiumerzeugung verwendet. Die Durchschnittskonzentration in der Erdkruste liegt in der Größenordnung von 0,1 mg/kg (BOWEN, 1974 in ALLOWAY, 1995).

Die Halbwertszeit von Cadmium in Böden variiert von 15 bis 1.100 Jahren (KABATA PENDIAS & PENDIAS, 1992 in ALLOWAY, 1995). Die biologische Verfügbarkeit variiert innerhalb dieser Zeitspanne in Abhängigkeit von den biochemischen Bodeneigenschaften. Cadmium an sich hat keine biologische Funktion sondern ist toxisch für Pflanzen, Tiere und Menschen.

#### **Cadmium-Toxizität**

Von Cadmium geht eine erhebliche Gesundheitsgefährdung aus, da es mit dem Zinkstoffwechsel interagiert. Cadmium reichert sich in der Zelle an (chronische Akkumulation) und beeinträchtigt die intrazelluläre Zinkversorgung. Das Schwermetall kann über die Atemluft, mit Nahrungsmitteln oder aus dem Trinkwasser aufgenommen werden. Cadmium reichert sich in der Leber und besonders in den Nieren an. Eine schwere Organschädigung kann die Folge sein. Cadmiumsalze sind für den Menschen bereits in Milligramm-Dosen (50 mg) toxisch, da sie im Allgemeinen schnell resorbiert werden.

Cd-Dämpfe können zu einer Reizung der Augen und vor allem der Atemwege führen. Inhalation kann Kopfschmerzen verursachen und Lungenödeme erzeugen.

Eine chronische Cadmiumvergiftung kann u. a. zum Ausfall des Geruchsvermögens, gelb gefärbten Zahnhälsen und Blutarmut führen. Betroffene klagen über Wirbel- und Knochenmarksschmerzen. Cadmium kann auch zu Osteoporose führen.

Aufmerksam wurde man auf das Schwermetall im Zusammenhang mit der sogenannten Itai-Itai-Krankheit in Japan, die mit schweren Skelettveränderungen einherging.

#### **Kanzerogenität von Cadmium**

Bei sehr hoher chronischer Exposition kann Cadmium an der Entstehung von Prostatakarzinomen beteiligt sein (PARZEFALL 2001). Weiters stehen Cadmium und seine Verbindungen im Verdacht mutagen für Keimzellen zu sein (DFG 2004). Cadmium behindert die Reparatur von DNA-Schäden in der Zelle und begünstigt so die Krebsentstehung. Cadmium kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen und möglicherweise das Kind im Mutterleib schädigen. Die MAK-Kommission hat Cadmium als Krebs erregend Kategorie 1 (III A1) eingestuft.

Aufgrund einer Reihe von gewünschten physikalischen und chemischen Eigenschaften (z. B. gelbe und rote Farbe der Sulfide und Sulfoselenide, Korrosionsschutz) wurde Cadmium in der Farben-, Elektro- und Automobilindustrie intensiv eingesetzt. Im Endverbrauch kommt Cadmium vor allem in Ni-Cd-Akkumulatoren, sonstigen Batterien und im PVC zur Anwendung (EDER et al. 2004). Den größten Beitrag zur Umweltbelastung leisten die Erzverhüttung und die unsachgemäße Entsorgung von Ni-Cd-Akkumulatoren sowie Klärschlamm.



## Anwendungen von Cadmium

Cadmium wird verwendet in Nickel-Cadmium-Akkumulatoren von Schnurlos-Werkzeugen sowie in Elektro- und Elektronikbauteilen (Batterien, Akkus, Leiterplatten). Cadmium ist auch als Zink-Verunreinigung und als Verunreinigung in Düngemitteln anzutreffen.

Früher wurde Cadmium besonders als Additiv in Kunststoffen, in Batterien, in Pigmenten und zum Korrosionsschutz eingesetzt.

### 3.6.3 Quecksilber

Quecksilber tritt in der Erdkruste hauptsächlich als Sulfid auf. Der durchschnittliche Quecksilbergehalt der Erdkruste liegt in der Größenordnung von etwa 50 µg/kg. In Böden schwankt der Quecksilbergehalt in einem weiten Bereich von einigen wenigen bis mehreren hundert µg/kg (ADRIANO 2001).

Die Anreicherung bzw. Verfügbarkeit von Quecksilber in Böden ist stark an verschiedene Bodeneigenschaften (pH-Wert, Reaktivität, Redoxpotenzial etc.) gebunden. Generell zeigt sich Quecksilber in der Umwelt als relativ instabil aufgrund möglicher chemischer, biochemischer und photochemischer Reaktionen (KAISER & TÖLG 1980).

#### **Quecksilber in Böden**

Lösliche Quecksilberverbindungen sind oral und inhalativ toxisch. Quecksilberdämpfe, die schon bei Zimmertemperatur entstehen, sind sehr giftig. Das Schwermetall blockiert lebenswichtige Enzyme und schädigt auf diese Weise massiv die Körperzellen. Organisches Quecksilber wirkt toxisch vor allem auf das zentrale Nervensystem (Sprachstörungen, Hörstörungen). Beim Erwachsenen wirken 150–300 mg Quecksilber als einmalige Dosis tödlich. Bei einer akuten Vergiftung treten Zittern, Schwindel und Kopfschmerzen auf.

#### **Quecksilber- vergiftung**

Meistens handelt es sich bei Quecksilber jedoch um chronische Vergiftungen, bei denen kleine Mengen dauerhaft aufgenommen werden. Eine chronische Quecksilbervergiftung äußert sich unter anderem in Müdigkeit, Kopf- und Gliederschmerzen, Verfall und Schwäche der Gedächtnisleistungen sowie Störungen des zentralen Nervensystems bis hin zum Tod.

Kinder, die schon vor ihrer Geburt mit Quecksilber belastet wurden, können unter Verhaltens- und Entwicklungsstörungen leiden. Methylquecksilber ist darüber hinaus ein potentes Teratogen (das heißt, es löst bei Mensch und Tier Missbildungen aus) (PARZEFALL 2001).

Für Österreich wurde ein MAK-Wert von 0,05 für metallisches Quecksilber, 0,1 für anorganische Hg-Verbindungen und 0,01 für organische Hg-Verbindungen festgelegt, obwohl die deutsche MAK-Kommission Quecksilber und seine Verbindungen 1999 in die Krebsverdachtskategorie 3 aufgenommen hat (DFG 1999). Der Verdacht auf kanzerogenes Potenzial von Quecksilber wird dadurch begründet, dass Hg<sup>2+</sup> als „Metabolit“ von Hg im Tierexperiment kanzerogene Wirkungen zeigte.

#### **Kanzerogenität von Quecksilber**

Die Aufnahme und Verteilung von Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen im menschlichen Organismus hängt von der chemischen Form, vom Aufnahmeweg und der Dosis ab. Quecksilber-Dampf und flüchtige organische Verbindungen werden in der Lunge zu 80 % resorbiert, wovon wieder 80 % in den Blutkreislauf ge-

#### **Aufnahme von Quecksilber**

langen. Elementares Quecksilber wird intrazellulär oxidiert und verursacht eine Akkumulation im Gehirn, da die Blut-Hirn-Schranke nicht überwunden werden kann. Dies stellt daher ein großes Risiko für eine Langzeitexposition selbst kleinster Dosen von Quecksilber-Dämpfen dar.

### **Anwendungen von Quecksilber**

Quecksilber wird heute angewandt vor allem in der Zahnmedizin (als Zahnamalgame), in Leuchtstofflampen, in Batterien, in Elektro- und Elektronikgeräten (Leiterplatten, Relais, Hg-Schalter, Kathodenstrahlröhren, ...), Farben (Zinnober) und in der chemischen Industrie. Während quecksilberhaltige Fieberthermometer heute nicht mehr verkauft werden, werden sie in vielen Haushalten weiterhin genutzt.

## **3.7 Datenerfassung und Unsicherheitsbereiche**

### ***Fehlerrechnung***

Im Zuge dieser Studie sollen Güter- und Stoffflüsse nicht bloß abgeschätzt bzw. anhand einfacher Massenbilanzen mit der Methode der Stoffflussanalyse dargestellt werden. Vielmehr wird versucht, die Aussagekraft der Ergebnisse durch die Angabe von Unsicherheitsbereichen aller Einzelwerte, das heißt sowohl der Güter- und Stoffflüsse als auch der Lagerbestände und Änderungen sowie der gesamten Stoffumsätze im betrachteten System (Importe und Exporte) zu erhöhen. Die Einbeziehung von Unsicherheitsbereichen ist mathematisch jedoch nicht mehr durch einfache Massenbilanzierung einzelner Prozesse zu bewerkstelligen. Es gilt in diesem Fall, die Gesetze der Fehlerrechnung (Fehlerfortpflanzung nach Gauß) und gegebenenfalls der Ausgleichsrechnung zu beachten. Als Werkzeug für diese Berechnungen wird die Freeware STAN, ein speziell auf die Modellierung von Stoffflusssystemen zugeschnittenes Softwareprogramm, welches an der TU Wien entwickelt wurde, eingesetzt. Eine Kurzbeschreibung des Programmes, seiner Berechnungsmöglichkeiten sowie des mathematischen Hintergrundes enthält Kapitel 3.8.

Um eine solche Berechnung überhaupt durchführen zu können, werden jedoch auch entsprechende Anforderungen an das zugrunde liegende Datenmaterial und damit an die Datenerfassung und –aufbereitung gestellt. Neben den üblicherweise angegebenen Mittelwerten (Schätzwerten) aus Literaturquellen, ExpertInnenausagen oder gegebenenfalls Messungen, ist die Angabe der Genauigkeit, und damit die Abschätzung plausibler Schwankungsbereiche, der Einzelwerte unabdingbar.

### ***Datenunsicherheiten***

Dabei spielt die Herkunft der jeweiligen Daten naturgemäß eine große Rolle. Handelt es sich um die Auswertung von Messreihen (im Idealfall mit einer genügend großen, repräsentativen Zahl an Einzelwerten), so können die statistischen Parameter Mittelwert und Standardabweichung angegeben werden. Oft ist man jedoch bei der Erstellung von Güter- oder Stoffbilanzen auf eine sehr geringe Datenbasis (wenige oder gar nur einzelne Werte) angewiesen, die überdies aus den verschiedensten Quellen (Fachliteratur, nationale und internationale Statistiken, Expertenbefragungen etc.) stammen. Hinzu kommt, dass mitunter für die untersuchte Fragestellung bzw. das vorliegende System gar keine Daten verfügbar sind und die entsprechenden Werte aus ähnlichen Untersuchungen oder vergleichbaren Systemen (z. B. Konsumdaten zweier Länder mit ähnlicher Bevölkerungs- und Wirtschaftsstruktur) ab-



geleitet werden müssen. Eine spezifische Angabe von Unsicherheitsbereichen für solche Werte ist nur schwer oder gar nicht möglich, da ja zumeist auch der Hintergrund bzw. die Entstehung dieser Daten kaum oder überhaupt nicht bekannt ist.

Um trotzdem (mit vertretbarem Aufwand) eine Aussage über die möglichen Schwankungsbereiche von Daten treffen zu können, besteht die Möglichkeit einer Klassifizierung der vorhandenen und Zuordnung in verschiedene Güteklassen. Für jede dieser Klassen wird ein bestimmter (relativer) Schwankungsbereich angenommen, der die Genauigkeit des Wertes beschreibt. Eine solche Vorgangsweise wird von HEDBRANT & SÖRME (2001) beschrieben, wobei hier die Einteilung in fünf Güteklassen (Levels) erfolgt. Daten mit dem Level 1 stellen solche dar, die einen sehr kleinen Unsicherheitsbereich besitzen, Daten des Levels 5 hingegen sind äußerst unsichere Daten mit großem Schwankungsbereich. Die Unsicherheitsbereiche sind nicht symmetrisch zum jeweiligen Wert sondern ergeben sich durch Multiplikation bzw. Division mit entsprechenden Faktoren für jede Güteklasse (Faktor 1,1 in Level 1 bis Faktor 10 in Level 5)

### **Methoden zur Beherrschung der Unsicherheiten**

Die nachfolgende Tabelle 1 bietet eine Übersicht über dieses System.

Tabelle 1: Levels zur Angabe der Datenunsicherheit nach HEDBRANT & SÖRME (2001).

Level	Faktor/ Divisor	Datenquelle
1	X */1,1	offizielle Statistiken, Messungen
2	X */1,33	Statistiken auf regionalem/nationalem Niveau, ExpertInneninformation
3	X */2	Statistikdaten, übertragen auf lokale Verhältnisse, Abschätzungen
4	X */4	Datenauskunft auf Anfrage
5	X */10	–

Auf die mathematischen Überlegungen, die dieser Einteilung bzw. den jeweiligen Faktoren zugrunde liegen wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Für die Klassifizierung der Daten in dieser Studie wird eine ähnliche, wenn auch vereinfachte Vorgangsweise vorgeschlagen. Ziel dieser Klassifizierung ist es, jedem Wert eine entsprechende Unsicherheit, ausgedrückt durch die Standardabweichung zuzuordnen. Grundsätzlich wird zwischen Daten aus Messreihen und Einzelwerten (Literaturwerten, Abschätzungen) unterschieden.

### **Unsicherheitsklassen**

- Für **Messreihen** liegt zumeist eine Unsicherheitsangabe in Form der Standardabweichung vor. Bei fehlender statistischer Auswertung bzw. bei Vorliegen nur weniger Einzelwerte, wird der Schwankungsbereich vereinfacht durch die Bandbreite zwischen Minimal- und Maximalwert ausgedrückt – unter der Annahme, dass dieser Bereich einem 95 % Konfidenzintervall entspricht. Die Standardabweichung lässt sich sodann aus diesem Intervall berechnen.
- Im Falle von **einzelnen Werten** wird ähnlich der Klassifizierung nach HEDBRANT UND SÖRME (2001) vorgegangen. Die erhobenen Daten werden in drei Kategorien, nämlich „sichere Datenlage“, „mittlere Datenlage“ und „unsichere Datenlage“, mit entsprechenden Schwankungsbereichen eingeordnet. Jeder dieser Kategorien entspricht eine mögliche (geschätzte) Bandbreite des erhobenen Wertes (angenommener Mittelwert). Dieser Schwankungsbereich wird wiederum als 95 % Konfidenzintervall angesehen und zur Berechnung der Standardabweichung herangezogen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Angenommene Schwankungsbereiche der drei Datenkategorien und Berechnung der Standardabweichung.

Kategorie	95 % Konfidenzintervall	Standardabweichung
sichere Daten	+/- 25 % von X	STABW = $X \cdot \frac{1}{8}$
mittlere Daten	+/- 50 % von X	STABW = $X \cdot \frac{1}{4}$
unsichere Daten	+/- 90 % von X	STABW = $X \cdot \frac{9}{20}$

Eine Klassifizierung in dieser einfachen Form scheint durchaus vertretbar, da diese Werte lediglich die Eingangswerte für das mathematische Modell in STAN darstellen, mit dem eine eventuelle Fehler- bzw. Ausgleichsrechnung durchgeführt wird. Die Ergebnisse der Modellierung mit STAN können daher auch nur Unsicherheitsangaben liefern, die lediglich eine Aussage über die Vertrauenswürdigkeit (Unsicherheit) der berechneten Mittelwerte, nicht aber über reale Schwankungsbereiche zulassen.

### 3.8 STAN (Software für Stoffflussanalyse)

Mit Hilfe der Software STAN sollen die in einem ersten Schritt abgeschätzten Frachten der einzelnen Stoffströme zu einer mathematisch ausgeglichenen Gesamtbilanz widerspruchsfrei verknüpft bzw. gegebenenfalls verbessert werden.

#### Stofffluss-Software

STAN (kurz für SToffflussANalyse) ist eine Gratissoftware (Freeware) zur Erstellung von Güter- und Stoffflussanalysen gemäß ÖNORM S 2096. Sie ermöglicht die Modellierung von Systemen, Berechnungen unter Berücksichtigung von Einheiten und Datenunsicherheit sowie die grafische Darstellung der Ergebnisse in Form von Sankey-Diagrammen.

#### Methodik von STAN

Gegebene Daten können inklusive Einheit und Unsicherheit eingegeben bzw. importiert werden. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass unsichere Daten normal verteilt sind und durch die Parameter Mittelwert und Standardabweichung beschrieben werden. Sind redundante Informationen vorhanden, d. h. sind mehr Daten gegeben, als für die Berechnung von eventuellen Unbekannten notwendig sind, kann eine sogenannte Datenausgleichsrechnung durchgeführt werden. Die mit Unsicherheit behafteten Größen werden dadurch soweit verändert, dass eventuelle Widersprüche in den Mittelwerten der Daten aufgehoben und zusätzlich ihre Unsicherheiten verkleinert werden. Dies geschieht mit Hilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, wobei die Unsicherheit der Werte als Gewichtungsfaktor dient. Mittels statistischer Tests wird die Plausibilität der solcherart ausgeglichenen Daten überprüft, und damit festgestellt, ob die ausgeglichenen Mittelwerte noch innerhalb eines 95 %-Konfidenzintervalls der ursprünglich gegebenen normal verteilten Größen liegen. Mit den verbesserten Daten ist es durch Anwendung der Fehlerfortpflanzungsrechnung möglich, unbekannte Größen sowie deren Unsicherheitsbereiche zu ermitteln.

Neben einer Güterebene (beispielsweise verschiedene Abfallkategorien) können auch beliebig viele Stoffebenen (im vorliegenden Fall Blei, Cadmium und Quecksilber) in die Betrachtungen mit einbezogen werden.

## 4 BLEI

In diesem Kapitel wird zunächst dargelegt, wie die Bleifrachten der Stoffflüsse im System Österreich berechnet bzw. geschätzt wurden. Die mit STAN erstellten Systembilder werden dann diskutiert und interpretiert.

### 4.1 Datenerfassung

#### 4.1.1 Allgemein

Entsprechend der Methode der Stoffflussanalyse (siehe Kapitel 3.2) werden in einem ersten Schritt die massenmäßig wichtigsten Konsumgüter innerhalb der österreichischen Volkswirtschaft quantifiziert (siehe Tabelle 3) und deren Gehalt an Blei bestimmt („allgemeine Güter“). Im nächsten Schritt werden spezifische Anwendungen von Blei bzw. Güter, die Blei enthalten, untersucht („spezifische Güter“). In Tabelle 4 sind auch die spezifischen Güter für Cadmium und Quecksilber angeführt.

*Tabelle 3: Güterauswahl für die Datenerfassung – allgemeine Güter = massenmäßig wichtigste Konsumgüter.*

<b>allgemeine Güter</b>
Energieträger
Nahrungsmittel und landwirtschaftliche Güter
Kunststoffe
Fahrzeuge
Elektrogeräte
Batterien und Akkus
Bergbauprodukte (mineral. Rohstoffe)
Holz
Düngemittel
Abfälle

*Tabelle 4: Güterauswahl für die Datenerfassung – spezifische Güter = Konsumgüter mit den höchsten Frachten an Blei, Cadmium oder Quecksilber.*

<b>spezifische Güter</b>	<b>Element</b>
Blei (als Rohstoff und Waren daraus)	Blei
Blei-Akkumulatoren	Blei
Wuchtgewichte (in Fahrzeugen)	Blei
Munition	Blei
Ni-Cd-Akkumulatoren	Cadmium
Amalgam (Zahnmedizin)	Quecksilber
Quecksilberthermometer	Quecksilber

#### 4.1.1.1 Datengrundlagen der allgemeinen Güter

##### Energieträger

Der österreichische Verbrauch und der Außenhandel von Energieträgern wurden anhand von Daten des Statistischen Jahrbuchs 2007 (STATISTIK AUSTRIA, 2007) ermittelt. Die österreichische Förderung fossiler Energieträger wurde dem MONTANHANDBUCH 2006 (BMWA 2006) entnommen, die Produktion von Brennholz der Holzeinschlagsmeldung 2005 (BMLFUW 2006c). Die Produktion, der Import, Export und der österreichische Konsum von Energieträgern sowie deren Schwermetallgehalte sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Metallangaben stellen Mittelwerte dar. Die Werte für Metallkonzentrationen stammen aus Firmenauskünften (VOESTALPINE 2005, POLCARBON, 2006) und Literaturquellen (z. B. RICHAUD et al. 2004, MILLER et al. 2002, FEHRINGER et al. 1999) und unterliegen großen Schwankungsbreiten. Die Aufteilung des Konsums von Energieträgern auf die einzelnen Prozesse erfolgte nach SCHÖLLER et al. (2006) folgendermaßen:

- Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen: 54 %,
- Prozess Private Haushalte: 43 %,
- Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft: 3 %.

Die genauen Berechnungen sind in der beigefügten Datei „Energieträger.xls“ zu finden.

Tabelle 5: Produktion, Import, Export und Konsum von Energieträgern sowie der Metallfrachten.

	Produktion [t]	Import [t]	Export [t]	Konsum [t]
Güter	4.500.000	29.000.000	3.400.000	34.000.000
Blei	6,7	200	5,7	260
Cadmium	0,098	3,1	0,025	3,5
Quecksilber	0,14	1,8	0,11	3,0

##### Land- und forstwirtschaftliche Produkte und Bergbauprodukte

Die notwendigen Daten zur Erhebung des Bestandes, der Produktion, des Importes und des Exportes wurden folgenden Berichten entnommen:

- Grüner Bericht 2007 (BMLFUW 2007),
- Holzeinschlagsmeldung 2005 (BMLFUW 2006c),
- Montanhandbuch 2006 (BMWA 2006),
- Statistisches Jahrbuch 2007 (STATISTIK AUSTRIA 2007).

Die Stoffkonzentrationen wurden anhand von Literaturquellen bestimmt. Die Konzentrationen pflanzlicher landwirtschaftlicher Güter stammen von verschiedenen Autoren aus ADRIANO (2001). Die Daten für tierische Produkte, Mischfutter und Wirtschaftsdünger wurden aus UMWELTBUNDESAMT BERLIN (2004) bzw. aus ADRIANO (2001) entnommen; Daten für Mineraldünger aus LABO (2000). Hinsichtlich der Konzentrationen im Futter sowie in Düngemitteln bestehen hohe Schwankungsbreiten. Die Bleikonzentration im Wirtschaftsdünger liegt beispielsweise zwischen 1.900 und 9.600 µg/kg, im Mineraldünger zwischen 500 und 21.400 µg/kg. Metallkonzentrationen von Holz sind in RICHAUD et al. (2004) bzw. MIGASZEWSKI et al. (2002) zu finden.

Die Konzentrationen von Bergbauprodukten wurden ADRIANO (2001) entnommen.

In Tabelle 6 sind die Produktion, der Import, Export und Konsum von Bergbauprodukten, Holz und Nahrungsmitteln sowie deren Bleifrachten zusammengefasst. Die Berechnung der Nahrungsmittel erfolgte anhand der Ergebnisse der landwirtschaftlichen Produktion. Es wurde angenommen, dass pro Person 550 kg/Jahr an Nahrungsmitteln konsumiert werden. Davon werden 30 % der Nahrungsmittel außerhalb des privaten Haushaltes eingenommen und entfallen somit auf den Prozess IGD. Weitere notwendige Daten wie Import an Nahrungsmitteln oder Anzahl der touristischen Nächtigungen wurden dem Statistischen Jahrbuch 2007 (STATISTIK AUSTRIA 2007) entnommen. Die genauen Berechnungen sind in der angehängten Datei „LW\_FW.xls“ zu finden.

### **Bleikonzentrationen in Bergbauprodukten**

Tabelle 6: *Produktion, Import, Export und Konsum von Bergbauprodukten, Holz und Nahrungsmitteln.*

	<b>Produktion [t]</b>	<b>Import [t]</b>	<b>Export [t]</b>	<b>Konsum [t]</b>
<b>Güter</b>				
Bergbauprodukte	51.000.000	4.500.000	5.100.000	50.000.000
Holz gesamt	20.000.000	370.000	220.000	20.000.000
<i>Holz sonstiges</i>	<i>17.000.000</i>	<i>120.000</i>	<i>160.000</i>	<i>17.000.000</i>
<i>Brennholz</i>	<i>2.400.000</i>	<i>260.000</i>	<i>59.000</i>	<i>2.600.000</i>
Nahrungsmittel	26.000.000	5.400.000	4.800.000	4.600.000
<b>Blei</b>				
Bergbauprodukte	550	48	55	540
Holz gesamt	36	0,67	0,39	36
<i>Holz sonstiges</i>	<i>31</i>	<i>0,21</i>	<i>0,28</i>	<i>31</i>
<i>Brennholz</i>	<i>4,3</i>	<i>0,46</i>	<i>0,11</i>	<i>5,0</i>
Nahrungsmittel	0,88	0,18	0,17	0,16

### **Kunststoffe**

Die Datenerfassung ist in der Detailstudie über Blei, Cadmium und Quecksilber in Kunststoffen im Kapitel 8.2 beschrieben.

### **Fahrzeuge**

Die Anzahl an importierten und exportierten Fahrzeugen ist in der Außenhandelsstatistik aufgelistet (STATISTIK AUSTRIA, 2006). Der Konsum und der Bestand an Fahrzeugen wurde ebenfalls anhand von Daten der STATISTIK AUSTRIA (2007) berechnet. Die Masse der verschiedenen Fahrzeuge wurde anhand von Internetrecherchen abgeschätzt. Blei befindet sich in Fahrzeugen hauptsächlich in der Starterbatterie und in Wuchtgewichten. Import, Export und Konsum von Fahrzeugen und darin enthaltenem Blei und Cadmium sind in Tabelle 7 dargestellt. Aufgrund fehlender Daten aus der Industrie konnte die österreichische Produktion von Fahrzeugteilen nur über die Differenz zwischen Import, Export und Konsum berechnet werden. Die Masse von Bleiakkus in PKW wurde auf durchschnittlich 12,5 kg, die in LKW auf 25 kg mit einem Bleigehalt von 55 % geschätzt. Mit einer PKW-Masse von einer Tonne und der durchschnittlichen Masse eines LKW von 5 t ergibt das



eine Bleikonzentration von rund 6.900 mg/kg in PKW und 1.900 mg/kg in LKW. Der mittlere Anteil an Cadmium ist von 50 mg/kg in PKW mit einem Baujahr vor 1990 auf ca. 3 mg/kg in neueren PKW gesunken (berechnet nach BACCINI & BRUNNER 1991, WEINGARTSHOFER 1996, LAUBER 1993; Altfahrzeugeverordnung). Für LKW wurde die halbe Cadmium Konzentration von PKW angenommen, wobei rund 60 % der Fahrzeuge PKW sind. Die Datenrecherche ergab vernachlässigbare Mengen an Quecksilber in Fahrzeugen.

Die Verteilung des Konsums und des Lagers an Fahrzeugen zwischen den Prozessen IGD, PHH und BLF ist in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 7: Import, Export und Konsum von Fahrzeugen und darin enthaltenen Blei- und Cadmiumfrachten.

	Konzentration [mg/kg]	Import [t]	Export [t]	Konsum [t]
Fahrzeuge		600.000	510.000	410.000
Blei	4.700	2.800	2.400	1.900
Cadmium	2,4	1,4	1,2	0,97

### Elektrogeräte

Die Berechnung des Konsums von Elektrogeräten erfolgte basierend auf Daten über Elektroaltgeräte aus dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 (BAWP 2006). Allgemein wurde angenommen, dass der Konsum von Elektrogeräten um 10 % höher ist als die Abfälle. Diese Veränderung des Konsums wurde jedoch bei spezifischen Geräten adaptiert. So wurde z. B. von einer Abnahme des Konsums von Bildröhren ausgegangen. Ebenso wurde je nach Gerät aufgrund bestehender gesetzlicher Regelungen eine Veränderung der Stoffkonzentration angenommen. Die Massen der Elektrogeräte, des Konsums von Elektrogeräten und die Veränderung der Stoffkonzentrationen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Masse an Elektroaltgeräten (EAG), Konsum von Elektrogeräten und der Anteil der Stoffkonzentration von Neugeräten relativ zu Altgeräten.

Elektrogeräte	EAG	Konsum	Stoffanteil Neugerät: Altgerät <sup>1)</sup>		
	[t]	[t]	Pb	Cd	Hg
Elektrogeräte gesamt					
elektrische und elektronische Geräte und Geräteteile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Abfällen oder Inhaltsstoffen	9.000	9.900	0,30	1,00	0,30
Bildröhren (nach dem Prinzip der Kathodenstrahlröhre)	800	880	0,30	1,00	
Bildschirmgeräte einschl. Bildröhrengeräte	16.000	12.900			
<i>Bildröhren</i>	15.508	8.300	0,30	1,00	
<i>LCDs</i>	12	4.100	0,30	1,00	
<i>Gehäuse</i>	480	528	1,00	1,00	0,30
Weißware	73.000	80.300			
<i>Kühl- und Klimageräte</i>	24.000	26.400	0,30	1,00	
<i>Großgeräte</i>	49.000	53.900	0,30	1,00	
Kleingeräte	20.000	22.000	0,30	1,00	
Gasentladungslampen (z. B. Leuchtstofflampen, Leuchtstoffröhren)	1.200	1.320	0,30	1,00	
Bauteile daraus <sup>2)</sup> (Stoffkonzentration sonst nicht berücksichtigt)					
Leiterplatten lt. Morf (2004) 2 % des Kleingeräteschrotts	940	1.034	0,50	1,00	0,50
Hg-Schalter	0,66	0,73			0,10
<b>Summe</b>	<b>120.000</b>	<b>127.300</b>			

<sup>1)</sup> Annahme bzw. Berechnung mit entsprechenden Stoffkonzentrationen für Neugeräte

<sup>2)</sup> Masse der Bauteile ist in den Geräten enthalten, jedoch nicht die Stoffkonzentration

Die Stoffkonzentrationen der Altgeräte wurden aus folgenden Literaturquellen berechnet: HANKE et al. (2001), HARANT (2001), SKARUP et al. (2003), GABRIEL (2004), MORF & TAVERNA (2004). Die Konzentration von Blei in verschiedenen Geräten ist in Tabelle 9 aufgelistet. Die Massen der Einzelgeräte wurden basierend auf Internetrecherchen geschätzt. In Tabelle 10 ist beispielhaft die Abschätzung für Bildschirme und in Tabelle 11 für LCD-Geräte dokumentiert.

### **Bleikonzentration in Elektroaltgeräten**



Tabelle 9: Bleikonzentration in Elektrogeräten (MORF & TAVERNA 2004, GABRIEL 2004).

	Einheit	von	bis	MW	Quelle
Leiterplatten	[mg/kg]	9.675	14.325	12.000	MORF & TAVERNA 2004
Bildschirme, TV/PC-Gehäuse					
Bildröhre	[mg/kg]	3.892	4.756	4.324	MORF & TAVERNA 2004
TV/PC Gehäuse	[mg/kg]	107	349	228	MORF & TAVERNA 2004
Batterien, Akkus	[mg/kg]	13.977	41.976	27.977	MORF & TAVERNA 2004
Elektro- und Elektronikkleingeräteschrott	[mg/kg]	2.400	3.400	2.900	MORF & TAVERNA 2004
LCD: Bildschirm- und Elektrokleingeräte	[%]	0,002	0,03	0,01	GABRIEL 2004

Tabelle 10: Abschätzung der Masse von Röhrenbildschirmen (eigene Schätzung).

Röhrenbildschirme	von	bis	MW	von	bis	MW
Geräte	Einzelmasse [kg]			Anzahl Geräte		
	10	50	30	1.600.000	320.000	500.000
Annahme, dass 1–5 % des Gewichts Gehäuse	Einzelmasse Gehäuse [kg]			Masse Gehäuse [t]		
	0,1	2,5	1,3	160	800	480
Röhre	Einzelmasse Röhre [kg]			Masse Röhren [t]		
	9,9	47,5	28,7	14.440	15.840	15.140

Tabelle 11: Abschätzung der Masse von LCD-Bildschirmen (eigene Schätzung).

LCD-Bildschirme	von	bis	MW	von	bis	MW
Geräte	Einzelmasse [kg]			Masse LCDs gesamt [t]		
	5	25	15	9,6	14,4	12
Annahme, dass 1–5 % des Gewichts Gehäuse	Annahme, dass ca.80 % LCD			Masse Gehäuse ges. [t]		
				96	720	408
<b>Gesamtsumme</b>				<b>15.000</b>	<b>17.000</b>	<b>16.000</b>

Der Import und Export von Elektrogeräten wurde anhand der Außenhandelsstatistik berechnet (STATISTIK AUSTRIA 2006). Der Import, Export und Konsum an Elektrogeräten und darin enthaltenem Blei, Cadmium und Quecksilber sind in Tabelle 12 dargestellt. Die Produktion wurde aus der Differenz von Import, Export und Konsum abgeschätzt.

Tabelle 12: Import, Export und Konsum von Elektrogeräten und darin enthaltene Blei-, Cadmium- und Quecksilberfrachten (STATISTIK AUSTRIA 2006 und eigene Berechnungen).

	Import [kg]	Export [kg]	Konsum [kg]
Güter	560.000.000	440.000.000	130.000.000
Blei	99.000	80.000	130.000
Cadmium	66.000	50.000	20.000
Quecksilber	290	230	66

Die größte Bleifracht von Elektrogeräten stammt aus Bildröhren. Da der Anteil an Bildröhren im Konsum wesentlich geringer ist als in Altgeräten, ist dementsprechend auch die Bleifracht reduziert. Eine weitere wichtige Quelle für Blei in Altgeräten stellen Leiterplatten dar, die nach MORF & TAVERNA (2004) 2 % des Kleingeräteschrotts ausmachen und eine mittlere Bleikonzentration von 12.000 mg/kg aufweisen.

Für die Berechnung des Konsumlagers an Elektrogeräten wurde bei einer Lebensdauer von Geräten zwischen 10 und 15 Jahren eine 12,5-mal höhere Masse des Konsums angenommen. Die Stoffkonzentrationen für das Lager basieren auf den Konzentrationen für Altgeräte.

Die Verteilung des Konsums und des Lagers an Elektrogeräten zwischen den Prozessen IGD, PHH und BLF ist in Tabelle 14 dargestellt.

### ***Bleilager bei Elektrogeräten in Verwendung***

## **Batterien und Akkus**

Der Konsum von Batterien und Akkumulatoren wurde anhand der Abfälle berechnet. Die Masse an Batterien und Akkus (exkl. Ni-Cd- und Bleiakkus) wurde nach Daten des BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003) berechnet. Die Masse der Bleiakkus wurde aus Daten des Bundes-Abfallwirtschaftsplans (BAWP 2006) und der STATISTIK AUSTRIA (2006; für neu zugelassene Fahrzeuge) ermittelt und enthält sowohl Akkus, die in Fahrzeugen als auch solche, die allein (ohne Fahrzeug) konsumiert werden. Die Massen und Stofffrachten von Batterien und Akkus sind in Tabelle 13 dargestellt. Die 3.100 t an Batterien und Akkus bestehen zum Großteil aus Alkali-Mangan Rundzellen. Knopfzellen stellen nur rund 1 % der gesamten Masse an Batterien dar, sind aber aufgrund der hohen Stoffkonzentrationen für 96 % der Quecksilberfracht aus Batterien verantwortlich. Die Stoffkonzentrationen der Batterien wurden anhand von Daten aus RECKNAGEL & RICHTER (2007) berechnet.

Für das Lager der Batterien wurde eine gleiche Masse wie für den Konsum angenommen. Das Lager an Bleiakkus wurde basierend auf dem Fahrzeugbestand und dem Konsum (bzw. Abfällen) von Bleiakkus berechnet.

Details zur Berechnung der Ni-Cd-Akkus sind im Kapitel 8.1 zu finden.

Die Verteilung des Konsums und des Lagers an Batterien und Akkus zwischen den Prozessen IGD, PHH und BLF ist in Tabelle 14 dargestellt.

### ***Bleilager in Batterien***

*Tabelle 13: Massen und Stofffrachten von konsumierten Batterien und Akkus in Österreich für das Jahr 2005 (eigene Berechnungen).*

<b>Bezeichnung des Gutes</b>	<b>Fluss gesamt [t]</b>	<b>Pb-Fracht [t]</b>	<b>Cd-Fracht [t]</b>	<b>Hg-Fracht [t]</b>
Blei-Akkumulatoren (extra & in Fz)	33.000	18.000	0,00	0,00
Batterien und Akkus (ohne Ni-Cd- und Pb-Akkus)	3.100	0,19	0,0023	0,12
Ni-Cd-Akkus	380	0,03	41	0,00
davon Ni-Cd-Akkus klein	180	0,01	27	0,00
davon Ni-Cd-Akkus industriell	200	0,01	14	0,00
<b>Summe Batterien + Akkus (gerundet)</b>	<b>37.000</b>	<b>18.000</b>	<b>41</b>	<b>0,12</b>

Tabelle 14: Verteilung des Konsums und des Konsumlagers der wichtigsten bleihaltigen Güter in den verschiedenen Prozessen (eigenen Berechnungen).

	Anteil IGD	Anteil PHH	Anteil BLF
Fahrzeuge	0,50	0,45	0,05
Elektrogeräte	0,60	0,39	0,01
Batterien & Akkus	0,50	0,49	0,01
Blei und Waren daraus (inkl. Munition)	0,70	0,25	0,05

#### 4.1.1.2 Datengrundlagen spezifischer Bleigüter

##### Blei und Waren daraus

In der Außenhandelsstatistik (STATISTIK AUSTRIA 2006) findet sich ein für die Bleibilanz nicht unwesentlicher Import und Export von Bleirohstoffen und Rohprodukten, die unter „Blei und Waren daraus“ zusammengefasst sind (siehe Tabelle 15). Der Konsum wurde aus der Differenz von Import und Export berechnet und nach Tabelle 14 auf die verschiedenen Prozesse verteilt. Eine Zuordnung zu Produkten (nach einem Produktionsschritt im Prozess IGD) konnte aufgrund mangelnder Daten nicht durchgeführt werden.

Tabelle 15: Importe und Exporte von „Blei und Waren daraus“ für das Jahr 2005 (STATISTIK AUSTRIA 2006, eigene Berechnungen).

Güter	Import	Export	Pb-Anteil	Import Pb	Export Pb
	[t]	[t]	[ %]	[t]	[t]
Bleierze	619	0	80	495	0
raffiniert, in Rohform	10.503	2.926	99,94	10.497	2.924
in Rohform, Sb enthaltend	0	2.197	90	0	1.978
Legierungen in Rohform	12.270	5.623	90	11.043	5.060
in Rohform	289	0	99,94	289	0
Abfälle und Schrott aus Blei	1.068	1.514	80	854	1.211
Stangen, Profile, Draht aus Blei	53	78	90	48	70
Bänder	4	1	90	3	1
Platten	899	58	90	809	52
Pulver, Flitter	0	0	90	0	0
Rohre, Rohrformstücke	1	6	90	1	5
Verpackungsm. m. Abschirm. gg. Strahlung	2	0	90	2	0
Waren a. n. g.	395	1.435	90	356	1.291
<b>Summe</b>	<b>26.104</b>	<b>13.838</b>		<b>24.398</b>	<b>12.594</b>

a.n.g. = anderswo nicht genannt



## Bleiakkumulatoren

Der Außenhandel von Bleiakkumulatoren in Fahrzeugen und Bleiakkumulatoren ohne Fahrzeug wurde über Daten der STATISTIK AUSTRIA (2006 bzw. 2007) berechnet. Der Bleigehalt von Akkumulatoren wurde auf 55 % geschätzt. Weitere Details zur Berechnung der Bleifrachten von Akkumulatoren in Fahrzeugen sind in Kapitel 4.1.1.1, im Abschnitt „Fahrzeuge“, beschrieben.

Der Import, Export und Konsum von Bleiakkumulatoren ist in Tabelle 16 dargestellt. Der gesamte Import von Blei in Akkumulatoren beträgt rund 16.000 t, der Export 21.000 t. Laut Fa. Banner (<http://www.bannerbatterien.com>) werden 90 % der inländischen Produktion exportiert und 10 % in Österreich konsumiert. Zusammen mit dem Konsum von Akkus aus Importen und Fahrzeugen ergibt dies einen jährlichen Konsum von 18.000 t Blei in Akkumulatoren.

Tabelle 16: Importe, Exporte und Konsum von Bleiakkumulatoren für das Jahr 2005 (STATISTIK AUSTRIA 2006 und 2007, eigene Berechnungen).

	Bleiakkumulatoren [t]	Bleifracht [t]
Import	30.000	16.000
Export	39.000	21.000
Konsum	33.000	18.000
<i>davon in importierten Fahrzeugen</i>	<i>5.100</i>	<i>2.800</i>
<i>davon Inlandskonsum der Produktion</i>	<i>3.800</i>	<i>2.100</i>
<i>davon aus Importen von Akkus</i>	<i>24.000</i>	<i>13.000</i>

## Wuchtgewichte

Wuchtgewichte in Fahrzeugen werden aus Blei oder Zink hergestellt. Es wurde angenommen, dass in LKW durchschnittlich 400 g, in PKW 40 g Wuchtgewichte eingesetzt werden. Der Anteil an Blei wurde mit rund 50 % geschätzt. Der Konsum an Wuchtgewichten beträgt rund 80 t.

## 4.1.2 Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft

### 4.1.2.1 Beschreibung der Flüsse

Die Datenerfassung für die Produktion land- und forstwirtschaftlicher Produkte und die Förderung von Bergbauprodukten ist in 4.1.1.1 Abschnitt „Land- und forstwirtschaftliche Produkte und Bergbauprodukte“, beschrieben. Die Abschätzungen zu den Bleifrachten in der Jagd- und Fischereiwirtschaft sind im Kapitel 8.4 beschrieben. Die Jagd- und Fischereiwirtschaft ist für Blei aufgrund des Einsatzes von Bleimunition und Bleigewichten relevant. Die Flüsse des Prozesses sind in Tabelle 17 dargestellt.

Der Fluss mit der größten Bleifracht im Prozess „Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft“ ist der Input aus dem Prozess IGD und wird überwiegend aus Bleiakkumulatoren und Munition gebildet. Munitionsteile (ca. 800 t) werden weiter auf den Oberboden transportiert. Der Outputfluss „Produkte für IGD“ enthält im wesentlichen Bergbauprodukte und zu einem geringen Anteil land- und forstwirtschaftliche Produkte. Aus dem Prozess gelangen jährlich 1.800 t, die vor allem Bleiakkumulatoren enthalten, in die Abfallwirtschaft. Land- und forstwirtschaftliche Rückstände, sowie Abraum werden großteils in den Oberboden transportiert.

**Blei-Input in  
Bergbau/  
Landwirtschaft**

#### 4.1.2.2 Beschreibung des Lagers

Das Bleilager im Prozess „Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft“ besteht zu jeweils ca. einem Drittel

- aus den Gütern „Blei und Waren daraus“ inklusive Bleimuniton,
- aus Fahrzeugen (im Wesentlichen aus darin enthaltenen Bleiakkus) und
- aus Blei in Waldbeständen.

Weitere allgemeine Güter wie Elektrogeräte und Batterien bzw. Viehbestände tragen nur geringfügig zum Lager bei. Das Lager beträgt knapp 8.000 t und verändert sich kaum (eine Abnahme von 11 t mit einer Unsicherheit von 1.100 t wurde berechnet).

*Tabelle 17: Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen).*

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Input-Ströme zu „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>					
BBP	Bergbauprodukte	LH	BLF	649	± 50 %
PE	Pflanzenentzug	OBVF	BLF	67	± 50 %
BW BLF	Brauchwasser für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	LH	BLF	2,3	± 90 %
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	IGD	BLF	2.662	± 50 %
<b>Output-Ströme aus „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>					
EX PRO BLF	Exportprodukte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	E (Export)	56	± 50 %
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	BLF	IGD	587	± 50 %
MD MUN	Mineraldünger und Munitionsteile	BLF	OBVF	812	± 50 %
RÜ BLF	Rückstände aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (Abraum, Ernterückstände)	BLF	OBVF	153	± 90 %
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)	1.783	± 90 %
ABG BLF	Abgas aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	ATM	0,14	± 90 %

Die erhobenen Blei-Frachten werden den Kategorien „mittlere Daten“ (Schwankungsbereich  $\pm 50\%$ ) bzw. „unsichere Daten“ (Schwankungsbereich  $\pm 90\%$ ) zugeordnet. Diese Einteilung gilt auch für die entsprechenden Flüsse der Stoffe Cadmium und Quecksilber (siehe unten).

### 4.1.3 Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen

#### 4.1.3.1 Beschreibung der Flüsse

Die Datenerfassung wird in Kapitel 4.1.1 erläutert. Die Flüsse des Prozesses IGD sind in Tabelle 18 aufgelistet. Die größten Flüsse im gesamten System Österreichs befinden sich im Prozess IGD. Mit Ausnahme der importierten Abfälle und Energieträger gelangen alle importierten Güter über den Prozess IGD nach Österreich und werden danach je nach Gut in der Industrie, im Handel oder im Dienstleistungsbereich verwendet bzw. als Produkt in den privaten Haushalt oder als Abfall in die Abfallwirtschaft weitergeleitet. In Produkten und Rohstoffen werden rund 44.000 t Blei importiert. Davon befinden sich 24.000 t in „Blei und Waren daraus“, 16.000 t in Bleiakкумуляoren, ca. 1.500 t sind in Kunststoffen und 880 t in Munition enthalten. Die übrigen Güter, wie Elektrogeräte oder Bergbauprodukte bilden nur einen geringfügigen Anteil. Der Export von Produkten liegt mit 37.000 t etwas unter dem gesamten Import. Rund 20.000 t Bleiabfälle gelangen jährlich aus IGD in die Abfallwirtschaft, wobei 17.000 t wiederum als Recyclinggut in dem Prozess IGD verarbeitet werden. Weiters werden knapp 8.000 t Blei in Altgütern (Bleiakkus) aus dem privaten Haushalt in den Prozess IGD transportiert. Die Produkte, die für den privaten Haushalt aus dem Prozess IGD bereitgestellt werden betragen knapp 10.000 t. Folglich werden ca. 80 % der Outputs als Abfälle, Recycling- oder Altgüter wieder in den Prozess rückgeführt.

#### 4.1.3.2 Beschreibung des Lagers in IGD

Die Berechnung des Lagers ist in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Das Bleilager im Prozess IGD beträgt 79.000 t und setzt sich zu 56 % aus den Gütern „Blei und Waren daraus“ (inklusive Munition), zu 30 % aus Fahrzeugen (Bleiakkus) und zu 13 % aus Wasserver- und -entsorgungsleitungen zusammen. Elektrogeräte und Batterien tragen nur unwesentlich zum Bleilager bei. Die geringfügige jährliche Zunahme des Lagers von 2,8 t ist vernachlässigbar.

Tabelle 18: Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Input-Ströme zu „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>					
IM PRO	Import von Produkten	I (Importe)	IGD	17.616	$\pm 50\%$
IM ROH	Import von Rohstoffen und Rohprodukten	I (Importe)	IGD	25.637	$\pm 50\%$
EN IGD	Import Energieträger für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	I (Importe)	IGD	112	$\pm 50\%$



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
BW IGD	Brauchwasser für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	LH	IGD	35	± 90 %
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	BLF	IGD	587	± 50 %
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (SAM REC)	IGD	Wert berechnet	
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD	Wert berechnet	
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	AWS (SAM REC)	IGD	7.901	± 50 %
<b>Output-Ströme aus „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>					
EX PRO IGD	Exportprodukte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	E (Export)	36.616	± 50 %
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	IGD	PHH	9.811	± 50 %
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	IGD	BLF	2.662	± 50 %
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWS (SA+TRA+MS)	20.396	± 50 %
AW IGD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWW	3,1	± 90 %
AW IGDD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (Direktinleiter)	IGD	LH	12	± 90 %
ABG IGD	Abgas aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	ATM	11	± 90 %

Mit Ausnahme der Brauchwasser, Abwasser- und Abgasfrachten, die als „*unsichere Daten*“ (Schwankungsbereich ± 90 %) eingestuft sind, werden alle Daten der Kategorie „*mittlere Daten*“ (Schwankungsbereich ± 50 %) zugeordnet. Diese Einteilung gilt auch für die unten beschriebenen entsprechenden Flüsse der Stoffe Cadmium und Quecksilber.

## 4.1.4 Prozess Privater Haushalt

### 4.1.4.1 Beschreibung der Flüsse

Die Datenerfassung erfolgte wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Die Flüsse der privaten Haushalte sind in Tabelle 19 dargestellt. Der Großteil des konsumierten Bleis befindet sich in Bleiakкумуляtoren (knapp 8.000 t). Rund 1.300 t Blei befinden sich in „Blei und Waren daraus“ und können nicht genauer definiert werden. Das Blei in Akkumulatoren wird nach der Nutzungsphase im Prozess IGD verwertet und bildet den Großteil des Flusses „Altgüter PHH“. Aus dem privaten Haushalt werden 550 t Blei über getrennte Sammlung und 360 t Blei im Restmüll in die Abfallwirtschaft gebracht.

### 4.1.4.2 Beschreibung des Lagers PHH

Details zur Berechnung des Lagers sind in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Das Bleilager privater Haushalte beträgt 48.000 t und nimmt jährlich um 1.000 t (mit einer Unsicherheit von 3.100 t) zu. Die Zusammensetzung des Bleilagers ist ähnlich wie das Lager im Prozess IGD, bis auf einen geringeren Anteil der Güter „Blei und Waren daraus“ (ca. 33 %). Folglich haben Fahrzeuge (Bleiakkus) und Wasserver- und -entsorgungsleitungen höhere Anteile (44 % bzw. 22 %).

Tabelle 19: Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Privater Haushalt (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Input-Ströme zu „Private Haushalte“</b>					
EN PHH	Import Energieträger für private Haushalte	I (Importe)	PHH	84	± 50 %
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	IGD	PHH	9.811	± 50 %
TW PHH	Trinkwasser für private Haushalte	LH	PHH	14	± 50 %
<b>Output-Ströme aus „Privaten Haushalten“</b>					
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	PHH	IGD	7.901	± 50 %
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	360	< ± 25 %
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	554	± 50 %
AW PHH	Abwasser aus privaten Haushalten	PHH	AWW	6,8	< ± 50 %
AW PHHD	Abwasser aus privaten Haushalten in Hydrosphäre	PHH	LH	1,2	< ± 50 %
ABG PHH	Abgas aus privaten Haushalten	PHH	ATM	2,2	± 90 %

Der Fluss Restmüll aus privaten Haushalten (ABF PHH RM) wird der Kategorie „sichere Daten“ (Schwankungsbereich  $\pm 25\%$ ) zugeordnet, der Fluss Abgas aus privaten Haushalten den „unsicheren Daten“ (Schwankungsbereich  $\pm 90\%$ ). Alle übrigen Flüsse werden als „mittlere Daten“ (Schwankungsbereich  $\pm 50\%$ ) eingestuft. Diese Einteilung gilt auch für die unten beschriebenen entsprechenden Flüsse der Stoffe Cadmium und Quecksilber.

#### 4.1.5 Subsystem Abfallwirtschaft

##### 4.1.5.1 Datengrundlagen

Die meisten Blei-Frachten der Stoffströme des Systems Abfallwirtschaft werden aus den Massen dieser Stoffströme, wie im Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP) 2006 verzeichnet, und aus den Blei-Konzentrationen in diesen Stoffströmen, wie von KÖNIG (2006) veröffentlicht, errechnet.

##### **BAWP 2006 als Datengrundlage**

Die meisten Werte des BAWP 2006 beziehen sich auf das Jahr 2004. In einigen Fällen, wie zum Beispiel beim Gesamtabfallaufkommen, konnte aus dem Trend zwischen den Werten des BAWP 2001 (Basisjahr 1999) und dem Wert des BAWP 2006 ein Wert für das Jahr 2005 extrapoliert werden. Wenn das nicht möglich war, wurde der Wert für das Jahr 2004 aus dem BAWP 2006 verwendet. Im Rahmen der anderen Datenunsicherheiten stellt dies nur einen kleinen Fehler dar.

Im Folgenden wird kurz dargestellt, wie die Berechnung der Bleifracht erfolgte:

##### **Methodik der Bleifracht-Berechnung**

Die Bleifracht eines Stromes errechnet sich aus der Summe der Bleifrachten der Teilströme. Die Bleifracht eines Teilstroms ergibt sich aus der Masse dieses Stroms mal der Bleikonzentration in diesem Strom. Die errechneten Frachten der Teilströme und des Gesamtstroms sowie die Datenquellen aller Abfallströme sind in Anhang D (Kapitel 17) tabellarisch wiedergegeben.

##### **Strom außerhalb der Abfallwirtschaft**

Der Strom **Altgüter private Haushalte (AG PHH)** der jene Abfälle berücksichtigt, die von Haushalten an den Handel zurückgegeben werden errechnet sich aus den Teilströmen:

- Altautos PHH,
- Elektroaltgeräte PHH (Die Masse dieses Teilstroms ergibt sich aus dem Gesamtabfallaufkommen Elektroaltgeräte (EAG) aus Haushalten von ca. 72.000 t minus den rund 26.700 t getrennt gesammelt EAGs (BAWP 2006), damit verbleiben 45.300 t an EAG aus Haushalten die direkt an den Handel zurück gehen; die Blei-Konzentration wurde von der TU Wien (22.1.2008) bestimmt.),
- Altbatterien PHH (Die Masse an gesammelten Altbatterien wurde BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003) entnommen.),
- Altbleiakumulatoren PHH (40 % des gesamten Altbleiakkumulatorkaufkommens).



### Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“

Der Input zum Prozess „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“ setzt sich aus folgenden Strömen zusammen:

- **Klärschlamm II – zur Behandlung (KS II)**: Bleifracht siehe Kapitel 4.1.6.3.
- Die Bleifracht der **Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (ABF BLF)** ergibt sich aus der Masse der Meldung gemäß Statistikverordnung \* Konzentrationen aus KÖNIG (2006) + 1.375 t Blei aus 2.500 t Bleiakkus die gemäß Branchenkonzept Landwirtschaft (BRANDSTETTER 1995) jährlich in der Landwirtschaft anfallen.
- Die Bleikonzentration des **Restmülls aus privaten Haushalten (ABF PHH RM)** wurde MORF et al. (2004) entnommen.
- Für die **getrennt gesammelten Abfälle aus privaten Haushalten (ABF PHH TR)** wurden für die Elektroaltgerätefraktion neu berechnete Bleikonzentrationen für die sonstigen Fraktionen im Schnitt die gleiche Konzentration wie für Restmüll (MORF et al. 2004) genommen.
- Die Bleifracht der **Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (ABF IGD)** wurde aus der Bleifracht des Gesamtabfallaufkommens (die Werte von KÖNIG (2006) extrapoliert auf das Jahr 2005) unter Berücksichtigung der in der BMG-Arnoldstein verarbeiteten Masse an Bleiakumulatoren (BMG 2005) und der Altbleiakku-Importe (BAWP 2006)) minus den Abfall-Bleifrachten aus den privaten Haushalten, des Sektors Bergbau-Land-Forst-Jagd-Fischereiwirtschaft und von Klärschlamm II errechnet.
- Für die Berechnung Bleifracht der Import Abfälle (IM ABF) wurden die Massen aus BAWP 2006 (S. 133), die Bleikonzentration der Bleiakkulatorenfraktion mit 55 % mal Konzentration KÖNIG (2006) und für die restlichen Fraktionen die Durchschnittsbleikonzentration aus dem Gesamtabfallaufkommen berücksichtigt.

### Output-Ströme aus „Sammlung, Transport und mechanische Sortierung“

Die Bleifrachten der Outputströme aus dem Prozess „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“ wurden wie folgt berechnet:

- Für die Bleifracht der **Emissionen in die Luft (Abgase) aus Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung (ABG TR)** wurde angenommen, dass während der Manipulationen mit Abfällen 0,01 % der Bleifracht aus dem Gesamtabfallaufkommen, vor allem durch Staubemissionen, freigesetzt werden.
- Die Bleifracht des **Abfalls zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung) (ABF TB)** ergibt sich aus der Summe der Bleifrachten aller Outputströme aus der thermischen Behandlung minus der Summe der Bleifrachten aller anderen Inputströme in die thermische Behandlung.
- Die Masse der **Export-Abfälle (EX ABF)** ergibt sich aus der Gesamtmasse der Abfallexporte gemäß BAWP 2006 (S.134) minus der Massen der anderen Exporte aus dem Subsystem Abfallwirtschaft. Für die Bleikonzentration dieses Stromes, wurde die gleiche Konzentration angenommen wie für das Gesamtabfallaufkommen (KÖNIG 2006).
- Für die Bleifracht des **kompostierfähigen Abfalls (ABF BIO)** wurde angenommen, dass sie um 10 % über der Bleifracht des aus der Kompostierung resultierenden Komposts liegt.

- Die Masse des **Abfalls zur Behandlung in der MBA (ABF MBA)** entstammt BAWP 2006 (S. 94); die Blei-Konzentrationen der Teilfraktionen wurden MORF et al. (2004), KÖNIG (2006) und eigenen Berechnungen für Klärschlamm entnommen.
- Der **Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert (ABF DD)** setzt sich zusammen aus den Fraktionen Bodenaushub SN 31411, Hütten- Gießereischutt SN 31111, Erdschlamm SN 31625, Siedlungsabfälle SN 91101, Hausmüll SN 91105 und Sonstigen Abfällen. Die deponierten Massen dieser Abfälle entstammen UMWELTBUNDESAMT (2007e), die Bleikonzentrationen KÖNIG (2006).
- Die Bleifracht des **Abfalls für die chemisch-physikalische Behandlung (ABF CP)** wurde aus den Bleifrachten der Outputströme aus der chemischen Behandlung errechnet.
- Die Bleifracht von **Recyclinggüter/-material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung (REC MS)** entspricht der Bleifracht der getrennt gesammelten Abfälle aus privaten Haushalten (ABF PHH TR) ohne die Fraktion Elektroaltgeräte.
- Die Bleifracht der **Altfahrzeuge (ALT KFZ)** wurde aus der Masse des BAWP 2006 und den Konzentrationen von KÖNIG (2006) für die Schlüsselnummern 35203 und 35203 errechnet.
- Der Strom **Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub (BRM)** setzt sich zusammen aus den Fraktionen Bodenaushub und Baurestmassen. Zur Berechnung der Bleifracht wurden die Behandlungskapazitäten aus BAWP 2006 (S. 90 u. 92) und die Konzentrationen von KÖNIG (2006) genommen.
- Der Strom **Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren (EAG BAT)** fasst die Teilströme
  - Elektroaltgeräte aus privaten Haushalten sowie aus Gewerbe und Industrie,
  - Hg-Dampflampen SN 35 326,
  - Gasentladungslampen SN 35339,
  - Blei SN 35302,
  - Bleischlamm SN 35503,
  - Altbleiakkumulatoren SN 35322 inklusive Importe,
  - Bleisalze SN 51524,
  - Batterien unsortiert SN 35338,
  - Ni-Cd-Akkus SN 35323

zusammen, da diese gemeinsam in den Anlagen zur Aufbereitung von Elektroaltgeräten, Batterien und Bleihaltigen Abfällen behandelt werden. Die Massen dieser Teilströme sind dem BAWP 2006 (S. 62, 74 und 133), KÖNIG (2006), BMG (2005) und BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003) entnommen, die Bleikonzentration KÖNIG (2006).
- Der Strom **Abfall zur sonstigen Behandlung (ABF SON)** setzt sich zusammen aus den Teilströmen Al-Salzschlacke SN 31211, Sonstige Gefährliche Abfälle und PVC-Abfälle SN 57116. Die Massen dieser Teilströme sind dem BAWP 2001, die Konzentrationen KÖNIG (2006) und neuen Abschätzungen für PVC entnommen.
- Die Bleifracht des **Abfalls der direkt in IGD behandelt wird (ABFB IGD)** ergibt sich aus der Summe der Inputströme in den Prozess (SA+TRA+MS) minus der Summe der anderen Outputströme.



### Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“

Die Bleifracht der **Emissionen in die Luft (Abgase) aus dem Abfallwirtschaftssystem (ABG AWS)** ergibt sich aus der Summe der Bleifrachten der Emissionen in die Luft der einzelnen Prozesse der Abfallwirtschaft.

### Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“

Die Bleifracht in den **Rauchgasen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung) (RG)** errechnet sich aus der Gesamtmasse an Abfällen, die in Abfallverbrennungsanlagen im Jahr 2005 in die Verbrennung gelangten (ermittelt aus UMWELTBUNDESAMT. 2007d) und gemessenen Bleiemissionswerten je Tonne Input (UMWELTBUNDESAMT 2005b, S. 56).

Die Masse zur Berechnung der Bleifracht des **Exports von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung) (EX RÜ TB)** entstammt einer Auswertung der „Bilbes“-Datenbank für Exportmeldungen. Die Bleikonzentration entspricht gemessenen Konzentrationen für Flugasche aus der Abfallverbrennung (UMWELTBUNDESAMT 2005b).

Für die Berechnung der Bleifracht in den **Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung) (AW TB)** wurde angenommen, dass das Verhältnis zwischen Abfallinput und Abwasseraufkommen und die Bleikonzentration im Abwasser der Müllverbrennungsanlage Spittelau für die gesamte österreichische Abfallverbrennung repräsentativ ist. Die entsprechenden Werte wurden (UMWELTBUNDESAMT 2005b, S. 57 u. 65) entnommen.

Die Bleifracht in den **Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung) (SCHL)** ergibt sich aus den deponierten Massen für 2005 (UMWELTBUNDESAMT 2007a) und den Bleikonzentration in den Verbrennungsschlacken und -aschen (UMWELTBUNDESAMT 2005b).

### Output-Ströme aus der „Kompostierung“

Auf der Basis von Angaben des Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 (BMLFUW 2001) wurde das Kompostaufkommen für das Jahr 2005 mit 250.000 t geschätzt. Die Gehalte an Blei im Kompost wurde durch das Umweltbundesamt 2000 in einer Studie ermittelt (UMWELTBUNDESAMT 2000) und weist hohe Schwankungsbreiten auf. Aus der gemessenen durchschnittlichen Bleikonzentration und dem Kompoststrom wurde die Bleifracht errechnet, die mit dem Kompost in den Oberboden gelangt.

Der Kompoststrom (KOM) verursacht bei Blei im Oberboden einen Eintrag in den Oberboden in Österreich 2005 von 20,2 t/a.

Für die Bleifracht der **Rückstände der Kompostierung zur Deponierung (RÜ KOM)** wurde angenommen, dass sie rund 10 % der Bleifracht des Kompostes entspricht.

### Output-Ströme aus der „MBA“

Die Bleifracht im **Abgas MBA (ABG MBA)** wurde aus der Masse der im Jahr 2005 in Österreich in MBAs behandelten Abfälle (BAWP 2006, S.94) und der emittierten Bleifracht je Tonne Input (UMWELTBUNDESAMT 1999) errechnet.



Je Tonne Input in die MBA entstehen rund 125 kg Abfall für die Deponierung (UMWELTBUNDESAMT 2006b). Mit der Masse der im Jahr 2005 in Österreich in MBAs behandelten Abfälle (BAWP 2006, S. 94) errechnet sich daraus die Masse der **Rückstände der MBA zur Deponierung (RÜ MBA 1)**. Die Bleikonzentration dieses Stromes ist (BILITEWSKI et al. 2000, S. 317) entnommen.

Je Tonne Input in die MBA entstehen auch rund 125 kg Abfall für die thermischen Behandlung (= heizwertreiche Fraktion) (UMWELTBUNDESAMT 2006b). Mit der Masse der im Jahr 2005 in Österreich in MBAs behandelten Abfälle (BAWP 2006, S. 94) errechnet sich daraus die Masse der **Rückstände der MBA zur Verbrennung (RÜ MBA 2)**. Für Bleikonzentration dieses Stromes wird die Bleikonzentration in Kunststofffolien SN 57119 (KÖNIG 2006) genommen.

Die Bleifracht von **Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung (REC MBA)** ergibt sich aus der Bleifracht des Inputstroms in die MBA minus der Summe der Bleifrachten der anderen Outputströme aus der MBA.

Für die MBA wird kein Abwasserstrom modelliert, da dem Prozess in der Regel Wasser zugeführt wird und nur selten Abwasser anfällt (UMWELTBUNDESAMT 2006b, S. 170).

#### **Output-Ströme aus der „CP-Behandlung“**

Für die Bleifracht der **Abgase aus CP-Anlagen (ABG CP)** wurde das gleiche Verhältnis zwischen Bleifracht und Abfallinput in die CP-Anlagen angenommen, wie bei der Berechnung der Bleifracht in den Abgasen der MBA.

Für die Massen der Ströme **Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen) (RÜ CP 1)**, **Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle) (RÜ CP 2)** und **Export Rückstände CP (EX RÜ CP)** wurden die Werte aus dem BAWP 2001 genommen; die Bleikonzentrationen dieser Ströme entstammen KÖNIG (2006) und UMWELTBUNDESAMT (1995b).

Die Bleifracht der **Abwässer aus der CP Behandlung (AW CP)** ergibt sich aus der Bleifracht des Inputstroms in die CP-Behandlung minus der Summe der Bleifrachten der anderen Outputströme aus der CP-Behandlung.

#### **Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“**

Die Massen zur Berechnung der Bleifrachten der Ströme **Altfahrzeug-Fractionen zum Recycling (KFZ REC)** und **Altfahrzeug-Fractionen zur thermischen Behandlung (KFZ TB)** wurden dem BAWP 2006 (S. 60), die Bleikonzentration den Schlüsselnummern 35203 und 35204 aus KÖNIG (2006) entnommen.

#### **Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“**

Die Bleifracht der **Recyclingbaustoffe (BAU REC)** ergibt sich aus der Differenz der Bleifracht im Input des Prozesses „Behandlung von Baurestmassen“ und der Bleifracht im anderen Output (BRM DEP).

Der Strom **Baurestmassen deponiert nach Behandlung (BRM DEP)** setzt sich zusammen aus dem Teilstrom „deponierter Bauschutt nach Behandlung“ und „deponierter Bodenaushub nach Behandlung“. Für die Masse des „deponierter Bauschutt nach Behandlung“ wurde die 2005 deponierte Masse an Bauschutt aus



UMWELTBUNDESAMT (2007e) S. 12 genommen. Da die Behandlungskapazitäten für verunreinigte Böden rund 18 % der Behandlungskapazitäten für Baurestmassen ausmachen (BAWP 2006 S. 90 u. 92), wurde für die Masse des „deponierter Bodenaushub nach Behandlung“ 18 % der Masse „deponierter Bauschutt nach Behandlung“ angenommen. Für die Bleikonzentrationen wurden jene aus KÖNIG (2006) für SN 31409 bzw. 314111 genommen.

### **Output-Ströme aus der „Behandlung von Elektroaltgeräten (EAG) und Batterien“**

Da der größte Teil des in Elektroaltgeräten und Batterien enthaltenen Bleis in einer eigenen Anlage zur Aufarbeitung von bleihaltigen Materialien (BMG-Arnoldstein) verarbeitet wird und hier auch bleihaltige Gläser von Fernsehrohren behandelt werden, wird angenommen, dass 99,5 % des Blei-Inputs des Prozesses „Behandlung von Elektroaltgeräten (EAG) und Batterien“ in den Outputstrom **EAG und Batterie-Fractionen zum Recyceln (EAG REC)** gelangt. Der Rest wird dem Strom **Elektroaltgeräte- und Batterie-Fractionen zur thermischen Behandlung (EAG TB)** zugerechnet.

### **Output-Ströme aus der „sonstigen Behandlung,,**

Es wurde abgeschätzt, dass rund 10 % des Outputs der sonstigen Behandlung den **Rückständen aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (RÜ SON 1)**, 30 % den **Rückständen aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (RÜ SON 2)** und der Rest den **Recyclinggütern aus der sonstigen Behandlung (REC SON)** zuzuordnen sind.

### **Output-Ströme aus dem „Sammler Abwasser“**

Die Bleifracht des Stromes **Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem (AW AWS)** ergibt sich aus der Summe der Bleifrachten der Inputströme in den „Sammler Abwasser“.

### **Output-Ströme aus der „Deponie“**

Die Bleifracht im **Deponiegas (DG)** wurde wie folgt abgeschätzt: Von den 2005 abgelagerten Abfällen sollte kein Deponiegas mehr entstehen. Deponiegas kann jedoch noch aus den Ablagerungen der letzten 5 bis 10 Jahre entstehen. Es wird angenommen, dass diese in der Größenordnung der Emissionen der MBAs von 2005 liegen sollten

Zur Bestimmung der Bleifracht in den **Deponieabwässern (AW DEP)** wurde folgende Abschätzung getroffen:

In UMWELTBUNDESAMT (2003) werden für 39 Deponien rund 591.000 m<sup>2</sup> offene Fläche angegeben. Für alle 167 Deponien mit Deponiesickerwasser (UMWELTBUNDESAMT 2007f) ergibt das eine offene Fläche von ca. 2,52 Mio. m<sup>2</sup>. Im Projekt „Bestimmung der Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung“ – (LANER et al. 2008, Zwischenbericht) wird die mittlere infiltrierte Wassermenge auf österreichischen Deponien anhand der gebietsspezifischen Niederschlags- und Verdunstungsmengen mit 537 mm pro Jahr

**Deponiesickerwasser**

abgeschätzt. Mit einer angenommenen Sickerwassermenge von 500 mm/a ergibt sich ein Jahresvolumen an Deponiesickerwasser in Österreich von rund 1,25 Mio. m<sup>3</sup>. Für die gereinigten Abwässer wurden die von BILITEWSKI et al. (2000) S. 161 beschriebenen Bleikonzentrationen verwendet.

#### Output-Ströme aus dem „Sammler Recycling“

Die Bleifracht des **Stromes Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Rückstände + Altöl)** (EX REC) ergibt sich aus

- a) der Masse der Abfallexporte der SN 31217 und SN 31223 gemäß BAWP 2006 S. 78 und den Konzentration für Flugaschen aus der thermische Behandlung (UMWELTBUNDESAMT 2005b) sowie
- b) 1/3 der Bleifracht aus dem Bleirecycling<sup>1</sup>

Die Bleifracht des Stromes **Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft (REC)** ergibt sich aus der Summe der Bleifrachten der Inputströme in den „Sammler Recycling“ minus der Bleifracht EX REC.

#### 4.1.5.2 Stoffflüsse in der Abfallwirtschaft

Tabelle 20 zeigt die geschätzten Bleifrachten der Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft und deren abgeschätzte Datenunsicherheiten.

Tabelle 20: Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Datenunsicherheiten für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Strom außerhalb Abfallwirtschaft</b>					
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	PHH	IGD (HAN)	7.901	± 50 %
<b>Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>					
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	AWW	AWS (SA+TRA+MS)	6,4	± 50 %
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)	1.783	± 90 %
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	360	< ± 25 %
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	554	± 50 %
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD (SABF IGD)	AWS (SA+TRA+MS)	20.396	± 50 %
IABF	Import Abfälle	I (Importe)	AWS (SA+TRA+MS)	4.723	< ± 50 %

<sup>1</sup> Diese Annahme basiert auf einer telefonischen Auskunft der BMG Arnoldstein.

Tabelle 20: (Fortsetzung) Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Datenunsicherheiten für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Output-Ströme aus „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>					
ABG TR	Emissionen in die Luft (Abgase) Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung	SA+TRA+MS	ABG AWS	0,23	± 90 %
ABF TB	Abfall zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung)	SA+TRA+MS	TB	484	± 50 %
EX ABF	Export-Abfälle	AWS (SA+TRA+MS)	E (Exporte)	195	< ± 50 %
ABF BIO	kompostierfähiger Abfall	SA+TRA+MS	KOMP	22	± 90 %
ABF MBA	Abfall zur Behandlung in der MBA	SA+TRA+MS	MBA	167	± 50 %
ABF DD	Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert	SA+TRA+MS	DEPO	747	± 50 %
ABF CP	Abfall für die chemisch-physikalische Behandlung	SA+TRA+MS	CPB	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
REC MS	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung	SA+TRA+MS	REC AWS	533	± 50 %
ALT KFZ	Altfahrzeuge	SA+TRA+MS	ALT KFZ	152	± 50 %
BRM	Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub	SA+TRA+MS	BAU RM	498	± 50 %
EAG BAT	Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren	SA+TRA+MS	EAG BEH	24.508	± 50 %
ABF SON	Abfall zur sonstigen Behandlung	SA+TRA+MS	SON	190	± 50 %
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“</b>					
ABG AWS	Emissionen in die Luft (Abgase) aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (ABG AWS)	ATM	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
<b>Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“</b>					
RG	Rauchgas aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	ABG AWS	0,10	± 90 %
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	AWS (TB)	E (Exporte)	173	< ± 50 %
AW TB	Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung)	TB	AW AWS	0,0080	± 90 %
SCHL	Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	DEPO	504	± 50 %
<b>Output-Ströme aus der „Kompostierung“</b>					
KOM	Kompost	AWS (KOMP)	OBVF	20	< ± 50 %
RÜ KOM	Rückstände der Kompostierung zur Deponierung	KOMP	DEPO	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
<b>Output-Ströme aus der „MBA“</b>					
ABG MBA	Abgas MBA	MBA	ABG AWS	0,00023	± 90 %
RÜ MBA 1	Rückstände der MBA zur Deponierung	MBA	DEPO	39	± 90 %
RÜ MBA 2	Rückstände der MBA zur Verbrennung	MBA	TB	19	± 90 %
REC MBA	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung	MBA	REC AWS	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	



Tabelle 20: (Fortsetzung) Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Datenunsicherheiten für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Pb-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit
<b>Output-Ströme aus der „CPB“</b>					
ABG CP	Abgase aus CP-Anlagen	CPB	ABG AWS	0,000092	± 90 %
AW CP	Abwässer aus der CP Behandlung	CPB	AW AWS	0,058	± 90 %
RÜ CP 1	Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen)	CPB	DEPO	1,7	± 50 %
RÜ CP 2	Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle)	CPB	TB	8,7	± 50 %
ERÜ CP	ERÜ CP CP, Export Rückstände CP	CPB	E (Exporte)	0,73	< ± 50 %
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“</b>					
KFZ REC	Altfahrzeug-Fractionen zum Recycling	ALT KFZ	REC AWS	118	± 50 %
KFZ TB	Altfahrzeug-Fractionen zur thermischen Behandlung	ALT KFZ	TB	33	± 50 %
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“</b>					
BAU REC	Recyclingbaustoffe	BAU RM	REC AWS	468	± 50 %
BRM DEP	Baurestmassen deponiert nach Behandlung	BAU RM	DEPO	30	± 50 %
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von EAG und Batterien“</b>					
EAG REC	EAG und Batterie-Fractionen zum Recyceln	EAG BEH	REC AWS	24.386	± 50 %
EAG TB	Elektroaltgeräte- und Batterie-Fractionen zur thermischen Behandlung	EAG BEH	TB	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
<b>Output-Ströme aus der „Sonstigen Behandlung“</b>					
REC SON	Recyclinggüter aus der sonstigen Behandlung	SON	REC AWS	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
RÜ SON 1	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (z. B. behandelte Böden)	SON	DEPO	0,34	± 90 %
RÜ SON 2	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (z. B. Schredderleichtfraktion)	SON	TB	8,7	± 90 %
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abwasser“</b>					
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (AW AWS)	LH	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	
<b>Output-Ströme aus der „Deponie“</b>					
DG	Deponiegas	DEPO	ABG AWS	0,00023	± 90 %
AW DEP	Deponieabwässer	DEPO	AW AWS	0,11	± 90 %
<b>Output-Ströme aus „Sammler Recycling“</b>					
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Filterstäube, + 3 kt Altöl)	AWS (REC AWS)	E (Exporte)	8.522	< ± 50 %
REC	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (REC AWS)	IGD	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert	



### 4.1.5.3 Deponien als Lager

Das Lager von Blei in Deponien hat sich circa innerhalb der letzten 50 Jahren aufgebaut. Während vor 50 Jahren, aufgrund der deutlich geringeren Wirtschaftsleistung Österreichs, wahrscheinlich noch deutlich kleinere Deponierungsmengen von bleihaltigen Abfällen zu verzeichnen waren als heute, waren sie in den 1980er Jahren, vor Einsetzen einer intensivierten Recyclingwirtschaft und vor Stoffverboten in einer Reihe von Anwendungen wahrscheinlich höher als heute. Es wird daher angenommen, dass die deponierte Bleimenge des Jahres 2005 repräsentativ für den Durchschnitt der letzten 50 Jahre ist. Das daraus abgeschätzte Bleilager auf Deponien beträgt rund 66.000 t mit einer Datenunsicherheit von  $\pm 90\%$ .

## 4.1.6 Prozess Abwasserwirtschaft

### 4.1.6.1 Datengrundlagen der Abschätzungen

Wesentlicher Ausgangspunkt für die quantitativen Abschätzungen sind umfangreiche Daten zu Schwermetallgehalten von Klärschlammen, welche für ca. 400 Kläranlagen in Österreich von 1995–1999 gesammelt und ausgewertet wurden (BMLFUW 2005a).

### 4.1.6.2 Stoffflüsse in den Prozess Abwasserwirtschaft (Eintragspfade)

#### Abwasser aus privaten Haushalten in Abwasserwirtschaft (AW PHH) und in Litho-/Hydrosphäre (AW PHHD)

Der Eintrag von Blei aus privaten Haushalten in den Prozess Abwasserwirtschaft wurde über einwohnerspezifische Schwermetallemissionen aus Haushalten und den Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an die Kanalisation abgeschätzt (BMLFUW 2005a).

*Tabelle 21: Einwohnerspezifische Bleiemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Bleieinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Spezifische Einträge (g/E*a)	1,0
<b>Pb-Einträge in kommunale Kläranlagen (t/a) (AW PHH)</b>	<b>6,8</b>
<b>Pb-Einträge direkt in Hydrosphäre aus Einzelhausentsorgung (t/a) (AW PHHD)</b>	<b>1,2</b>

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $< \pm 50\%$  der Kategorie „mittlere Daten“ zugeordnet werden.

#### Eintrag über Oberflächenabschwemmung (AW OAB)

Dieser Eintragspfad beinhaltet im Wesentlichen Abschwemmungen von befestigten urbanen Flächen (Verkehr, Deposition, Dachflächen), welche in die Kanalisation eingetragen werden. Für die Abschätzungen wurde davon ausgegangen, dass etwa 20 % der befestigten Flächen von Trennkanalisation entwässert werden (Direkteintrag ins Gewässer). Der Rest der Siedlungsfläche wird über Mischkanalisation entwässert. Es wurde ferner davon ausgegangen, dass ca. 50 % des Regenwassers, welches in die Mischkanalisation entwässert, üblicherweise über Misch-

wasserentlastungen (Regenüberläufe und –becken) direkt in die Gewässer eingeleitet wird und etwa 50 % des Regenwassers der Kläranlage zugeleitet wird (BMLFUW 2005a).

*Tabelle 22: Gesamt-Bleieinträge aus Oberflächenabschwemmung in Gewässer aus Trenn- und Mischkanalisation und in Kläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Pb-Gesamteinträge Oberflächen (t/a)	17
Emissionen über Trennkanalisation (t/a) in Hydrosphäre	3,4
Mischwasserentlastung (t/a) in Hydrosphäre	6,8
Direkt-Abschwemmungen (t/a) von befestigten urbanen Flächen gesamt in Hydrosphäre	10,2
<b>Pb-Einträge in Kläranlagen (t/a) (AW OAB)</b>	<b>6,8</b>

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 90\%$  der Kategorie „*unsichere Daten*“ zugeordnet werden.

#### **Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (AW IGD)**

Die Abschätzung des Eintrages über Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen erfolgte entsprechend BMLFUW (2005a) über die Bilanzierung des Gesamt-Schwermetalleintrages in den Zuläufen zu den Kläranlagen (Stofffluss AW AWW) minus der Summe aus

- spezifischem Schwermetalleintrag aus privaten Haushalten (Stofffluss AW PHH) und
- spezifischem Schwermetalleintrag aus Oberflächenabschwemmungen in Misch- und Trennkanalisation (AW OAB) (mit Berücksichtigung der direkten Schwermetalleinträge direkt in die Gewässer durch Misch- und Trennkanalisation)

Damit ergibt sich ein **Bleieintrag aus Industrie und Gewerbe (Indirekteinleiter) (AW IGD) in Kläranlagen von 3,1 t/a**.

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 90\%$  der Kategorie „*unsichere Daten*“ zugeordnet werden.

Zusätzlich gibt es noch die Direkteinleitung von Abwässern aus der Industrie in die Hydrosphäre (AW IGDD). Die Bleifracht wurde aus UMWELTBUNDESAMT (1999a) mit 11,65 t/a aus dem Anteil der Direkteinleiter grob abgeschätzt. Dabei handelt es sich um „*unsichere Daten*“ (Schwankungsbereich  $\pm 90\%$ ).

#### **4.1.6.3 Stoffflüsse aus dem Prozess Abwasserwirtschaft (Austragspfade)**

##### **Gereinigte Abwässer aus Kläranlagenabläufen (AW AWW)**

Ausgehend von den im Jahr 2004 angefallenen Gesamt-Klärschlamm-mengen (BMLFUW 2006a) für Österreich (t TS/a) wurden über mittlere Schwermetallgehalte im Klärschlamm (mg/kg TS) die jährlichen Schwermetallfrachten im Klärschlamm (t/a) abgeschätzt. Über Rückhaltegrade für die einzelnen Schwermetalle in Kläranlagen, welche aus zahlreichen Untersuchungen (ZESSNER 1999) bekannt sind, wurden die entsprechenden Schwermetallfrachten im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen berechnet (BMLFUW 2005a).



Tabelle 23: Gesamt-Bleiausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a).

Mittlerer Bleigehalt im Klärschlamm (mg/kg TS)	55
Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Pb-Frachten im Klärschlamm (t/a)	13,4
Rückhalt auf der Kläranlage (%)	80
Zulauf Kläranlagen (t/a)	16,7
<b>Pb-Ablauf Kläranlagen (t/a)</b>	<b>3,3</b>

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 50\%$  der Kategorie „mittlere Daten“ zugeordnet werden.

### Klärschlamm für die Verwertung in der Landwirtschaft (KS I)

Für die Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft wurden zwei gängige Verwertungswege in Österreich berücksichtigt: die Kompostierung und die Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen. Nach BMLFUW (2006a) wurden 2004 rund 52 % der Klärschlammengen (16 % landwirtschaftliche Verwertung, 36 % Kompostierung und sonstige Verwertung) über diese beiden Wege verwertet. Über mittlere Schwermetallgehalte im Klärschlamm wurden die Schwermetallfrachten für diesen Stofffluss berechnet.

Tabelle 24: Gesamt-Bleiausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft (BMLFUW 2006a, eigene Berechnungen).

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	55
<b>Pb-Frachten im Klärschlamm I (52 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>6,97</b>

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 50\%$  der Kategorie „mittlere Daten“ zugeordnet werden.

### Klärschlamm für die Entsorgung in der Abfallwirtschaft (KS II)

Dieser Stofffluss berücksichtigt die beiden übrigen Entsorgungswege für Klärschlamm: Verbrennung und Deponierung. Nach BMLFUW (2006a) wurden 2004 rund 48 % der Klärschlammengen (35 % Verbrennung, 13 % Deponierung) über diese beiden Wege entsorgt. Die Ermittlung der Schwermetallfrachten im Klärschlamm erfolgte wiederum über die mittleren Schwermetallgehalte im Klärschlamm.

Tabelle 25: Gesamt-Bleiausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft (BMLFUW 2006a, eigene Berechnungen).

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	55
<b>Pb-Frachten im Klärschlamm II (48 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>6,43</b>

Hinsichtlich der Datensicherheit kann die Abschätzung mit einer Schwankungsbreite von  $\pm 50\%$  der Kategorie „mittlere Daten“ zugeordnet werden.

#### **Abluft aus dem Prozess Abwasserwirtschaft (ABG AWW)**

Dieser Stofffluss ist für Schwermetallflüsse aus der Abwasserwirtschaft nicht relevant.

#### **4.1.7 Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung**

Der Stofffluss „Erosion und Auswaschung“ gliedert sich in

- den Teilfluss Erosion, also den Oberflächenabtrag von Bodenteilchen und die darin enthaltenen Schwermetalle in Oberflächengewässer
- den Teilfluss Auswaschung (leaching), also die Auswaschung von Schwermetallen und anderen Bodensubstanzen in das Grundwasser
- und den Teilfluss Direkt-Abschwemmungen von befestigten urbanen Flächen in die Hydrosphäre.

Alle drei Teilflüsse münden in den Prozess Litho- und Hydrosphäre und können daher zu einem Stofffluss zusammengefasst werden.

**Zusammen ergeben Erosion, Auswaschung und Abschwemmung eine Bleifracht aus dem Oberboden in die Hydrosphäre von 564 t/a.**

<b>Erosion</b>	Die Erosion von Blei aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei 86 t/a.
<b>Datenquellen</b>	Laut mündlicher Mitteilung von Dr. Peter Strauß (Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt) beträgt der durchschnittliche jährliche Bodenabtrag, der bis in den Vorfluter gelangt, über alle Landnutzungsklassen etwa 200–300 kg. Die Landnutzungsflächen des Jahres 2005 stammen aus dem Statistischen Jahrbuch 2008 (Struktur und Produktionsgrundlagen der Landwirtschaft) (STATISTIK AUSTRIA 2007). Die Bleigehalte des Oberbodens stammen aus einer Auswertung des Bodeninformationssystem BORIS im Umweltbundesamt.
<b>Methodik</b>	Aus dem durchschnittlichen Bodenabtrag (250 kg/ha/a) und der Landnutzungsfläche wurde ein Gesamtbodenabtrag für Österreich abgeschätzt und dieser mit den durchschnittlichen Bleigehalten des Oberbodens multipliziert.
<b>Auswaschung</b>	Die Auswaschung von Blei aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei 468 t/a.
<b>Datenquellen</b>	Die Daten zu den Schwermetall-Oberbodengehalten stammen aus dem Bodeninformationssystem BORIS im Umweltbundesamt und wurden im Rahmen einer Critical Loads Berechnung (UMWELTBUNDESAMT 2005a) aufbereitet. Die Daten zur Sickerwassermenge stammen aus der Gebietswasserbilanz des Hydrologischen Atlas von Österreich (BMLFUW 2005b). Die Landnutzungsflächen des Jahres 2005 stammen aus dem Statistischen Jahrbuch 2008 (Struktur und Produktionsgrundlagen der Landwirtschaft) (STATISTIK AUSTRIA 2007).
<b>Methodik</b>	Die Anleitung zur Ermittlung der Bleigehalte in der Bodenlösung aus den Gesamtgehalten im Oberboden ist in DE VRIES et al. 2005 beschrieben. Die Gehalte in Lösung wurden für alle für alle BORIS-Standorte an denen die notwendigen Daten zu



Verfügung standen ermittelt. Anschließend wurden sie mit den Sickerwassermengen aus dem Hydrologischen Atlas (GIS-Verschneidung) multipliziert und so lokale Schwermetallauswaschungen errechnet. Dann wurden mittlere Werte für die drei Landnutzungstypen Wald, Grünland und Acker gebildet und diese anschließend mit den Landnutzungsflächen aus der Agrarstatistik zu einem Gesamtwert zusammengeführt.

Für die Direkt-Abschwemmung von befestigten urbanen Oberflächen in die Hydrosphäre wurde eine Bleifracht von 10,2 t/a errechnet (siehe Tabelle 22).

**Abschwemmung  
befestigter  
Oberflächen**

Als Datenunsicherheit für den Stofffluss Erosion und Auswaschung wird entsprechend der Vorgabe „mittlere Daten“ (+/- 50 %) vorgeschlagen.

**Datenunsicherheit**

#### 4.1.8 Emissionen

Die Schwermetallemissionen (Cd, Hg, Pb) resultieren im Wesentlichen aus den Bereichen Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport) sowie dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr).

Die Gesamtemission für **Blei** in Österreich 2005 (ohne Emissionen aus der Abfallwirtschaft) liegt bei **13,6 t**:

**Gesamtemission  
für Blei**

- 83 % (11,3 t) der Pb-Emissionen stammen aus dem Bereich Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport);
- 16 % (2,2 t) der Pb-Emissionen stammen aus dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr);
- 1 % (0,14 t) der Pb-Emissionen stammen aus dem Bereich Bergbau, Land- und Forstwirtschaft.

Für die Bleiemissionen Österreichs sind in erster Linie die Eisen- und Stahlindustrie, der Hausbrand sowie die gewerblichen und industriellen Verbrennungsanlagen verantwortlich. Durch den Einsatz von Emissionsminderungsmaßnahmen (z. B. (Elektro-)Filter, Nasswäschanlagen usw.) in Feuerungs- und sonstigen Industrieanlagen konnte jedoch der Ausstoß an Blei deutlich reduziert werden. Weitere bedeutende Quellen von Pb-Emissionen sind die sekundäre Kupfer- und Bleierzeugung, die Verbrennung von Raffinerie-Rückständen und die Glaserzeugung (UMWELTBUNDESAMT 2007b).

**Verursacher**

Die Schwermetallemissionen der Jahre 1985, 1990 und 1995 wurden nach (WINDSPERGER et al. 1999) erhoben. Die Angaben der dazwischen liegenden Jahre wurden auf Basis der Erkenntnisse dieser Studie abgeschätzt. In einer weiteren Studie wurden die Emissionen der Schwermetalle von 1995 bis 2000 behandelt (HÜBNER, C. 2001). Die Schwermetallemissionen für das Jahr 2005 wurden auf Grundlage dieser Studie ermittelt. Für einzelne Prozesse, Anlagen und Standorte konnte eine Aktualisierung mittels prozess- oder anlagenspezifischer Daten erzielt werden.

**Datenquellen**

Mit dem „Austria’s Informative Inventory Report (IIR) 2007“<sup>2</sup> (UMWELTBUNDESAMT 2007a) erfüllt Österreich die Anforderungen an die Dokumentation hinsichtlich Transparenz und Nachvollziehbarkeit, die für die Berichterstattung der UNECE/LRTAP<sup>3</sup> notwendig sind. 2003 ist das Protokoll über Schwermetalle<sup>4</sup> der UNECE/LRTAP in Kraft getreten, dessen Ziel die Begrenzung, Verringerung oder völlige Verhinderung der Ableitung, Emission und unbeabsichtigten Freisetzung von Schwermetallen ist. Aufgrund ihres besonders hohen Gesundheitsgefährdungspotenzials werden die Emissionen von Cadmium, Quecksilber und Blei genauer betrachtet.

Im Jahr 2005 wurde von der Europäischen Kommission eine Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber<sup>5</sup> erstellt, die auf die Verringerung der Auswirkungen des Quecksilbers und seiner Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit abzielt.

### **Methodik**

Die Methodik zur Ermittlung der Schwermetallemissionen ist im „Austria’s Informative Inventory Report (IIR) 2007“ (UMWELTBUNDESAMT 2007a) beschrieben und basiert auf interne Studien des Umweltbundesamtes (HÜBNER 2001 & WINDSPERGER et al. 1999). Die zur Ermittlung der Daten angewandte Methodik entspricht den einschlägigen Richtlinien des EMEP/CORINAIR<sup>6</sup> Handbuches (EEA 2006).

Die Luftschadstoffinventur (OLI) für Schwermetalle ist auf Basis der CORINAIR<sup>7</sup> Systematik der Europäischen Umweltagentur (EEA) erstellt, und alle bekannten und relevanten Sektoren sind auf SNAP Level 3 erfasst.

Bei großen Einzelquellen wird der Ausstoß von Luftschadstoffen ganzjährig kontinuierlich gemessen. Im Rahmen von Berichtspflichten werden die Emissionen von den Betrieben gemeldet und z. B. bei kalorischen Kraftwerken in der Dampfkessel-Datenbank des Umweltbundesamt zusammengefasst. Da der Aufwand für eine umfassende kontinuierliche Messung für die unzähligen verschiedenen Einzelquellen (Haushalte, Verkehr, ...) zu hoch wäre, greift die OLI auf verallgemeinerte Ergebnisse von Einzelmessungen – **Emissionsfaktoren** – zurück. Mit deren Hilfe sowie mit Rechenmodellen und statistischen Hilfsgrößen – **Aktivitäten** – wird auf jährliche Emissionen umgerechnet. Bei den Aktivitäten handelt es sich zum überwiegenden Teil um den Energieverbrauch, der in der Energiebilanz als energetischer Endverbrauch bezeichnet wird (z. B. Benzinverbrauch).

---

<sup>2</sup> Der Bericht „Austria’s Informative Inventory Report 2007 (IIR) 2007“ präsentiert die umfassende und detaillierte Methodikbeschreibung der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) für verschiedene Luftschadstoffe. <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0082.pdf>

<sup>3</sup> United Nations Economic Commission for Europe / UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE/LRTAP): Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen; auch bezeichnet als Genfer Luftreinhalteabkommen  
<http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

<sup>4</sup> [http://www.unece.org/env/lrtap/hm\\_h1.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.htm)

<sup>5</sup> MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT (KOM/2005/0020 endg.) [http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga\\_oc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&type\\_doc=COMfinal&an\\_doc=2005&nu\\_doc=20&lg=de](http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_oc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&type_doc=COMfinal&an_doc=2005&nu_doc=20&lg=de)

<sup>6</sup> <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/page002.html>

<sup>7</sup> Core Inventory Air

Als Datenunsicherheit für die Emissionen wird entsprechend der Vorgabe „unsichere Daten“ (+/- 90 %) vorgeschlagen. Weitere Informationen zu den Unsicherheiten der Schwermetallemissionen sind im IIR 2007, Kapitel 1.6 Uncertainty Assessment (UMWELTBUNDESAMT 2007a) beschrieben.

**Datenunsicherheit**

**4.1.9 Immissionen**

Die Gesamtdeposition für Blei in Österreich 2005 liegt bei **35 t/a**.

Die Immissionsdaten für Österreich 2005 stammen aus dem Statusbericht des EMEP-Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) 2007 (ILYIN et al. 2007). Sie wurden mit dem vom MSC-E entwickelten meteorologischen Modell MSCE-HM auf Basis der im Rahmen der Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) gemeldeten Emissionsdaten der Mitgliedsländer ermittelt.

**Datenquellen**

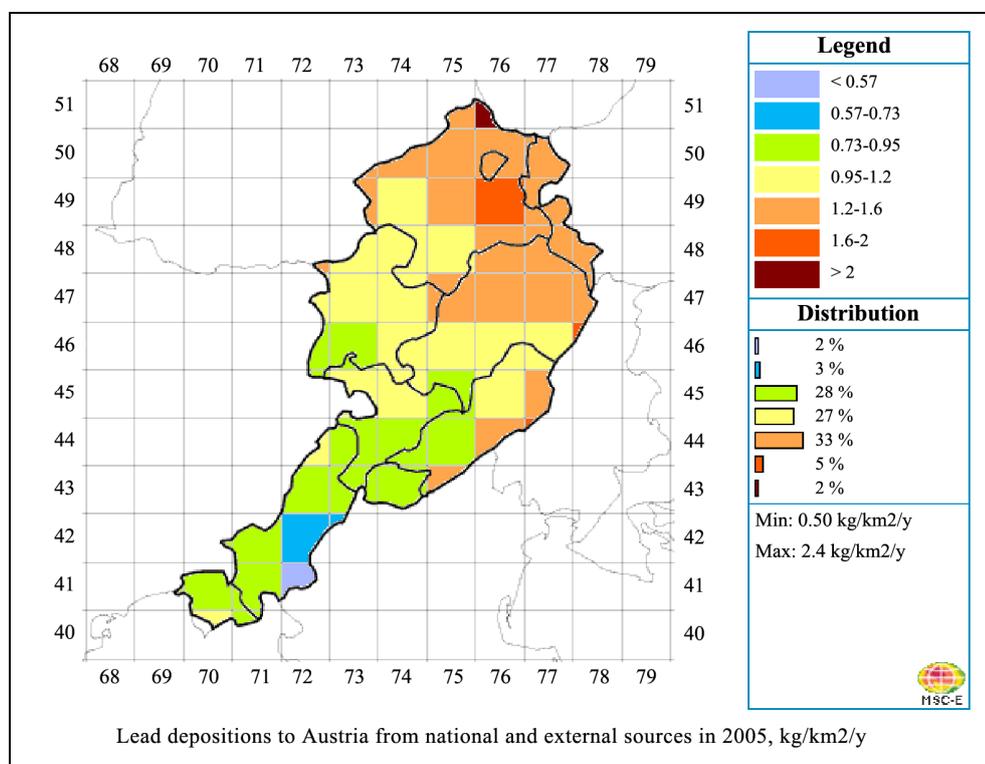


Abbildung 6: Räumlich verteilte Bleideposition in Österreich 2005 (aus: [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).

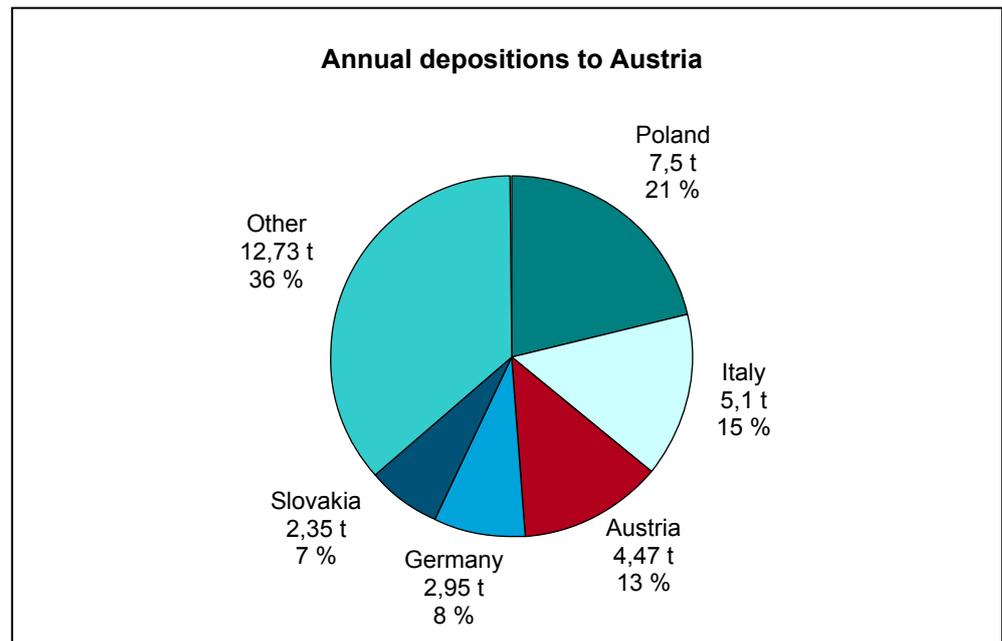


Abbildung 7: Nationale Herkunft der Bleideposition in Österreich 2005 (nach [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).

**Methodik** Die Methodik zur Ermittlung der Schwermetalldeposition ist in ILYIN et al. 2007 beschrieben. Grundlage ist ein meteorologisches Modell für Schwermetalle, das mit den meteorologischen Daten des Jahres 2005 und den Emissionsmeldungen der CLRTAP-Partnerländer gefüllt wird.

Für Blei wird eine durchschnittliche Unterschätzung von gemessenen Werten durch das Modell von etwa 20–30 % angegeben. Dieser Wert ist regional unterschiedlich, leider liegen für das Jahr 2005 keine EMEP-Referenzmessungen für Österreich vor. Die regelmäßige Unterschätzung von Messwerten wird zum Teil durch zu geringe Emissionsmeldungen der Partnerländer, aber auch durch Re-Emissionen und -immissionen an Messstellen (z. B. durch Staubaufwirbelung auf Ackerflächen) und damit zu hohe Referenz-Messwerte erklärt.

**Datenunsicherheit** Als Datenunsicherheit wird entsprechend der Vorgabe „sichere Daten“ (+/- 25 %) vorgeschlagen.

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Ergebnis Gesamtsystem Blei

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Bleiflüsse innerhalb eines Jahres für das Gesamtsystem Österreich.

**maßgebliche Flüsse** Die Bleibilanz für Österreich weist als maßgebliche Flüsse die Importe von Produkten und Rohstoffen (rund 44 kt jährlich) sowie die Exporte von Fertigprodukten (rund 37 kt jährlich) aus. Ein Großteil der Bleifracht ist durch Ein- und Ausfuhr von Kraftfahrzeugen bedingt (im Wesentlichen durch darin enthaltene Bleiakumulatoren), für den Hauptanteil in Exportprodukten ist die Ausfuhr von Bleiakumulatoren verantwortlich.



Innerhalb des Systems wird ein nicht unerheblicher Teil (rund 20 kt jährlich) in Form von Recyclinggütern und Altgütern aus Haushalten im Kreis geführt. Der Export von Recyclinggütern stellt neben den Produkten aus Industrie und Gewerbe auch den zweiten nennenswerten Bleifluss aus dem System dar (rund 9 kt jährlich).

Die Flüsse (Emissionen) in die Umweltmedien, und hier vorrangig jene durch Munitionsteile in den Oberboden (600 t jährlich) und Auswaschung des Oberbodens in die Lithosphäre und Gewässer (rund 650 t jährlich), liegen damit in etwa zwei Größenordnungen unter den produktbedingten Frachten. Aus Abfall- und Abwasserwirtschaft gelangen in Summe nur 30 t jährlich in die Umwelt, der Hauptanteil davon wird über Klärschlamm und Kompost in den Boden eingetragen.

### ***Flüsse in die Umweltmedien***

Das Lager in privaten Haushalten nimmt jährlich um rund 1 kt oder etwa 1,5 % zu, was ungefähr auch der Zunahme des Kfz-Bestandes entspricht (der in Form der enthaltenen Bleiakumulatoren den bedeutendsten Lageranteil stellt). Auch das Deponielager in der Abfallwirtschaft wächst jährlich etwa um den Betrag von rund 1,3 kt, was einer relativen Zunahme von ca. 6,5 % entspricht. Der Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen wurde (nahezu) ausgeglichen bilanziert, insbesondere aufgrund der hohen Unsicherheiten (Schwankungsbereich  $\pm 13$  kt!) kann weder von einer eindeutigen Zu- noch von einer Abnahme des Lagers gesprochen werden. Dies gilt, wenn auch in geringerem Maße, für das Lager in privaten Haushalten sowie für jenes auf Deponien.

### ***Bleilager***

Für die derzeitigen Lagerbestände in Industrie/Gewerbe sowie privaten Haushalten sind neben den Bleilagern in Fahrzeugen (Bleiakkus) vor allem Altbestände von Wasserver- und Abwasserentsorgungsleitungen aus Blei sowie Elektro- und Elektronikgeräte verantwortlich.

## **4.2.2 Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Blei**

Abbildung 9 zeigt die Bleiflüsse im Subsystem Abfallwirtschaft.

Dominiert werden die Bleiströme in der österreichischen Abfallwirtschaft von den Bleifrachten in den Abfallströmen Altbleiakumulatoren und Bleiabfälle (SN 35302). Diese beiden Fraktionen beinhalten eine Bleifracht von zusammen rund 23,7 kt/a und bilden den Hauptteil jener Abfallströme, die mit insgesamt 24,5 kt/a Blei im Prozess „Behandlung EAG und Batterien“ behandelt und zum größten Teil recycelt werden.

### ***Altbleiakumulatoren und Bleiabfälle***

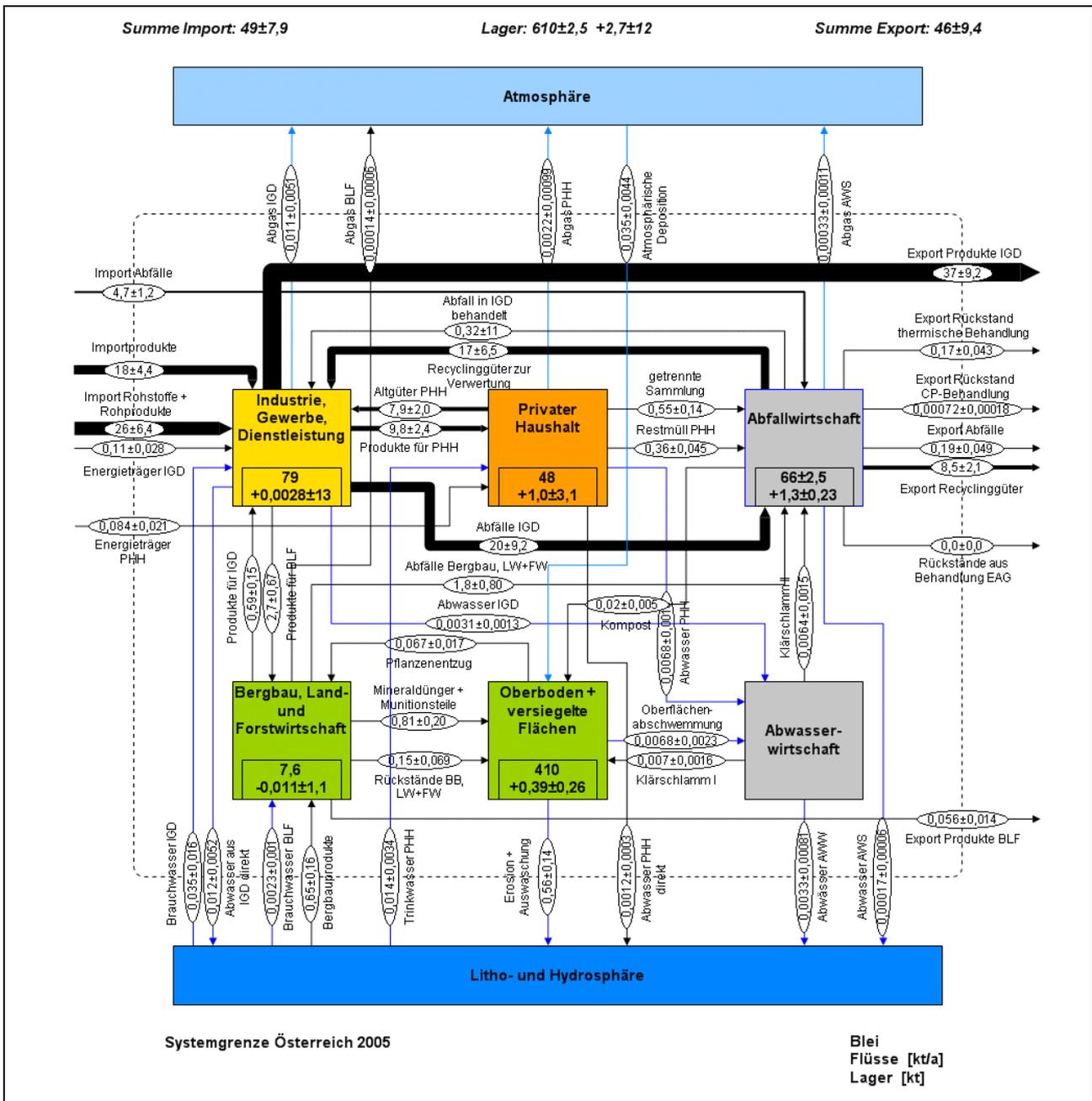


Abbildung 8: Stoffflussanalyse für Blei – Gesamtsystem Österreich (in kt/a) (eigene Berechnungen).

Die nächst größere Bleifracht ist in den Abfällen enthalten, die direkt deponiert werden (Bodenaushub, Hütten- und Gießereischutt, Siedlungsabfälle, ...) und mit rund 750 t/a schon um fast zwei Größenordnungen kleiner als die Bleifracht in den Altbleiakкумуляtoren.

Die nächst größeren Bleifrachten sind

- mit rund 600 t/a in den Abfällen, die zur thermischen Behandlung gelangen,
- mit rund 530 t/a in den getrennt gesammelten Abfällen und
- mit rund 500 t/a in den Baurestmassen zu finden.

Die 1,3 kt, die jährlich an Blei deponiert werden, stammen vor allem aus direkt deponierten Abfällen und aus den Rückständen der Abfallverbrennung.





### 4.3 Interpretation

***Auswirkung auf die Umweltmedien***

Eine direkte Auswirkung auf die Umweltmedien ist aus der Bleibilanz nicht abzulesen. Probleme dürften vermutlich nur lokal auftreten, wie etwa im Falle von Schießplätzen, an Standorten mit metallverarbeitender Industrie oder auf landwirtschaftlichen Flächen, die stark mit Blei belastetem Wirtschaftsdünger, Klärschlamm oder Kompost gedüngt werden. In diesen Fällen sind mit der Zeit wahrscheinlich mehr oder weniger starke Erhöhungen des Bleigehaltes im Boden zu erwarten bzw. wurden bereits beobachtet.

***Nutzung des Ressourcenpotenzials***

Das Ressourcenpotenzial von Altstoffen wird schon zu einem beträchtlichen Teil ausgeschöpft, was die hohen Bleiströme in Recyclinggütern belegen. Längerfristig besteht unter Umständen auch im Abbau/Umbau alter Bleilager (Wasserleitungen) eine Möglichkeit, diese vorhandenen Bleimengen zu nutzen.



## 5 CADMIUM

### 5.1 Datenerfassung

#### 5.1.1 Allgemeines

Die Datenerfassung allgemeiner Güter ist in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Details zu Ni-Cd-Akkumulatoren finden sich in Kapitel 8.1.

#### 5.1.2 Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft

##### 5.1.2.1 Beschreibung der Flüsse

Eine Auflistung der Flüsse befindet sich in Tabelle 26. Den größten Cadmiumfluss im Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (BLF) bilden Bergbauprodukte, die zu 9,5 t aus der Lithosphäre gefördert und großteils in den Prozess IGD weitertransportiert werden. Rund 18 % der Bergbauprodukte werden als Abraum zusammen mit Rückständen aus Land- und Forstwirtschaft und dem Wirtschaftsdünger in den Oberboden rückgeführt. Über Wirtschafts- und Mineraldünger gelangen jeweils rund 3 t Cadmium in den Oberboden.

Tabelle 26: Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Cd-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>		
BBP	Bergbauprodukte	10
PE	Pflanzenentzug	1,5
BW BLF	Brauchwasser für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,0
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	3,6
<b>Output-Ströme aus „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>		
EX PRO BLF	Exportprodukte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,86
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	9,0
MD MUN	Mineraldünger, Wirtschaftsdünger und Munitionsteile <sup>1)</sup>	2,8
RÜ BLF	Rückstände aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (Abraum, Ernterückstände)	4,7
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	3,6
ABG BLF	Abgas aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,05

<sup>1)</sup> Die gesamte Fracht befindet sich im Dünger, Munitionsteile sind nur für Blei relevant.



### 5.1.2.2 Beschreibung des Lagers

Das Cadmiumlager beträgt ca. 57 t, wobei davon über 70 % in Waldbeständen vorliegen. Rund 14 % des Cadmiumlagers befinden sich in Ni-Cd-Akkumulatoren und in Elektrogeräten. Der Viehbestand und Fahrzeuge tragen ebenfalls geringfügig zum Cadmiumlager des Prozesses BLF bei. Das Lager nimmt jährlich um ca. 11 % ab.

### 5.1.3 Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen

#### 5.1.3.1 Beschreibung der Flüsse

Die Flüsse sind in Tabelle 27 aufgelistet. Der größte Input des Prozesses IGD besteht aus Importprodukten (130 t), die jeweils ca. zur Hälfte Elektrogeräte und Ni-Cd-Akkumulatoren enthalten. Der Export von 75 t wird zu 70 % von Elektrogeräten und zu 20 % von Ni-Cd-Akkumulatoren gebildet. Der übrige Export besteht vor allem aus Düngemitteln und Fahrzeugen. Der größte Fluss des Prozesses ist der Output an Abfällen und beträgt rund 160 t. Es werden jeweils ca. 60 t aus der Abfallwirtschaft wieder in den Prozess IGD für die Abfallbehandlung in IGD oder als Recyclinggut rückgeführt. Aus dem privaten Haushalt gelangen weitere 30 t an Altgütern, im Wesentlichen Ni-Cd-Akkumulatoren, nach IGD. In Produkten werden 35 t aus IGD in den privaten Haushalt transportiert. Diese bestehen zu knapp 30 t aus Ni-Cd-Akkumulatoren und zu rund 5 t aus Elektrogeräten.

Tabelle 27: Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Cd-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>		
IM PRO	Import von Produkten	128
IM ROH	Import von Rohstoffen und Rohprodukten	2,4
EN IGD	Import Energieträger für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	1,7
BW IGD	Brauchwasser für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,11
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	9,0
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	Wert über Prozessbilanz bestimmt
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	Wert über Prozessbilanz bestimmt
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	30
<b>Output-Ströme aus „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>		
EX PRO IGD	Exportprodukte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	74
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	35
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	3,6



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Cd-Fracht (t/a)
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	159
AW IGD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,16
AW IGDD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (Direkteinleiter)	0,32
ABG IGD	Abgas aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,78

### 5.1.3.2 Beschreibung des Cd-Lagers in IGD

Das Lager im Prozess IGD beträgt ca. 320 t und besteht zu 71 % aus Elektrogeräten und Akkumulatoren, zu 23 % aus Kunststoffen und zu 6 % aus Fahrzeugen. Aufgrund von Anwendungsbeschränkungen (z. B. Cadmiumverordnung 2003) wurde der Gehalt von Cadmium in Kunststoffen und Elektrogeräten reduziert. In Altbeständen des Lagers ist jedoch noch Cadmium in diesen Produktgruppen vorhanden. Das Lager erfährt eine jährliche Zunahme von 17 t, die allerdings mit einer Unsicherheit von 41 t behaftet ist.

### 5.1.4 Prozess Privater Haushalt

#### 5.1.4.1 Beschreibung der Flüsse

Die Flüsse sind in Tabelle 28 dargestellt. Jährlich werden ca. 35 t Cadmium im privaten Haushalt konsumiert. Davon befinden sich knapp 30 t in Ni-Cd-Akkumulatoren und 5 t in Elektrogeräten. In die Abfallwirtschaft gelangen rund 20 t Cadmium, davon werden 13 t getrennt gesammelt.

Tabelle 28: Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Privater Haushalt (eigene Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Cd-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Private Haushalte“</b>		
EN PHH	Import Energieträger für private Haushalte	1,3
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	35
TW PHH	Trinkwasser für private Haushalte	0,044
<b>Output-Ströme aus „Privaten Haushalten“</b>		
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	30
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	6,8
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	13
AW PHH	Abwasser aus privaten Haushalten	0,20
AW PHHD	Abwasser aus privaten Haushalten in Hydrosphäre	0,04
ABG PHH	Abgas aus privaten Haushalten	0,25

### 5.1.4.2 Beschreibung des Cd-Lagers in PHH

Das Lager im Prozess „Privater Haushalt“ beträgt rund 290 t, ist ähnlich zusammengesetzt wie das Lager von IGD und nimmt jährlich um knapp 5 % ab.

## 5.1.5 Subsystem Abfallwirtschaft

### 5.1.5.1 Stoffflüsse in der Abfallwirtschaft

Die Cadmiumfrachten der Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft wurden nach der gleichen Methodik bestimmt wie in Kapitel 4.1.5.1 für Blei beschrieben. Die resultierenden Cadmiumfrachten sind in Tabelle 29 dargestellt. Die Datenunsicherheiten entsprechen jenen der Tabelle 20.

#### **Annahmen Outputströme der EAG**

Für die Aufteilung der Cadmiumfrachten auf die Outputströme der EAG und Batteriebehandlung müssen jedoch andere Überlegungen als bei der Aufteilung der Bleifrachten getroffen werden. Konsumbatterien werden in Österreich zur Quecksilberabtrennung in einem Drehrohrofen thermisch behandelt. Die Cadmiumfracht wird mit der entstehenden Zinkfraktion ins Ausland als Recyclingmaterial exportiert. 85 % der Gesamtmasse der gesammelten Elektroaltgeräten werden stofflich verwertet (GUA 2007). Daher wird das Cadmium aus den Konsum-Batterien zu 99,5 %, das Cadmium aus den restlichen EAG Fraktionen zu 85 % dem Strom **EAG und Batterie-Fraktionen zum Recyceln (EAG REC)** zugerechnet, die restliche Cadmiumfracht aus der EAG-Behandlung dem Strom **Elektroaltgeräte- und Batterie-Fraktionen zur thermischen Behandlung (EAG TB)**.

Die Cd-Fracht aus der Batteriebehandlung wird in weiterer Folge auch dem Strom **Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (EX REC)** zugerechnet.

Tabelle 29: Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigenen Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Cd-Fracht (t/a)
<b>Strom außerhalb Abfallwirtschaft</b>		
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	30
<b>Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>		
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	0,15
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	3,6
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	6,8
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	13
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	159
IM ABF	Import Abfälle	0,31
<b>Output-Ströme aus „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>		
ABG TR	Emissionen in die Luft (Abgase) Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung	0,0018
ABF TB	Abfall zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung)	6,7
EX ABF	Export-Abfälle	1,4



<b>Kurzbezeichnung</b>	<b>Bezeichnung des Stromes</b>	<b>Cd-Fracht (t/a)</b>
ABF BIO	kompostierfähiger Abfall	0,28
ABF MBA	Abfall zur Behandlung in der MBA	3,1
ABF DD	Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert	6,1
ABF CP	Abfall für die chemisch-physikalische Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
REC MS	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung	10
ALT KFZ	Altfahrzeuge	4,6
BRM	Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub	5,8
EAG BAT	Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren	40
ABF SON	Abfall zur sonstigen Behandlung	43
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	49
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“</b>		
ABG AWS	Emissionen in die Luft (Abgase) aus dem Abfallwirtschaftssystem	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“</b>		
RG	Rauchgas aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	0,0080
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	8,6
AW TB	Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung)	0,00080
SCHL	Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	3,8
<b>Output-Ströme aus der „Kompostierung“</b>		
KOM	Kompost	0,25
RÜ KOM	Rückstände der Kompostierung zur Deponierung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „MBA“</b>		
ABG MBA	Abgas MBA	0,000015
RÜ MBA 1	Rückstände der MBA zur Deponierung	0,42
RÜ MBA 2	Rückstände der MBA zur Verbrennung	1,6
REC MBA	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „CPB“</b>		
ABG CP	Abgase aus CP-Anlagen	0,0000062
AW CP	Abwässer aus der CP Behandlung	0,012
RÜ CP 1	Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen)	0,024



<b>Kurzbezeichnung</b>	<b>Bezeichnung des Stromes</b>	<b>Cd-Fracht (t/a)</b>
RÜ CP 2	Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle)	0,056
EX RÜ CP	ERÜ CP CP, Export Rückstände CP	0,010
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“</b>		
KFZ REC	Altfahrzeug-Fractionen zum Recycling	3,5
KFZ TB	Altfahrzeug-Fractionen zur thermischen Behandlung	1,0
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“</b>		
BAU REC	Recyclingbaustoffe	5,4
BRM DEP	Baurestmassen deponiert nach Behandlung	0,35
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von EAG und Batterien“</b>		
EAG REC	EAG und Batterie-Fractionen zum Recyceln	37
EAG TB	Elektroaltgeräte- und Batterie-Fractionen zur thermischen Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Sonstigen Behandlung“</b>		
REC SON	Recyclinggüter aus der sonstigen Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
RÜ SON 1	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (z. B. behandelte Böden)	0,0033
RÜ SON 2	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (z. B. Schredderleichtfraktion)	0,72
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abwasser“</b>		
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Deponie“</b>		
DG	Deponiegas	0,000015
AW DEP	Deponieabwässer	0,0050
<b>Output-Ströme aus „Sammler Recycling“</b>		
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Filterstäube, + 3 kt Altöl)	43
REC	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert

### 5.1.5.2 Deponien als Lager

Zur Methodik der Abschätzung des Cadmiumlagers auf Deponien und zur Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3. Das abgeschätzte Cadmiumlager auf Deponien beträgt rund 650 t.

## 5.1.6 Prozess Abwasserwirtschaft

### 5.1.6.1 Datengrundlagen der Abschätzungen

Die Datengrundlagen zur Abschätzungen der Cadmiumflüsse im Bereich des Prozesses Abwasserwirtschaft entsprechen den in Kapitel 4.1.6.1 beschriebenen Datengrundlagen zur Abschätzung der Bleiflüsse in diesem Bereich.

### 5.1.6.2 Stoffflüsse in den Prozess Abwasserwirtschaft (Eintragspfade)

#### Abwasser aus privaten Haushalten in Abwasserwirtschaft (AW PHH) und in Litho-/Hydrosphäre (AW PHHD)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.2.

*Tabelle 30: Einwohnerspezifische Cadmiumemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Cadmiumeinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Spezifische Einträge (g/E*a)	0,03
<b>Cd-Einträge in kommunale Kläranlagen (AW PHH) (t/a)</b>	<b>0,20</b>
<b>Cd-Einträge Einzelhausentsorgung in Hydrosphäre (AW PHHD) (t/a)</b>	<b>0,04</b>

#### Eintrag über Oberflächenabschwemmung (AW OAB)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.2.

*Tabelle 31: Gesamt-Cadmiumeinträge aus Oberflächenabschwemmung in Gewässer aus Trenn- und Mischkanalisation und in Kläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Cd-Gesamteinträge Oberflächen (t/a)	0,41
Emissionen über Trennkanalisation in die Hydrosphäre (t/a)	0,08
Mischwasserentlastung in die Hydrosphäre (t/a)	0,16
Gesamt Direkt-Cd-Abschwemmung von befestigten urbanen Oberflächen in Hydrosphäre	0,24
<b>Cd-Einträge in Kläranlagen (t/a) (AW OAB)</b>	<b>0,16</b>

#### Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (AW IGD)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.2.

Die Cd-Einträge aus Industrie und Gewerbe (Indirekteinleiter) in die Kläranlagen (AW IGD) betragen 0,16 t/a.

Für die Direkteinleitung von Abwässern aus der Industrie in die Hydrosphäre (AW IGDD) wurde eine Cadmiumfracht von 0,32 t/a abgeschätzt.

### 5.1.6.3 Stoffflüsse aus dem Prozess Abwasserwirtschaft (Austragspfade)

#### Gereinigte Abwässer aus Kläranlagenabläufen (AW AWW)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3.

Tabelle 32: Gesamt-Cadmiumausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a).

Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	1,3
Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Frachten im Klärschlamm (t/a)	0,32
Rückhalt auf der Kläranlage (%)	60
Zulauf Kläranlagen (t/a)	0,53
<b>Cd-Ablauf Kläranlagen in die Hydrosphäre (AW AWW) (t/a)</b>	<b>0,21</b>

### Klärschlamm für die Verwertung in der Landwirtschaft (KS I)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3.

Tabelle 33: Gesamt-Cadmiumausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft.

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	1,3
<b>Cd-Frachten im Klärschlamm I (52 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>0,17</b>

### Klärschlamm für die Entsorgung in der Abfallwirtschaft (KS II)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3.

Tabelle 34: Gesamt-Cadmiumausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft.

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	1,3
<b>Cd-Frachten im Klärschlamm II (48 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>0,15</b>

## 5.1.7 Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung

Die Vorgangsweise zur Bestimmung von Erosion und Auswaschung von Cadmium gleicht vollständig der Vorgangsweise bei Blei (siehe Kapitel 4.1.7).

**Die gesamte Cadmiumfracht aus Erosion und Auswaschung aus dem Oberboden sowie aus Abschwemmung versiegelter urbaner Flächen in die Hydrosphäre liegt in Österreich 2005 bei 24,8 t/a.**

**Erosion** Die Erosion von Cadmium aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei 0,9 t/a.

**Auswaschung** Die Auswaschung von Cadmium aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei 23,7 t/a.

**Abschwemmung versiegelter Flächen** Die Oberflächenabschwemmung von Cadmium aus versiegelten Flächen, die direkt in die Hydrosphäre geleitet werden, liegt bei 0,24 t/a (siehe Tabelle 31).

**Datenunsicherheit** Als Datenunsicherheit für den Stofffluss Erosion und Auswaschung wird entsprechend der Vorgabe „mittlere Daten“ ( $\pm 50\%$ ) vorgeschlagen.



### 5.1.8 Emissionen

Die Schwermetallemissionen (Cd, Hg, Pb) resultieren im Wesentlichen aus den Bereichen Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport) sowie dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr).

Die Gesamtemission für **Cadmium** in Österreich 2005 (ohne Emissionen aus der Abfallwirtschaft) liegt bei **1,08 t**:

- 72 % (rund 0,78 t) der Cd-Emissionen stammen aus dem Bereich Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport).
- 23 % (rund 0,25 t) der Cd-Emissionen stammen aus dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr).
- 5 % (rund 0,05 t) der Cd-Emissionen stammen aus dem Bereich Bergbau, Land- und Fortwirtschaft.

Cadmium ist in Brennstoffen wie Kohle (nicht jedoch Erdgas) enthalten und wird bei der Verbrennung, vorwiegend an Staubpartikeln haftend, freigesetzt. Diese so genannten pyrogenen Emissionen sind in Österreich die Hauptquelle für Cd-Emissionen. Dabei sind vor allem die Verfeuerung fester Brennstoffe – und zwar sowohl biogener als auch fossiler Herkunft (Holz, Koks und Kohle) – sowie die thermische Verwertung von Hausmüll und Industrieabfällen relevant. Auch bei der Nachverbrennung von Raffinerierückständen treten Cd-Emissionen auf. Neben den pyrogenen Emissionen stellt die Eisen- und Stahlerzeugung – hier speziell das Schrottreycling mit Farb- und Lackanhaftungen, die Cadmiumverunreinigungen enthalten – eine weitere Quelle für Cd-Emissionen dar. In der Nichteisen-Metallindustrie fällt Cd in der Zink- und Bleiproduktion an. Bei der Zementherstellung fallen ebenfalls Cd-Emissionen an (UMWELTBUNDESAMT 2007b).

Datenquelle, Methodik zur Bestimmung der Daten und Datenunsicherheit sind Kapitel 4.1.8 zu entnehmen.

**Verursacher**

### 5.1.9 Immissionen

Die Gesamtdeposition für Cadmium in Österreich 2005 liegt bei **1,9 t/a**.

Die Immissionsdaten für Österreich 2005 stammen aus dem Statusbericht des EMEP-Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) 2007 (ILYIN et al. 2007). Sie wurden mit dem vom MSC-E entwickelten meteorologischen Modell MSCE-HM auf Basis der im Rahmen der Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) gemeldeten Emissionsdaten der Mitgliedsländer ermittelt.

**Datenquellen**

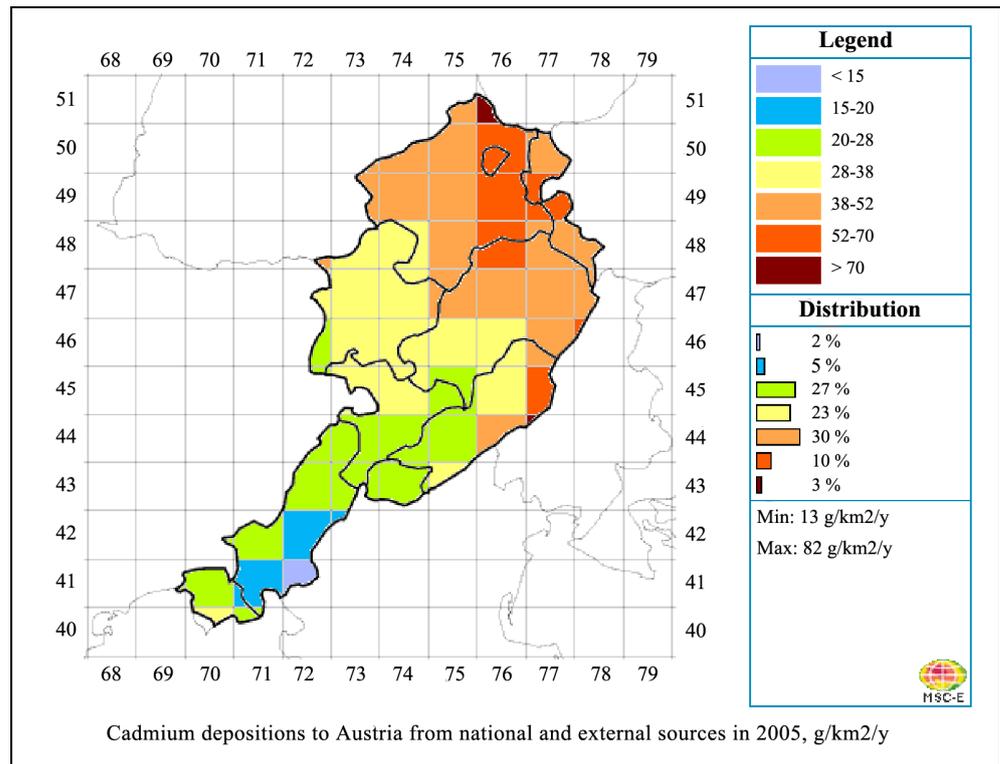


Abbildung 10: Räumlich verteilte Cadmiumdeposition in Österreich 2005 (aus: [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).



Abbildung 11: Nationale Herkunft der Cadmiumdeposition in Österreich 2005 (nach [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).



Die Methodik zur Ermittlung der Schwermetalldeposition ist in ILYIN et al. (2007) beschrieben. Grundlage ist ein meteorologisches Modell für Schwermetalle, das mit den meteorologischen Daten des Jahres 2005 und den Emissionsmeldungen der CLRTAP-Partnerländer gefüllt wird.

### **Methodik**

Wie bei Blei werden die gemessenen Werte unterschätzt. Die Luftkonzentration wird bis etwa 30 %, die Konzentration im Niederschlag wird oft um mehr als 50 % unterschätzt. Auch bei Cadmium ist die Qualität der modellierten Deposition regional sehr unterschiedlich. Starke Unterschätzung ist in Zentraleuropa (Tschechien, Slowakei, Ungarn) nachgewiesen, in Österreich standen 2005 keine Referenzwerte zur Verfügung. Als Begründung werden, wie bei Blei, zu geringe Emissionsmeldungen und Re-Emission an Referenzmessstellen angeführt.

Als Datenunsicherheit wird entsprechend der Vorgabe „mittlere Daten“ ( $\pm 50\%$ ) vorgeschlagen.

### **Datenunsicherheit**

## **5.2 Ergebnisse**

### **5.2.1 Ergebnis Gesamtsystem Cadmium**

Die Cadmiumbilanz für Österreich lässt als bedeutendsten Importfluss (130 t jährlich) jenen durch Produkte (je ca. zur Hälfte in Ni-Cd-Akkus/Batterien und Elektro-/Elektronikgeräten) erkennen. Diese beiden Produktgruppen sind auch zum größten Teil für die Cadmiumfracht im Warenexport (rund 70 t jährlich) verantwortlich. Den zweiten bedeutenden Exportfluss stellt die Ausfuhr von Recyclinggütern (rund 43 t jährlich) dar.

### **Bedeutendste Cd-Flüsse**

Innerhalb des Systems sind die Cadmiumfrachten sogar noch höher; über Abfälle, Alt- und Recyclinggüter werden jährlich rund 150 bis 160 t Cadmium im Kreis geführt.

Die Flüsse (Emissionen) in die Umweltmedien nehmen ähnlich wie im Falle von Blei eine eher untergeordnete Rolle ein. Einzig über Auswaschungen gelangen nennenswerte Mengen (rund 25 t jährlich) aus dem Oberboden in die Lithosphäre bzw. in die Gewässer. Die übrigen Frachten, auch jene aus Abfall- und Abwasserwirtschaft, sind demgegenüber vergleichsweise gering.

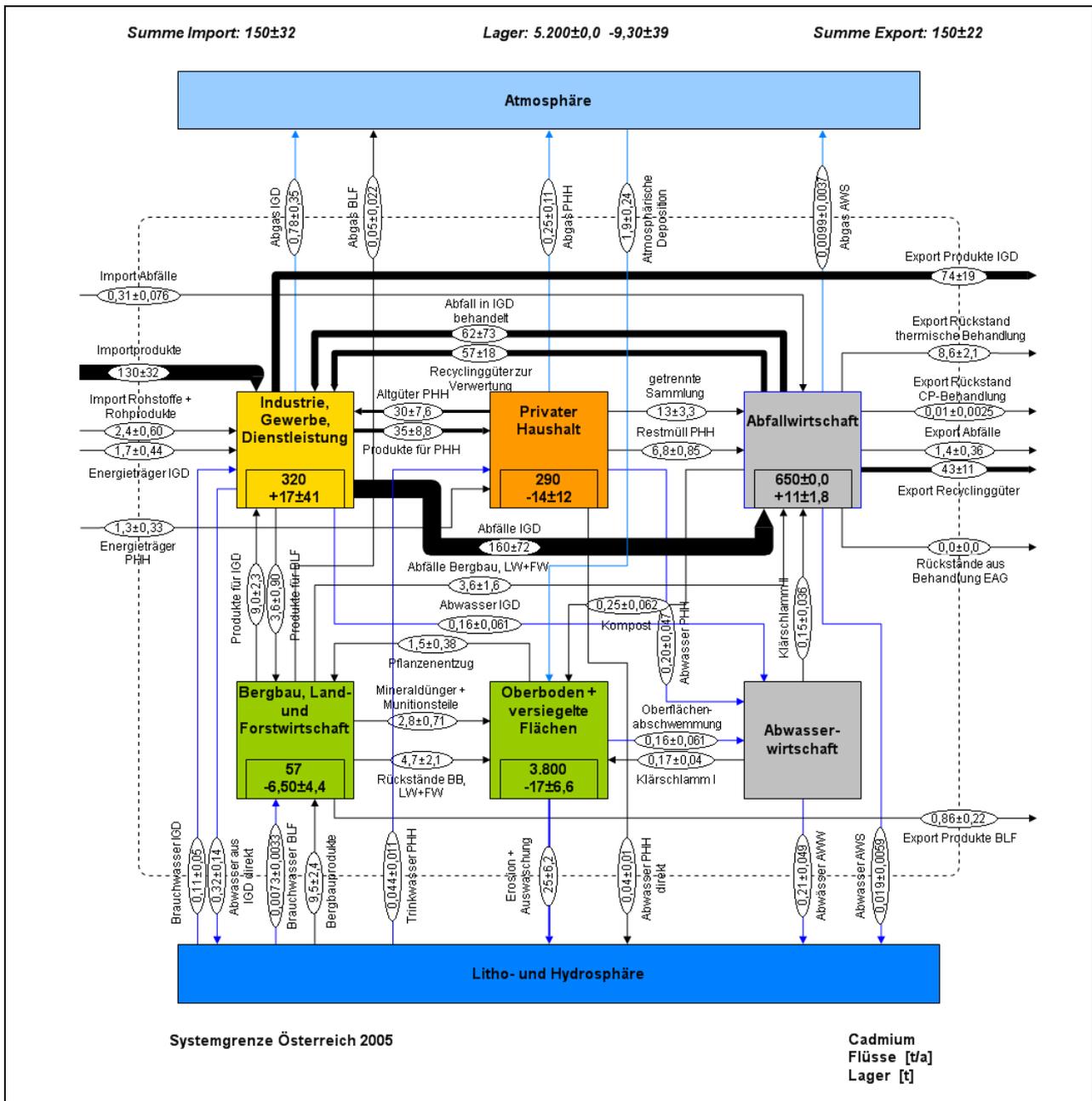


Abbildung 12: Stoffflussanalyse für Cadmium – Gesamtsystem Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen).

Das Lager in Industrie/Gewerbe nimmt ebenso wie jenes auf Deponien zu, während alle übrigen kontinuierlich abgebaut werden. In privaten Haushalten beträgt der Lagerabbau etwa 8–10 %.

Auch im Falle von Cadmium gilt, dass die Angaben, vor allem bezüglich der Lageränderungen in den anthropogenen Prozessen „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“ sowie „Private Haushalte“, mit relativ großen, wenn auch deutlich geringeren Unsicherheiten als für die Blei-Bilanz, behaftet sind (die Standardabweichung liegt in der Größenordnung der errechneten Mittelwerte).

Die bestehenden Cadmiumlager setzen sich im Falle von Industrie/Gewerbe und privaten Haushalten vorrangig aus den in Elektro- und Elektronikgeräten (inklusive Batterien und Akkus) enthaltenen Cadmiummengen zusammen.



## 5.2.2 Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Cadmium

Die größten Cadmiumfrachten im österreichischen Abfallwirtschaftssystem sind in folgenden Strömen zu finden:

- Der Strom „Abfallbehandlung in IGD“ umfasst vor allem die Abfälle, die in der Industrie mitverbrannt werden. STAN errechnet für diesen Strom mit 62 t/a eine relative hohe Cadmiumfracht. In dieser Zahl sind aber alle Daten-Unsicherheiten des Subsystems Abfallwirtschaft enthalten, so dass die tatsächliche Zahl auch um Vieles geringer sein kann. Hier schlägt sich vor allem der ungeklärte Verbleib der nicht getrennt gesammelten Nickel-Cadmium-Akkumulatoren nieder.
- Mit 43 t/a ist die höchste sichere Cadmiumfracht im PVC-Strom enthalten, der über den Prozess „Sonstige Behandlung“ recycelt wird.
- Rund 40 t/a Cadmium sind in den zu behandelnden Elektroaltgeräten und Batterien enthalten, 25 t davon in den Nickel-Cadmium-Akkumulatoren.

Die 11 t Cadmium, die jährlich deponiert werden, stammen vor allem aus direkt deponierten (unbehandelten) Abfällen und aus Rückständen der thermischen Behandlung. Mit der Flugasche aus der thermischen Behandlung werden rund 8,6 t/a Cadmium im Ausland in Untertagedeponien abgelagert. In den Recyclinggütern die zur weiteren Aufarbeitung exportiert werden (vor allem Zink) sind weitere 43 t/a an Cadmium enthalten. Insgesamt werden also rund 63 t/a, das ist etwa 1/3 der in Umlauf befindlichen Cadmiumfracht, von der österreichischen Abfallwirtschaft ins Ausland ausgeschleust.

Rund 57 t an Cadmium werden jährlich mit den Recyclingmaterialien als Verunreinigung innerhalb Österreichs im Kreis geführt.

**größte Cd-Frachten  
im Abfallwirtschafts-  
system**

**deponiertes Cd**

**Cd-Recycling**

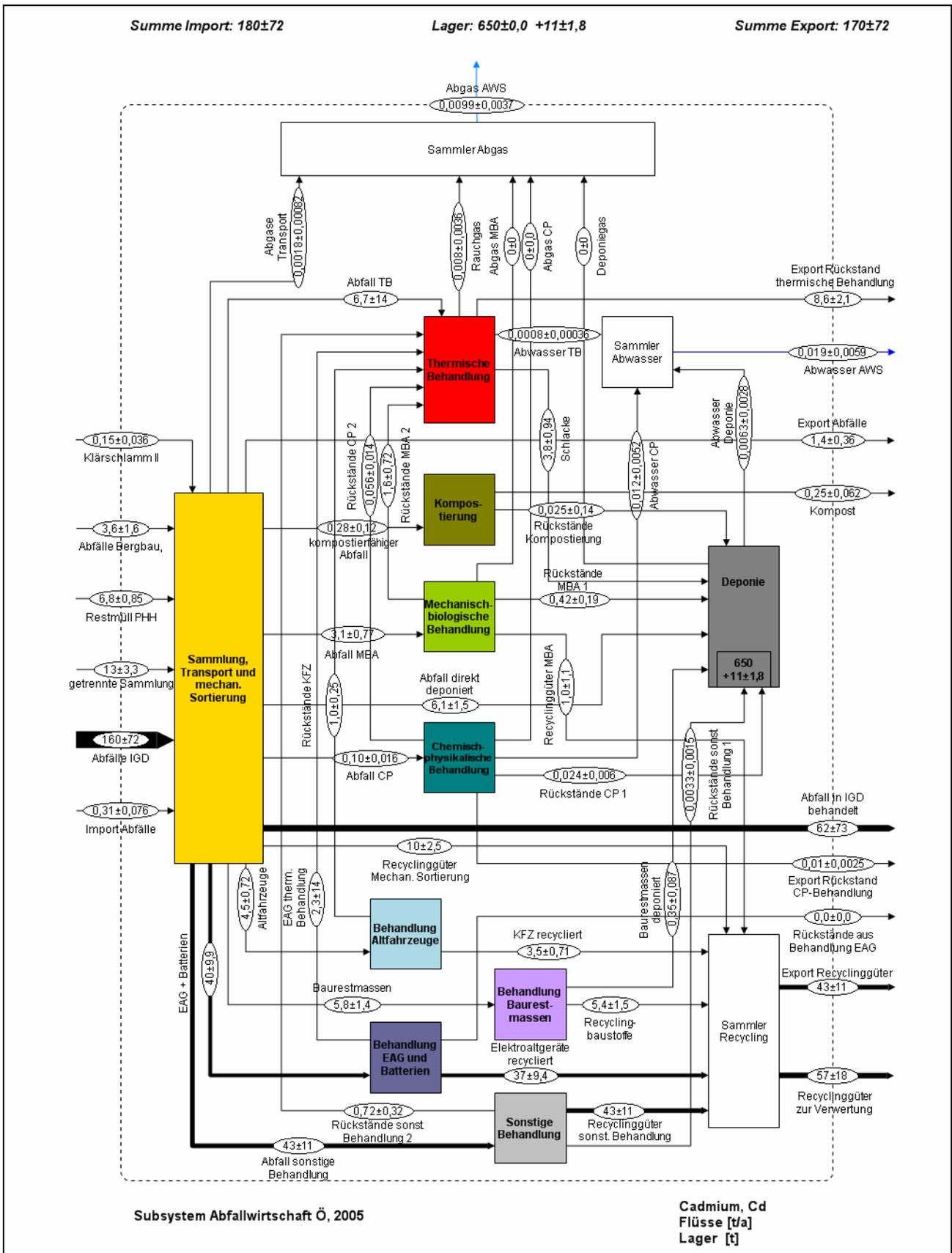


Abbildung 13: Stoffflussanalyse für Cadmium – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen).



### 5.3 Interpretation

Der Anteil an Cadmium, welcher im Kreislauf geführt wird, ist relativ hoch. Da Cadmium nicht als Wertstoff im Kreis geführt wird, sondern als Verunreinigung, ist das kein Hinweis für eine hohe Recyclingrate sondern möglicherweise ein Hinweis darauf, dass aus Recyclingmaterialien vermehrt Cadmium abgetrennt werden sollte. Die hohe Rate an im Kreis geführtem Cadmium ist aber möglicherweise auch nur das Resultat der großen Datenunsicherheit.

Auffällig ist die Abnahme der Lager in privaten Haushalten gegenüber jenen in Industrie und Gewerbe. Wie in Kapitel 8.1 beschrieben wird, ist dies vor allem dadurch bedingt, dass die Ni-Cd-Akkumulatoren in den Anwendungen der Unterhaltungselektronik, Mobiltelefone und dergleichen zunehmend durch andere Technologien ersetzt werden. Für die typischen Anwendungen industrieller Akkumulatoren trifft dies (noch) nicht zu. Anwendungsbeschränkungen von Cadmium in Kunststoffen und Elektrogeräten führen ebenfalls zu einer Abnahme der Cadmiumfrachten im Konsum.

Bezüglich möglicher Umwelteinflüsse ist vor allem die Cadmiumfracht durch Auswaschung von Oberböden in die Lithosphäre und Gewässer (rund 25 t jährlich) hervorzuheben.

#### ***Abnahme der Cd-Lager in PHH***

## 6 QUECKSILBER

### 6.1 Datenerfassung

#### 6.1.1 Allgemeines

Die Datenerfassung allgemeiner Güter ist in Kapitel 4.1.1 beschrieben. Details zu Quecksilber in der Zahnmedizin und in Thermometern finden sich in den Kapiteln 8.5 und 8.6.

#### 6.1.2 Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft

##### 6.1.2.1 Beschreibung der Flüsse

Eine Auflistung der Flüsse befindet sich in Tabelle 35. Den größten Inputfluss des Prozesses BLF bilden Bergbauprodukte, die zu 2,6 t aus der Lithosphäre gefördert und größtenteils in den Prozess IGD weitertransportiert werden. Über den Pflanzenentzug gelangen 1,4 t aus dem Oberboden in den Prozess BLF. Jeweils rund 0,4 t werden über Abraum und Holzrückstände in den Oberboden rückgeführt. Rund 3 t, bestehend aus Bergbauprodukten und zum geringen Anteil aus land- und forstwirtschaftlichen Produkten, werden jährlich in den Prozess IGD transportiert.

*Tabelle 35: Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen).*

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Hg-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>		
BBP	Bergbauprodukte	2,6
PE	Pflanzenentzug	1,4
BW BLF	Brauchwasser für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,0014
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,16
<b>Output-Ströme aus „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>		
EX PRO BLF	Exportprodukte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,23
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	3,0
MD MUN	Mineraldünger und Munitionsteile	0,044
RÜ BLF	Rückstände aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (Abraum, Ernterückstände)	0,83
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,27
ABG BLF	Abgas aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,020

##### 6.1.2.2 Beschreibung des Lagers

Das Quecksilberlager beträgt ca. 47 t und befindet sich hauptsächlich in Waldbeständen und erfährt jährlich eine vernachlässigbare Abnahme um 0,2 t (mit einer Unsicherheit von  $\pm 1,1$  t).



### 6.1.3 Prozess Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen

#### 6.1.3.1 Beschreibung der Flüsse

Die Flüsse sind in Tabelle 36 aufgelistet. Die Importe von knapp 4 t bestehen im Wesentlichen aus Quecksilber für die Zahnmedizin. In Produkten findet sich Quecksilber vor allem in Quecksilberschaltern, Quecksilberdampflampen, in LCD-Bildschirmen und in Batterien (hauptsächlich Knopfzellen). Rund 2 t davon werden jährlich dem privaten Haushalt zugeführt. Rund eine Tonne stellt allein Quecksilber in Amalgamplomben dar. Der Rest ist in Elektrogeräten und Knopfzellen enthalten. An Quecksilberabfällen gelangen insgesamt knapp 10 t in die Abfallwirtschaft. Davon werden 4 t für eine interne Abfallbehandlung und 2 t für die Verwertung als Recyclinggut aus der Abfallwirtschaft nach IGD transportiert.

Tabelle 36: Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (eigenen Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Hg-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>		
IM PRO	Import von Produkten	0,43
IM ROH	Import von Rohstoffen und Rohprodukten	3,4
EN IGD	Import Energieträger für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	1,0
BW IGD	Brauchwasser für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,021
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	3,0
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	Wert berechnet
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	Wert berechnet
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	0,34
<b>Output-Ströme aus „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>		
EX PRO IGD	Exportprodukte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,55
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	2,3
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	0,16
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	10
AW IGD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,18
AW IGDD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (Direkteinleiter)	0,16
ABG IGD	Abgas aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	0,75

#### 6.1.3.2 Beschreibung des Lagers

Das Lager beträgt rund 2,2 t, besteht aus Elektrogeräten und Knopfzellenbatterien und erfährt unter Berücksichtigung der Unsicherheiten nahezu keine Veränderung.

## 6.1.4 Prozess Privater Haushalt

### 6.1.4.1 Beschreibung der Flüsse

Eine Auflistung der Flüsse befindet sich in Tabelle 37. An Produkten und Amalgamplomben werden jährlich ca. 2 t Quecksilber im privaten Haushalt konsumiert. In die Abfallwirtschaft gelangen rund 3 t Quecksilber, davon 2 t aus getrennter Sammlung.

Tabelle 37: Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Privater Haushalt (eigenen Berechnungen).

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Hg-Fracht (t/a)
<b>Input-Ströme zu „Private Haushalte“</b>		
EN PHH	Import Energieträger für private Haushalte	0,76
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	2,3
TW PHH	Trinkwasser für private Haushalte	0,0083
<b>Output-Ströme aus „Privaten Haushalten“</b>		
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	0,34
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	1,3
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	2,1
AW PHH	Abwasser aus privaten Haushalten	0,14
AW PHHD	Abwasser aus privaten Haushalten in Hydrosphäre	0,02
ABG PHH	Abgas aus privaten Haushalten	0,19

### 6.1.4.2 Beschreibung des Lagers

Das Lager im privaten Haushalt beträgt rund 21 t, wobei sich 18 t Quecksilber in Amalgamplomben befinden. Die übrigen 3 t bestehen aus Elektrogeräten und Knopfzellen

## 6.1.5 Subsystem Abfallwirtschaft

### 6.1.5.1 Stoffflüsse in der Abfallwirtschaft

Die Quecksilberfrachten der Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft wurden nach der gleichen Methodik bestimmt wie in Kapitel 4.1.5.1 für Blei beschrieben. Die resultierenden Quecksilberfrachten sind in Tabelle 38 dargestellt. Die Datenunsicherheiten entsprechen jenen der Tabelle 20.

Bei der Aufteilung der Quecksilberfrachten aus der Behandlung von Elektroaltgeräten und Batterien wird angenommen, dass die Quecksilberfrachten der behandelten Lampen und Konsumbatterien in Form von **Hg-haltigen Rückständen aus der EAG-Behandlung (RÜ EAG)** zur Lagerung in einer Untertagedeponie exportiert werden. Die Datenunsicherheit für diese Fracht wurde mit  $\pm 90\%$  geschätzt. Die Hg-Frachten der restlichen EAG-Fractionen werden zu 85 % stofflich und zu 15 % thermisch verwertet.



Tabelle 38: Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft.

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Hg-Fracht (t/a)
<b>Strom außerhalb Abfallwirtschaft</b>		
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	0,34
<b>Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>		
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	0,090
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	0,27
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	1,3
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	2,1
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	10
IM ABF	Import Abfälle	0,027
<b>Output-Ströme aus „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>		
ABG TR	Emissionen in die Luft (Abgase) Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung	0,00014
ABF TB	Abfall zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung)	1,0
EX ABF	Export-Abfälle	0,13
ABF BIO	kompostierfähiger Abfall	0,066
ABF MBA	Abfall zur Behandlung in der MBA	0,66
ABF DD	Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert	1,5
ABF CP	Abfall für die chemisch-physikalische Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
REC MS	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung	2,0
ALT KFZ	Altfahrzeuge	0,018
BRM	Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub	1,1
EAG BAT	Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren	3,0
ABF SON	Abfall zur sonstigen Behandlung	0,027
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	2,1
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“</b>		
ABG AWS	Emissionen in die Luft (Abgase) aus dem Abfallwirtschaftssystem	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“</b>		
RG	Rauchgas aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	0,057
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	0,65
AW TB	Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung)	0,00080
SCHL	Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	0,45



<b>Kurzbezeichnung</b>	<b>Bezeichnung des Stromes</b>	<b>Hg-Fracht (t/a)</b>
<b>Output-Ströme aus der „Kompostierung“</b>		
KOM	Kompost	0,060
RÜ KOM	Rückstände der Kompostierung zur Deponierung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „MBA“</b>		
ABG MBA	Abgas MBA	0,0021
RÜ MBA 1	Rückstände der MBA zur Deponierung	0,18
RÜ MBA 2	Rückstände der MBA zur Verbrennung	0,034
REC MBA	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „CPB“</b>		
ABG CP	Abgase aus CP-Anlagen	0,00085
AW CP	Abwässer aus der CP Behandlung	0,0012
RÜ CP 1	Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen)	0,016
RÜ CP 2	Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle)	0,056
EX RÜ CP	ERÜ CP CP, Export Rückstände CP	0,0065
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“</b>		
KFZ REC	Altfahrzeug-Fraktionen zum Recycling	0,014
KFZ TB	Altfahrzeug-Fraktionen zur thermischen Behandlung	0,0040
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“</b>		
BAU REC	Recyclingbaustoffe	1,0
BRM DEP	Baurestmassen deponiert nach Behandlung	0,064
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von EAG und Batterien“</b>		
EAG REC	EAG und Batterie-Fraktionen zum Recyceln	37
RÜ EAG	Hg-haltige Rückstände aus der Behandlung von EAG	2,7
EAG TB	Elektroaltgeräte- und Batterie-Fraktionen zur thermischen Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Sonstigen Behandlung“</b>		
REC SON	Recyclinggüter aus der sonstigen Behandlung	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
RÜ SON 1	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (z. B. behandelte Böden)	0,00079
RÜ SON 2	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (z. B. Schredderleichtfraktion)	0,015



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Hg-Fracht (t/a)
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abwasser“</b>		
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert
<b>Output-Ströme aus der „Deponie“</b>		
DG	Deponiegas	0,0021
AW DEP	Deponieabwässer	0,0013
<b>Output-Ströme aus „Sammler Recycling“</b>		
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Filterstäube, + 3 kt Altöl)	1,3
REC	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	Wert aus „Summe Input = Summe Output“ bilanziert

### 6.1.5.2 Deponien als Lager

Zur Methodik der Abschätzung des Quecksilberlagers auf Deponien und zur Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3. Das abgeschätzte Quecksilberlager auf Deponien beträgt rund 110 t.

## 6.1.6 Prozess Abwasserwirtschaft

### 6.1.6.1 Datengrundlagen der Abschätzungen

Die Datengrundlagen zur Abschätzungen der Quecksilberflüsse im Bereich des Prozesses Abwasserwirtschaft entsprechen den in Kapitel 4.1.6.1 beschriebenen Datengrundlagen zur Abschätzung der Bleiflüsse in diesem Bereich

### 6.1.6.2 Stoffflüsse in den Prozess Abwasserwirtschaft (Eintragungspfade)

#### Abwasser aus privaten Haushalten in Abwasserwirtschaft (AW PHH) und in Litho-/Hydrosphäre (AW PHHD)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.6.2

*Tabelle 39: Einwohnerspezifische Quecksilberemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Quecksilbereinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Spezifische Einträge (g/E*a)	0,02
<b>Hg-Einträge in kommunale Kläranlagen (AW PHH) (t/a)</b>	<b>0,14</b>
<b>Hg-Einträge Einzelhausentsorgung in Hydrosphäre (AW PHHD) (t/a)</b>	<b>0,02</b>

### Eintrag über Oberflächenabschwemmung (AW OAB)

Für Quecksilber liegen für diesen Stofffluss keine Daten vor.

### Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (AW IGD)

Für Quecksilber liegen für diesen Stofffluss keine Daten vor, müssten aber gemäß der bekannten Frachten der Zu- und Abläufe der Kläranlagen mindestens 0,18 t/a betragen.

Für die Direkteinleitung von Abwässern aus der Industrie in die Hydrosphäre (AW IGDD) wurde eine Quecksilberfracht von 0,16 t/a abgeschätzt.

### 6.1.6.3 Stoffflüsse aus dem Prozess Abwasserwirtschaft (Austragspfade)

#### Gereinigte Abwässer aus Kläranlagenabläufen (AW AWW)

Zu Methodik und Datenunsicherheit: siehe Kapitel 4.1.5.3.

*Tabelle 40: Gesamt-Quecksilberausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a).*

Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	0,8
Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Frachten im Klärschlamm (t/a)	0,19
Rückhalt auf der Kläranlage (%)	60
Zulauf Kläranlagen (t/a)	0,32
<b>Hg-Ablauf Kläranlagen in Hydrosphäre (t/a)</b>	<b>0,13</b>

#### Klärschlamm für die Verwertung in der Landwirtschaft (KS I)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3.

*Tabelle 41: Gesamt-Quecksilberausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft (BMLFUW 2005a, eigene Berechnungen).*

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	0,8
<b>Hg-Frachten im Klärschlamm I (52 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>0,1</b>

#### Klärschlamm für die Entsorgung in der Abfallwirtschaft (KS II)

Zu Methodik und Datenunsicherheit siehe Kapitel 4.1.5.3.

*Tabelle 42: Gesamt-Quecksilberausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft (BMLFUW 2005a, eigene Berechnungen).*

Klärschlammengen 2004 (1.000 t TS/a)	243
Mittlerer Klärschlammgehalt (mg/kg TS)	0,8
<b>Hg-Frachten im Klärschlamm II (48 % der Klärschlammengen) (t/a)</b>	<b>0,09</b>



### 6.1.7 Prozess Oberboden und versiegelte Verkehrsflächen (OBVF) – Erosion und Auswaschung

Die Erosion und Auswaschung von Quecksilber aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei **1,80 t/a**.

Die Erosion von Quecksilber aus dem Oberboden in Österreich 2005 liegt bei **0,30 t/a**. **Erosion**

Die Vorgangsweise zur Bestimmung der Erosion von Quecksilber gleicht vollständig der Vorgangsweise bei Blei (siehe Kapitel 4.1.7).

Für Quecksilber sind keine Pedotransferfunktionen zur Berechnung von Hg in Lösung vorhanden. Da Quecksilber ähnlich immobil wie Blei ist, wird wie bei Blei die fünffache Menge der Erosion als Auswaschung angenommen. Die Auswaschung von Quecksilber aus dem Oberboden in Österreich 2005 wird daher mit 1,50 t/a angenommen. **Auswaschung**

Über die Abschwemmung von Quecksilber aus Verkehrsflächen in die Hydrosphäre liegen keine Daten vor.

Als Datenunsicherheit für den Stofffluss Erosion und Auswaschung wird entsprechend der Vorgabe „mittlere Daten“ ( $\pm 50\%$ ) vorgeschlagen. **Datenunsicherheit**

### 6.1.8 Emissionen

Die Schwermetallemissionen (Cd, Hg, Pb) resultieren im Wesentlichen aus den Bereichen Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport) sowie dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr).

Die Gesamtemission für **Quecksilber** in Österreich 2005 (ohne Emissionen aus der Abfallwirtschaft) liegt bei **1,0 t**:

- 77 % (rund 0,75 t) der Hg-Emissionen stammen aus dem Bereich Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (inklusive Energieversorgung und LKW Transport).
- 19 % (rund 0,19 t) der Hg-Emissionen stammen aus dem Bereich Private Haushalte (inklusive PKW Verkehr).
- 2 % (rund 0,02 t) der Hg-Emissionen stammen aus dem Bereich Bergbau, Land- und Fortwirtschaft.

Quecksilber wird hauptsächlich durch die Verbrennung von Koks, Kohle, Raffinerierückständen und Brennholz sowie durch industrielle Produktion freigesetzt. Hauptemittenten in Österreich sind die Sektoren Industrie, Kleinverbrauch und Energieversorgung. Der Rückgang der Hg-Emissionen ist vor allem auf emissionsmindernde Maßnahmen der Eisen- & Stahlerzeugung sowie in Sinteranlagen, bei Müllverbrennungsanlagen und in der Zement- und Chlorerzeugung zurückzuführen (UMWELTBUNDESAMT 2007b).

**Verursacher**

Datenquelle, Methodik zur Bestimmung der Daten und Datenunsicherheit sind Kapitel 4.1.8 zu entnehmen.

### 6.1.9 Immissionen

Die Gesamtdeposition für Quecksilber in Österreich 2005 liegt bei **0,62 t/a**.

**Datenquellen** Die Immissionsdaten für Österreich 2005 stammen aus dem Statusbericht des EMEP-Meteorological Synthesizing Centre-East (MSC-E) 2007 (ILYIN et al. 2007). Sie wurden mit dem vom MSC-E entwickelten meteorologischen Modell MSCE-HM auf Basis der im Rahmen der Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) gemeldeten Emissionsdaten der Mitgliedsländer ermittelt.

**Methodik** Die Methodik zur Ermittlung der Schwermetalldeposition ist in ILYIN et al. (2007) beschrieben. Grundlage ist ein meteorologisches Modell für Schwermetalle, das mit den meteorologischen Daten des Jahres 2005 und den Emissionsmeldungen der CLRTAP-Partnerländer gefüllt wird.

Die Qualität der Modellierung für Quecksilber ist besser als für die beiden anderen Schwermetalle. Die Abweichung bei der Luftkonzentration beträgt maximal 15 %, die Abweichung bei der Niederschlagskonzentration maximal 50 %. Es gibt keine systematische Unterschätzung.

**Datenunsicherheit** Als Datenunsicherheit wird entsprechend der Vorgabe „sichere Daten“ ( $\pm 25\%$ ) vorgeschlagen.

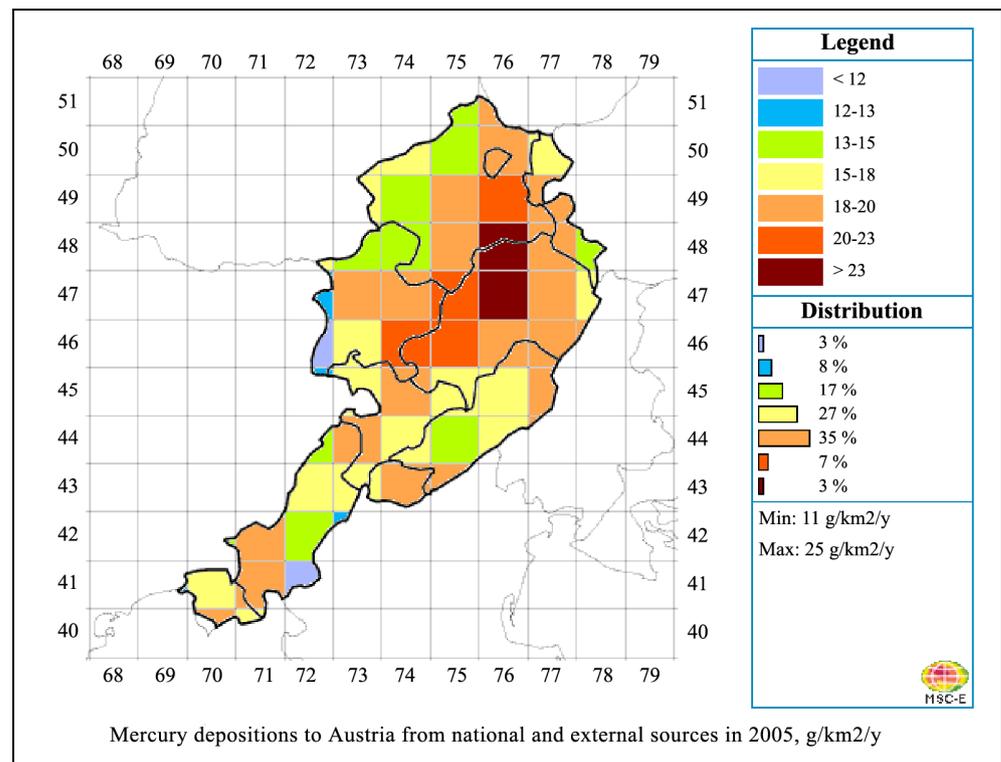


Abbildung 14: Räumlich verteilte Quecksilberdeposition in Österreich 2005 (aus: [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).

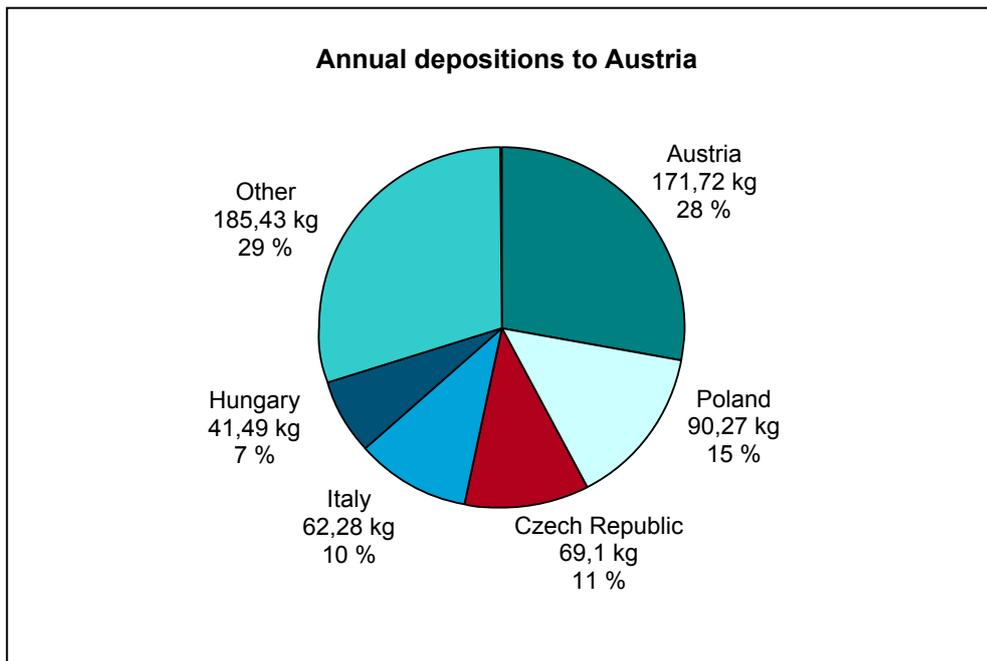


Abbildung 15: Nationale Herkunft der Quecksilberdeposition in Österreich 2005 (nach [www.msceast.org](http://www.msceast.org)).

## 6.2 Ergebnisse

### 6.2.1 Ergebnis Gesamtsystem Quecksilber

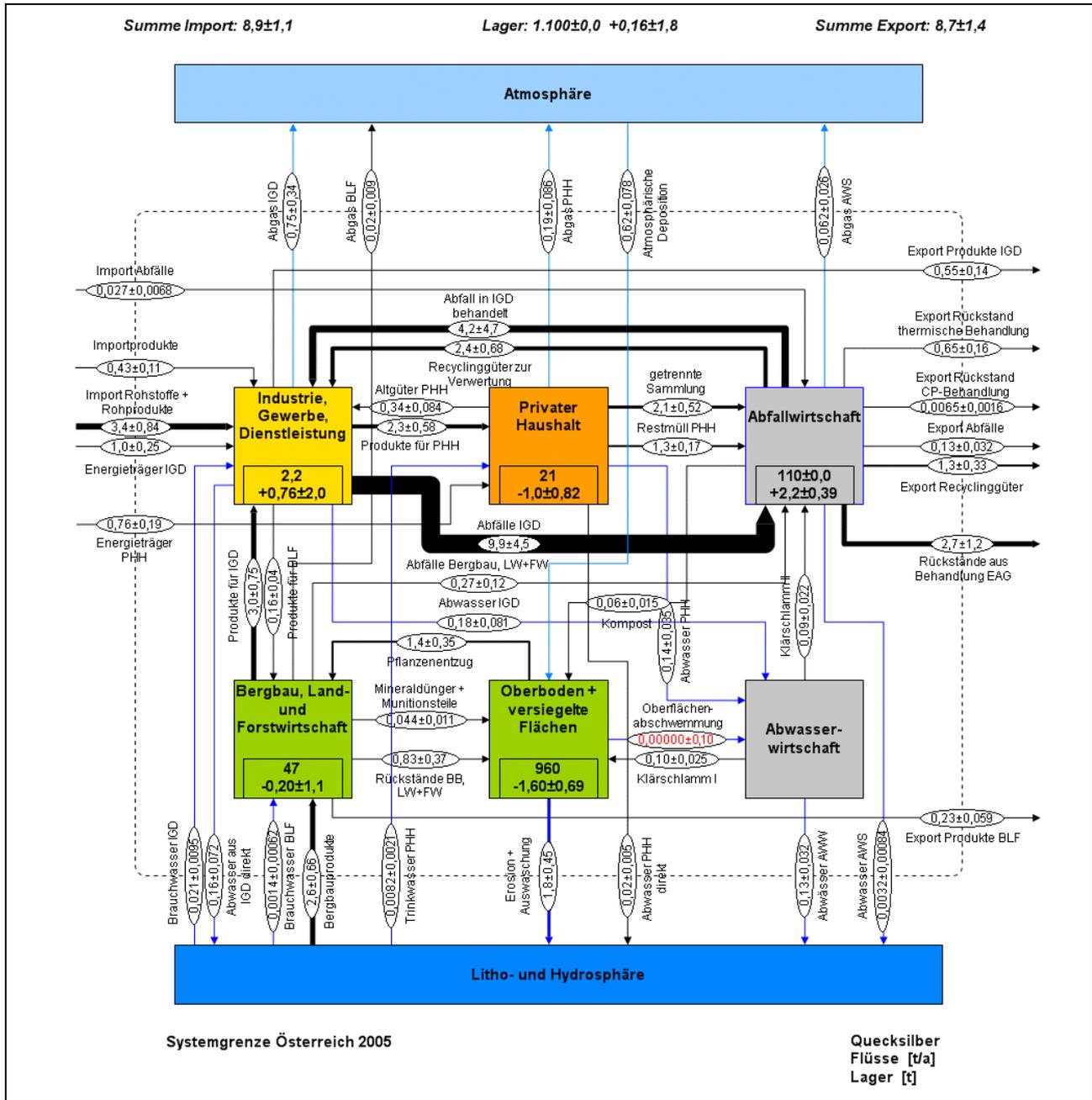


Abbildung 16: Stoffflussanalyse für Quecksilber – Gesamtsystem Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen).

#### Maßgebende Hg-Flüsse

Ähnlich wie im Falle des Cadmiums ist der maßgebende Fluss die Abfallfracht aus Industrie und Gewerbe (knapp 10 t jährlich). Die Gesamtimporte und Exporte machen demgegenüber nur etwas mehr als die Hälfte (rund 6 bzw. über 5 t jährlich) aus. Das heißt, es wird eine weitaus größere Menge an Quecksilber innerhalb des Systems im Kreislauf geführt als importiert bzw. exportiert wird.



Für diese großen Quecksilberfrachten im Abfall bzw. in Altgütern sind vor allem Produktgruppen wie Elektroaltgeräte (EAG), Hg-Dampflampen und Gasentladungslampen oder Batterien verantwortlich. Ein Quecksilberimport erfolgt größtenteils über Energieträger bzw. zum überwiegenden Teil als Quecksilber für die Zahnmedizin. Die Güter-Exporte beschränken sich auf die Ausfuhr von Rückständen der EAG-Behandlung sowie Quecksilber, welches in Elektrogeräten und Batterien enthalten ist.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Stoffen Blei und Cadmium ist der Anteil der Quecksilberfrachten, die in die Umwelt gelangen, deutlich höher. Auch in diesem Fall ist der maßgebliche Eintragspfad (in die Lithosphäre und Gewässer) jener durch Ausschwemmungen des Oberbodens.

Das anthropogene Quecksilberlager wird vor allem durch jenes in den Deponien (rund 60 t) sowie in privaten Haushalten (rund 20 t), welches vor allem aus den Amalgamplomben im menschlichen Körper besteht, bestimmt. Für die Lager aus Industrie/Gewerbe sowie private Haushalte ist eine leichte Zu- bzw. Abnahme zu beobachten, jenes in Deponien wächst jährlich um knapp 4 %.

Für die Aussagekraft der Stoffbilanzen gilt hinsichtlich der Schwankungsbereiche der Einzelwerte (vor allem jener der Lageränderungen) ähnliches wie für Cadmium.

### ***Hg-Frachten in Umwelt***

## **6.2.2 Ergebnis Subsystem Abfallwirtschaft für Quecksilber**

Auch beim Quecksilber schlägt sich die Datenunsicherheit vor allem im Wert für den Strom „Abfallbehandlung in IGD“ nieder, der nach den STAN-Berechnungen 30 % der gesamten Quecksilberfracht im Subsystem Abfallwirtschaft umfasst.

### ***bedeutende Hg- Frachten in Abfallwirtschaft***

Die nächst bedeutenden Quecksilberfrachten sind in folgenden Strömen enthalten:

- Elektroaltgeräte und Batterien mit 3 t/a Quecksilber (hier stammt die Hg-Fracht vor allem von Hg-Dampflampen),
- Getrennt gesammelte Abfälle mit 2 t/a Quecksilber,
- Direkt deponierte Abfälle mit 1,5 t/a Hg,
- Baurestmassen mit 1,1 t/a Hg
- und Abfälle für die thermische Behandlung mit rund 1 t/a Hg.

Die 2,2 t/a Hg-Input für die Deponien stammen vor allem aus direkt deponierten Abfällen.

- Rund 0,65 t/a Hg wird mit der Flugasche aus der thermischen Behandlung,
- rund 2,7 t/a Hg mit den Rückständen aus der Batteriebehandlung
- und rund 2,4 t/a mit Recyclingmaterialien exportiert.

Zusammen werden somit rund 40 % des in Österreich in den Abfällen enthaltenen Quecksilbers ins Ausland verbracht.

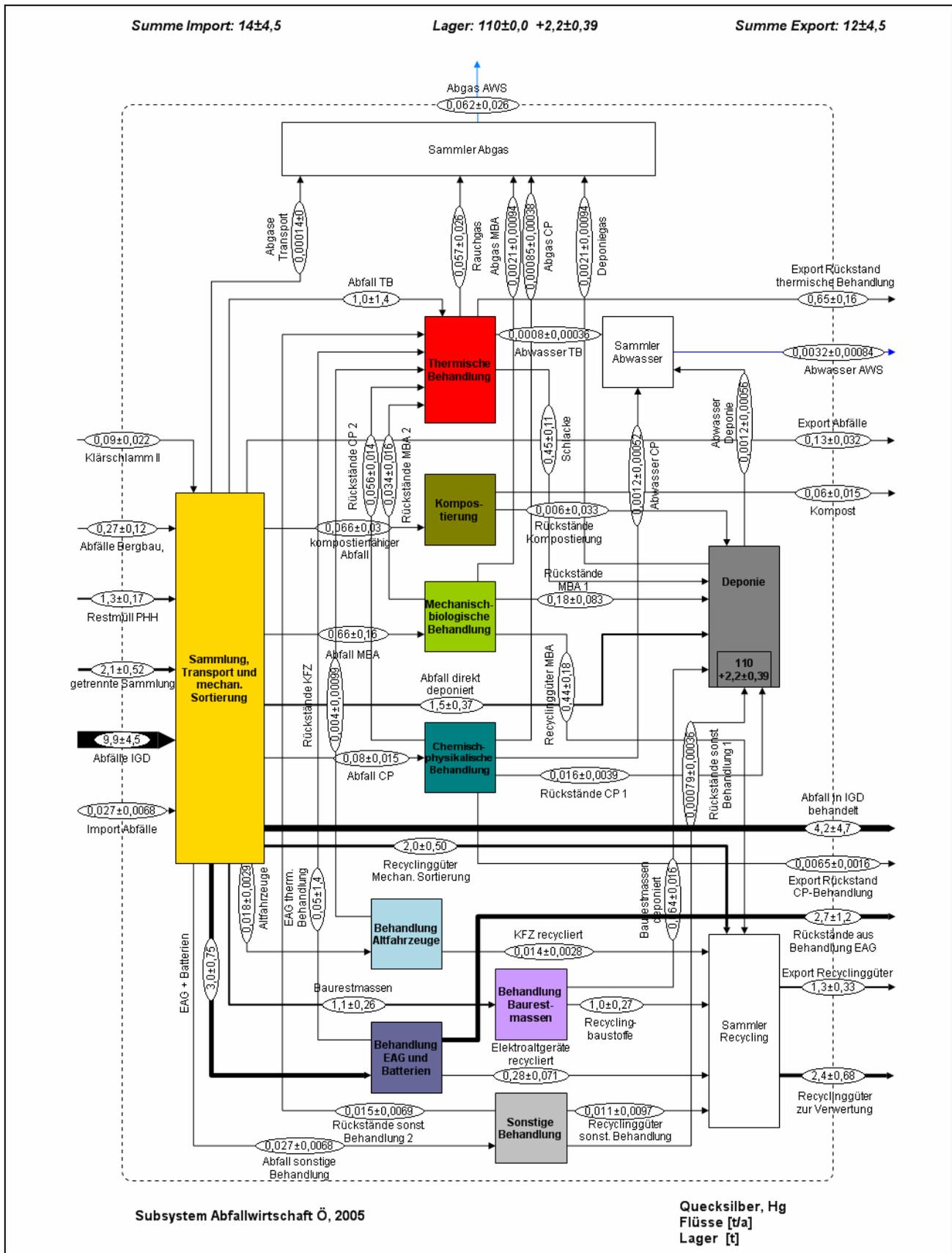


Abbildung 17: Stoffflussanalyse für Quecksilber – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen).



### 6.3 Interpretation

Quecksilber wird, ähnlich dem Cadmium, zu einem großen Teil ungewollt im Kreislauf geführt.

Das Lager in privaten Haushalten verringert sich mit rund 1 t bzw. 5 % pro Jahr, jenes im Bereich Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen hingegen wächst um etwa 0,8 t bzw. über 30 %. Allerdings liegt dieser Abschätzung der Lageränderung aufgrund der Datenlage bezüglich der industriell/gewerblichen Abfallmengen eine sehr große Unsicherheit ( $\pm 250\%$ ) zugrunde. Insgesamt verringert sich das Konsumlager, also jenes in IGD und PHH, um etwa 0,2 t jährlich, was darauf hinweist, dass Quecksilber zunehmend aus dem Konsumlager ausgeschleust wird.

#### ***Hg-Lager in PHH***

Von den Quecksilberfrachten in die Umweltmedien sind jene 1,8 t jährlich, die durch Erosion und Auswaschung des Oberbodens in die Litho- bzw. Hydrosphäre gelangen, mit Abstand am größten. Verglichen mit den gesamten Exporten aus dem System bedeutet dies einen Anteil von etwa 20 %. Die Emissionen in die Atmosphäre (rund 1 t pro Jahr) stammen zu rund 75 % (etwa 0,75 t jährlich) aus IGD, knapp 20 % oder rund 0,19 t werden von privaten Haushalten emittiert.



## 7 BESTEHENDE MAßNAHMEN ZUR LENKUNG DER STOFFSTRÖME BLEI, CADMIUM, QUECKSILBER

### 7.1 Bestehende Maßnahmen in Österreich

Rund hundert Gesetze und Verordnungen vor allem aus den Bereichen Chemikalienrecht, Lebensmittelrecht, Abfallrecht, Gewerberecht, Luftschutz, Wasserschutz und ArbeitnehmerInnenschutz regeln bzw. limitieren den Einsatz von Blei, Cadmium und Quecksilber (siehe **Anhang C**). Hier sollen nur jene Regelungen zusammengefasst werden, von denen angenommen wird, dass sie die größte Wirkung auf den Einsatz bzw. Nicht-Einsatz von Blei, Cadmium oder Quecksilber im österreichischen Wirtschaftssystem haben.

#### 7.1.1 Produktspezifikation durch Chemikalien- und Lebensmittelrecht

Durch eine Reihe von Regelungen aus dem Chemikalienrecht und dem Lebensmittelrecht wird der Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalt in Produkten beeinflusst bzw. limitiert.

#### **Cadmium- verordnung 1993**

Gemäß **Cadmiumverordnung 1993** ist die Verwendung von Cadmium und von Cadmiumverbindungen verboten:

1. zur Herstellung von Farben, Lacken und Anstrichmitteln, ausgenommen von solchen Zubereitungen, die zur Färbung von Glas, Keramik oder Email mit Hilfe eines Schmelzoder Brennverfahrens bestimmt sind;
2. zur Einfärbung oder Stabilisierung von Kunststoffen (als Kunststoffe gelten nicht Pigmentpräparationen („master batches“));
3. zur Behandlung oder Beschichtung von Metalloberflächen (Vercadmierung).

Gemäß **Grenzwerteverordnung 2007** sind Cadmium und seine Verbindungen Stoffe, die sich im Tierversuch als krebserzeugend erwiesen haben. Weiters wird festgelegt welche Bleiverbindungen als krebserregend oder mit einem krebserregenden Potenzial einzustufen sind.

Die **Chemikalienverordnung 1999** legt besondere Kennzeichnungspflichten für zum Beispiel bleihaltige Farben, cadmiumhaltige Lötmetalle und quecksilber-, cadmium- oder bleihaltige Batterien bzw. Akkumulatoren fest.

#### **Chemikalien- Verbotsverordnung 2003**

Die **Chemikalien-Verbotsverordnung 2003** legt im Zusammenhang mit der Chemikalienverordnung Maximalkonzentrationen von krebserzeugenden, erbgutverändernden bzw. fortpflanzungsgefährdenden Verbindungen in Produkten für den Endverbrauch fest:

- für Cadmiumchlorid, Cadmiumfluorid und Cadmiumsulfat sind dies 0,01 %,
- für Cadmiumoxid 0,1 % und
- für Bleiverbindungen 0,5 % (davon unberührt ist metallisches Blei, das auch in höheren Konzentrationen in Produkten für den Endverbrauch enthalten sein darf).

#### **Verbotene Pb- & Cd- Anwendungen**

Bleiverbindungen und die erwähnten Cadmiumverbindungen, die zulässiger Weise für gewerbliche Verwender in Verkehr gesetzt werden, müssen mit dem Hinweis „Nur für den berufsmäßigen Verwender“ gekennzeichnet sein. Künstlerfarben, Kraft- und Brennstoffe sind von diesen Beschränkungen ausgenommen.



Die Verwendung von Cadmium und Cadmiumverbindungen zum Einfärben von Fertigwaren aus Kunststoffen ist verboten. Mit Cadmium gefärbte Fertigwaren aus Kunststoff dürfen nicht in Verkehr gesetzt werden, wenn der Cadmiumgehalt 0,01 % übersteigt. Die Verwendung von Lacken und Anstrichen mit einem Cadmiumgehalt über 0,01 % ist verboten. Bei Anstrichen und Lacken mit einem hohen Zinkgehalt darf der Cadmiumgehalt ausnahmsweise bis zu 0,1 % betragen. Diese Verbote gelten nicht, wenn die Einfärbung aus Sicherheitsgründen mit Cadmium oder Cadmiumverbindungen erfolgen muss.

Cadmium und Cadmiumverbindungen dürfen zur Stabilisierung von PVC und Vinylchlorid-Copolymeren nicht verwendet werden, wenn daraus bestimmte Fertigwaren erzeugt werden, wie z. B.

- Verpackungsmaterial,
- Büro- und Schulbedarf,
- Bekleidung und Accessoires,
- Boden- und Wandverkleidungen, Verkleidungen von Straßenverkehrsmitteln,
- Schallplatten,
- Rohre,
- Kabelisolierungen.

Die betroffenen Fertigwaren dürfen nicht in Verkehr gesetzt werden, wenn der Cadmiumgehalt 0,01 % übersteigt. Diese Verbote gelten nicht, wenn die Stabilisierung aus Sicherheitsgründen mit Cadmium oder Cadmiumverbindungen erfolgen muss.

Unter Cadmierung ist jeder Auftrag von Cadmium auf Metalloberflächen oder jede Beschichtung von Metalloberflächen mit Cadmium zu verstehen. Das Inverkehrsetzen bzw. die Verwendung von cadmierten Metallerzeugnissen in Maschinen und Geräten ist für eine Reihe von Verwendungszwecken verboten, wie z. B.

- Herstellung von Lebensmitteln,
- in der Landwirtschaft,
- Druckerei und Presse,
- Herstellung von Haushaltsgeräten oder Möbeln,
- Herstellung von sanitären Anlagen, Zentralheizungen oder Klimaanlage,
- Herstellung von Papier, Pappe, Textilien oder Bekleidung,
- Herstellung von PKW, landwirtschaftlichen Fahrzeugen, Zügen oder Schiffen.

Bestimmte Anwendungsbereiche sind von diesen Verboten allerdings ausgenommen, wie z. B.

- Erzeugnisse und Bestandteile für die Luftfahrt oder den Bergbau,
- Sicherheitskomponenten in Fahrzeugen,
- elektrische Kontakte in allen Sektoren aus Gründen der Zuverlässigkeit der Geräte, in denen sie eingesetzt werden.

Weiters werden durch die Chemikalien-Verbotsverordnung 2003 verboten

- die Anwendung von Quecksilberverbindungen in Antifoulings, zur Aufbereitung von Brauchwasser, zum Holzschutz und zur Textilimprägnierung,
- die Anwendung von Bleicarbonat und Bleisulfat als Farbstoff.

### **Cadmierung**

### **Ausnahmen**



**Verordnung Dental-Amalgam** Gemäß der **Verordnung Dental-Amalgam** müssen die Behältnisse, mit denen Legierungen zur Herstellung von Dental-Amalgam in Verkehr gebracht werden, Angaben unter anderem zum Quecksilbergehalt und zur Behandlung des Amalgams zeigen.

**Lebensmittelrecht** Verschiedene Verordnungen aus dem Lebensmittelrecht (z. B. Aromenverordnung) limitieren den Blei-, Cadmium- und/oder Quecksilbergehalt in

- Aromen, Lebensmittelfarbstoffen, Süßungsmitteln, Lebensmittelzusatzstoffen,
- Spielzeug,
- Mineral- und Trinkwasser,
- Gewissen Extraktionsmitteln und einem Kunststoff.

Für Geschirr welches mit Lebensmittel in Berührung kommt und für Kosmetika gibt es (mit gewissen Ausnahmen) ein Blei-, Cadmium und Quecksilberverbot (Geschirrverordnung, Kosmetikverordnung). Für Gebrauchskeramik gibt es Höchstwerte, die festlegen, wie viele Milligramm Blei- und Cadmium auf Lebensmittel übergehen dürfen (Keramik-Verordnung).

### 7.1.2 Lenkungswirkung des Abfallrechts

Verschiedene Maßnahmen aus dem Abfallrecht zielen darauf ab,

- dass Schwermetalle, die in Produkten notwendig sind, aus Abfällen abgetrennt und wieder recycelt werden,
- dass Schwermetalle, die nicht gebraucht werden, in sichere Senken überführt werden, sowie
- im Sinne einer qualitativen Abfallvermeidung einen Anreiz zu bieten möglichst wenig Schwermetalle in Produkten zu verwenden.

**Batterienverordnung** Die **Batterienverordnung** beschränkt den Cadmium- und Quecksilbergehalt für verschiedenen Batterietypen bzw. Anwendungen (siehe Tabelle 43). Weiters legt die Batterienverordnung Bestimmungen

- zur Behandlung von Altbatterien,
- zur Kennzeichnung von Batterien,
- zur Information der LetztverbraucherInnen,
- zur problemlosen Entnahme von Gerätealtbatterien aus dem jeweiligen Gerät,
- zur unentgeltlichen Rückgabe von Gerätealtbatterien und Fahrzeugaltbatterien,
- zur Rücknahmeverpflichtung von Gerätealtbatterien, Fahrzeugaltbatterien und von Industriebatterien,
- zur Einrichtung von Batteriesammel- und Verwertungssystemen fest.



Tabelle 43: Grenzwerte für Cadmium und Quecksilber für verschiedene Batterietypen gemäß Batterienverordnung.

Batterientyp/Anwendungen	Schwermetall	Grenzwert in Masse %
Gerätebatterien für: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Notsysteme und Alarmsysteme, einschließlich Notbeleuchtung</li> <li>● Medizinische Geräte</li> <li>● Schnurlose Elektrowerkzeuge</li> </ul>	Cd	keine Beschränkung
Alle anderen Gerätebatterien	Cd	0,002
Knopfzelle	Hg	2
Alle anderen Gerätebatterien	Hg	0,0005

Gemäß Elektroaltgeräteverordnung ist verboten,

1. Elektro- und Elektronikgeräte,
2. Leuchten für private Haushalte und elektrische Glühlampen,

die mehr als jeweils 0,1 Masseprozent Blei oder Quecksilber bzw. mehr als 0,01 Masseprozent Cadmium je homogenem Werkstoff enthalten, in Verkehr zu setzen. Als homogener Werkstoff gilt ein Werkstoff, der durch eine mechanische Behandlung nicht in einzelne Stoffe getrennt werden kann.

Vom Verbot ausgenommen sind z. B. medizinische Geräte sowie Überwachungs- und Kontrollinstrumente. Weiters sind bestimmte Verwendungen vom Verbot ausgenommen, wie z. B.

- elektrische Kontakte sowie Cadmiumbeschichtungen, sofern dafür nicht andere Verbote wirksam sind,
- Druckfarben zum Aufbringen von Emails auf Borosilicatglas (Wko 2007).

Die Elektroaltgeräteverordnung schafft die Voraussetzungen für eine kostenlose Rückgabe von Elektroaltgeräten (EAG) und unterstützt die Wiederverwendung der EAG bzw. das Recycling der enthaltenen Materialien.

Die **Abfallbehandlungspflichtenverordnung** legt fest, wie EAG zu lagern und zu behandeln sind bzw. wie sie nicht behandelt werden dürfen. Eigene Behandlungsgrundsätze für z. B.

- Hochdruckquecksilberdampf lampen,
- quecksilberhaltige Bauteile,
- cadmiumhaltige Fotoleitertrommeln,
- bleiglashaltige Glasfraktionen,
- Batterien, Bleiakumulatoren, Nickel-Cadmium-Akkumulatoren und
- Amalgamreste

werden festgelegt. Durch diese Bestimmungen soll die Umweltbelastung minimiert und gleichzeitig Stoffkreisläufe geschlossen werden.

**Behandlung und Lagerung von EAG**

Die **Altfahrzeugeverordnung** legt ein generelles Blei-, Cadmium- und Quecksilberverbot für alle neuen PKW und LKW bis 3,5 t höchstzulässiges Gesamtgewicht fest, und listet gleichzeitig welche Werkstoffe und Bauteile von diesem Verbot aus-

**(Alt)Fahrzeuge**



genommen sind. Ein Höchstkonzentrationswert von bis zu 0,1 Masseprozent Blei und Quecksilber und bis zu 0,01 Masseprozent Cadmium je homogenem Werkstoff ist in jedem Fall zulässig. Mit dieser Verordnung ist unter anderem die Verwendung von Blei für Wuchtgewichte für Räder an Fahrzeugen bis 3,5 t verboten.

Mit den Maßnahmen dieser Verordnung sollen insbesondere gefährlichen Abfällen von Fahrzeugen vermieden sowie die Wiederverwendung und die Verwertung von Altfahrzeugen und ihren Bauteilen zu intensiviert werden.

**Motoröle** Gemäß **Altölverordnung 2002** dürfen Motoröle nicht in den gewerblichen Verkehr gebracht werden, wenn sie unter anderem Cadmium, Quecksilber oder deren Verbindungen als Zusätze enthalten.

**Verpackungen** Die **Verpackungsverordnung 1996** limitiert die Blei-, Cadmium- und Quecksilberkonzentration in Verpackungen mit 100 mg/kg. Bleikristall ist davon ausgenommen.

**(Mit-)Verbrennungsanlagen** Die **Abfallverbrennungsverordnung** (beschränkt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber aus Verbrennungsanlagen und Mitverbrennungsanlagen (Anlagen zur Zementerzeugung, Feuerungsanlagen und sonstige Mitverbrennungsanlagen). Die anzuwendenden Messverfahren zur Bestimmung der Emissionen werden in Anlage 5 festgelegt. Für die Verbrennung von gefährlichem Abfall muss unter anderem der maximale Gehalt an Schwermetallen angegeben werden. Dabei ist der maximale Gehalt an Quecksilber auf einen Heizwert von Hu von 25 MJ/kg zu beziehen.

**Kompost** Die **Kompostverordnung** legt die in Tabelle 44 gezeigten Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Kompost fest.

*Tabelle 44: Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Kompost gemäß Kompostverordnung.*

Grenzwerte in mg/kg TM	
Pb	200
Cd	3
Hg	5

**gefährliche Abfälle und Deponien** Das **Basler Übereinkommen** und die **Abfallverzeichnisverordnung** definieren, wann ein blei-, cadmium- bzw. quecksilberhaltiger Abfall als gefährlicher Abfall einzustufen und dementsprechend zu behandeln ist. Gefährliche Abfälle sind bei grenzüberschreitender Verbringung notifizierungspflichtig und dürfen nur in Untertagedeponien abgelagert werden (Abfallwirtschaftsgesetz, AWG 2002 § 16). Im Einklang mit diesen Bestimmungen legt die **Deponieverordnung 2008** für die verschiedenen Deponietypen unter anderem fest, welchen maximalen Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte und welche Blei-, Cadmium- und Quecksilbereluatlöslichkeiten die abzulagernden Abfälle haben dürfen.

### 7.1.3 Gewerberecht und Luftreinhaltung

Verschiedene Bestimmungen des Gewerberechts, des Emissions- und des Immissionsrechts limitieren die Menge von Blei, Cadmium und Quecksilber, die in Österreich freigesetzt werden können. Die Limitierung der Emissionen erfolgt unter anderem durch folgende Verordnungen:

- Anlagen zur Zementerzeugung (BGBl. II Nr. 60/2007),
- Gießereien (BGBl. Nr. 447/1994),
- Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl (BGBl. II Nr. 160/1997 i.d.F. 290/2007),
- Anlagen zur Erzeugung von Nichteisenmetallen und Refraktärmetallen (BGBl. II Nr. 86/2008),
- Anlagen zur Glaserzeugung. (BGBl.Nr. 498/1994).

Mit dem **Protokoll über grenzüberschreitende Luftverunreinigung** verpflichtet sich Österreich zu einer Verringerung der Blei-, Cadmium und Quecksilberemissionen in die Luft gegenüber 1990 (bzw. gegenüber einem anderen Jahr im Zeitraum 1985 bis 1995). Im Protokoll wird festgelegt, dass zur Minderung der Emissionen in die Luft die bestverfügbaren Techniken anzuwenden sind. Für einige dieser Techniken werden Standards festgelegt. Für verschiedene Anlagentypen bzw. Produktionen werden Emissionsgrenzwerte unter anderem für Partikel bzw. für Pb und Hg festgelegt.

Die EU-Verordnung über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters (**E-PRTR-Verordnung**) legt Schwellenwerte für die Freisetzung unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber in Luft, Wasser und Boden fest, ab denen die entsprechenden Freisetzungen einmal jährlich den zuständigen Behörden zu melden sind (siehe Tabelle 45). Diese EU-Verordnung wird durch die österreichische **E-PRTR-Begleitverordnung** ergänzt und ersetzt die Verordnung Europäisches Schadstoffemissionsregister – Meldung von Schadstoffemissionsfrachten, in der die gleichen Emissionsschwellenwerte festgelegt waren.

Tabelle 45: Emissionsschwellenwerte deren Überschreitung gemäß E-PRTR-Verordnung zu melden ist.

	Emissionen in kg/a		
	in die Luft	in Gewässer	in den Boden
Pb	200	20	20
Cd	10	5	5
Hg	10	1	1

Das **Immissionsschutzgesetz-Luft** (IG-L) legt Grenzwerte für die Deposition und die Konzentration von Blei und Cadmium aus bzw. in der Luft fest (siehe Tabelle 46).

Tabelle 46: Immissionsgrenzwerte gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft.

	Deposition $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	Konzentration in $\text{ng}/\text{m}^3$
Pb	200	20
Cd	10	5

**Verordnungen zur Begrenzung der Emissionen**

**Emissionsgrenzwerte**

**Emissions-schwellenwerte**

**Immissions-grenzwerte**

### 7.1.4 Wasserschutz

Das **Wasserrechtsgesetz 1959** erklärt Blei-, Cadmium und Quecksilber zu den prioritären Schadstoffen, die im Wasser auf die natürliche Hintergrundbelastung zurückgeführt werden sollen.

Die **Allgemeine Abwasseremissionsverordnung** beschränkt die Konzentration in Abwässern, die in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden (siehe Tabelle 47).

*Tabelle 47: Maximalkonzentration von Schwermetallen in Abwässern die in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden gemäß Abwasseremissionsverordnung.*

**Abwasseremissions-  
grenzwerte**

	Maximalkonzentrationen in mg/l
Pb	0,5
Cd	0,1
Hg	0,01

Für folgende Prozesse und Branchen wurden davon abweichende Abwasseremissionsgrenzwerte in speziellen **Abwasseremissionsverordnungen** (AEV) festgelegt (siehe Anhang C, Kapitel 16):

- physikalisch-chemischen bzw. biologischen Abfallbehandlungsanlagen,
- Abluftreinigungsanlagen,
- Anlagen zur Erzeugung anorganischer Chemikalien,
- Anlagen zur Erzeugung anorganischer Düngemittel,
- Anlagen zur Erzeugung anorganischer Pigmente,
- Anlagen der Chlor-Alkali-Elektrolyse,
- Abwässer aus Deponien,
- grafische oder fotografische Prozesse,
- Herstellung und Weiterverarbeitung von Edelmetallen sowie aus der Herstellung von Quecksilbermetall,
- Eisen- und Stahlindustrie,
- Erdölverarbeitung,
- Herstellung und Weiterverarbeitung von Explosivstoffen,
- Betankung, Reparatur und Reinigung von Fahrzeugen,
- Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern,
- Herstellung von Halbleitern, Gleichrichtern und Fotozellen,
- Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralen einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten,
- Herstellung von Klebstoffen, Druckfarben, Farben und Lacken sowie Holzschutz- und Bautenschutzmitteln,
- Kühlsysteme und Dampferzeuger,
- Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen, Gummi und Kautschuk,
- getrennte Entsorgung von Schwermetallen aus Laboratorien,
- Krankenanstalten, Pflegeanstalten, Kuranstalten und Heilbädern,



- Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Blei-, Wolfram- oder Zinkerzen sowie aus der Aluminium-, Blei-, Kupfer-, Molybdän-, Wolfram- oder Zinkmetallherstellung und -verarbeitung,
- Behandlung von metallischen Oberflächen,
- Herstellung von organischen Chemikalien,
- Herstellung von Kohlenwasserstoffen und organischen Grundchemikalien,
- Herstellung von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln,
- Herstellung von Arzneimitteln und Kosmetika und deren Vorprodukten,
- Herstellung von Schmier- und Gießereimitteln,
- Herstellung von Soda nach dem Ammoniak-Soda-Verfahren,
- Textilveredelung und -behandlung,
- Reinigung von Verbrennungsgas,
- Wasch- und Chemischreinigungsprozessen von Textilien,
- Wasseraufbereitung,
- Erzeugung pflanzlicher Öle.

Die Indirekteinleitung in eine öffentliche Kanalisation bedarf der wasserrechtlichen Bewilligung, wenn bestimmte Tagesfrachten unter anderem für Blei (1 g/d), Cadmium (0,2 g/d) oder Quecksilber (0,02 g/d) überschritten werden (**Indirekteinleiterverordnung**).

**Indirekteinleitung in Kanalisation**

Die **Grundwasserschutzverordnung** untersagt die direkte Einbringung von Cadmium und Quecksilber in das Grundwasser. Die Einbringung von Blei in das Grundwasser bedarf einer Bewilligung.

**Grundwasserschutz**

Die **Grundwasserschwelienwertverordnung** (GSwV) legt Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe fest (siehe Tabelle 48).

Tabelle 48: Grundwasserschwelienwerte gemäß Grundwasserschwelienwertverordnung.

Grundwasserschwelienwerte in mg/l	
Pb	0,03
Cd	0,003
Hg	0,001

**7.1.5 Bodenschutz**

Der Schutz der Bodenqualität wird durch folgende Instrumente geregelt:

**Bodenfruchtbarkeit**

- Die **Bodenschutzgesetze** der Bundesländer Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg und Steiermark und die **Klärschlammverordnungen** aller Bundesländer legen Grenzwerte zur Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen fest und zielen auf die Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit ab. Als Besonderheit legt die **Oberösterreichische Bodengrenzwerteverordnung** fest, dass ab einem bestimmten Vorsorgewert die jährlichen Frachten über alle Eintragungspfade limitiert werden und ab einem Prüfwert (siehe Tabelle 49) festzustellen ist, ob eine Beeinträchtigung der Gesundheit vorliegt.
- Das **Forstgesetz** regelt die Erhaltung des Waldbodens und seiner Produktionskraft.



- Der **Bundes-Abfallwirtschaftsplan** (BAWP 2006) legt für den Einsatz von Bodenaushub und aus Abfall erzeugten Erden Schadstoffgrenzwerte fest.
- Die **Düngemittelverordnung** limitiert die Jahresausbringung von Schadstoffen mit mineralischen Düngemitteln. Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenschutzmittel dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn folgende Schwermetallfrachten in einem Zeitraum von zwei Jahren nicht überschritten werden:
  - Blei 600 g/ha,
  - Cadmium 10 g/ha,
  - Quecksilber 10 g/ha.
- Das **Immissionsschutzgesetz Luft** (IG-L) begrenzt den Eintrag von Blei, Cadmium und Staub.
- Das **Altlastensanierungsgesetz** (ALSAG) definiert unter anderem Höchstkonzentrationen für Blei, Cadmium und Quecksilber in Rekultivierungsschichten für Altlasten.

Tabelle 49: Vorsorgewerte, Limits für Jahreseintragsfrachten und Prüfwerte gemäß OÖ-Bodengrenzwerteverordnung.

	Vorsorgewert in mg/kg luftgetrockneter Boden	Maximal zulässige Frachten über alle Eintragspfade bei Überschreiten des Vorsorgewertes in g/ha	Prüfwert in mg/kg luftgetrockneter Boden
Blei	100	400	200
Cadmium	0,5	6	1
Quecksilber	0,5	1,5	1

### 7.1.6 ArbeitnehmerInnen- und Gesundheitsschutz

Verschiedene Bestimmungen sollen ArbeitnehmerInnen bzw. die Gesundheit der Bevölkerung schützen:

- Das Auftragen von Farben und Lacken, die einen Masseanteil von mehr als zwei Prozent Blei enthalten, ist im Spritzverfahren, ausgenommen in geschlossenen Apparaten, nicht zulässig (**Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung**). Arbeiten, bei denen Bleistaub frei wird, erfordern eine persönliche Schutzausrüstung (Bauarbeiterschutzwverordnung).
- ArbeitnehmerInnen dürfen mit Arbeiten, bei denen eine Bleiexposition am Arbeitsplatz über 0,02 mg/m<sup>3</sup> beträgt, nicht beschäftigt werden (Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für ArbeitnehmerInnen).
- Verboten sind Arbeiten, bei denen weibliche Jugendliche der Einwirkung von Blei, seinen Legierungen und Verbindungen in einem Maße ausgesetzt sind, dass Eignungsuntersuchungen und Folgeuntersuchungen nach der Verordnung über die Gesundheitsüberwachung (VGÜ) notwendig wären (Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche).
- Die Ausführung von Arbeiten mit Blei, Quecksilber und ihren Verbindungen durch HeimarbeiterInnen ist verboten (Verordnung Heimarbeit – Verwendung von gefährlichen Stoffen).

Weitere Bestimmungen, die dem ArbeitnehmerInnenschutz dienen, sind in Anhang C (Kapitel 16) angeführt.



## 7.2 Best Practise Maßnahmen aus anderen EU-Staaten und Norwegen

Seit Mitte der 1970er Jahre hat sich auf EU-Ebene ein Regelwerk aus rund 20 Richtlinien entwickelt, das auf die Verringerung der Umwelteinwirkungen und Gesundheitsauswirkungen von Blei, Cadmium und Quecksilber abzielt. Der jüngste Entwicklungsschritt ist die Einführung des REACH-Regelwerks für Chemikalien (**REACH-Verordnung**).

Hier sollen nun jene Initiativen von EU-Mitgliedsstaaten und von Norwegen dargestellt werden, die über die bestehenden EU-Regelungen hinausgehen und als Vorbilder für die weitere Entwicklung auch für Österreich gelten können. Norwegen wurde deshalb mitberücksichtigt, da es sich einerseits bezüglich von Blei, Cadmium und Quecksilber voll an den EU-Rechtsrahmen hält und es andererseits eine gewisse Vorreiterrolle auf dem Gebiet des vorsorgenden Umweltschutzes einnimmt.

Doch bevor auf die einzelstaatlichen Maßnahmen eingegangen wird, seien hier noch 2 Beispiele von Entwicklungen genannt, die sich auf EU-Ebene abzeichnen:

- Die Richtlinie 88/378/EWG über Spielzeugsicherheit wird zur Zeit überarbeitet. Für Blei und Quecksilber sollen niedrigere Grenzwerte eingeführt werden (ENDS-EUROPE-DAILY 2470).
- In den Gremien der Europäischen Union wird ein Verbot von Quecksilberexporten ab 2011 diskutiert (ENDS-EUROPE-DAILY 2546). Jedoch ist noch offen, ob davon auch Quecksilberverbindungen betroffen sein sollen. Ebenfalls vorgeschlagen wurde, in einer weiteren Phase ein Verbot von Quecksilberimporten EU-weit zu erlassen (ENDS-EUROPE-DAILY 2486).

Das Schwedische Parlament hat sich das Ziel gesetzt, dass die Umwelt frei von künstlichen oder der Umwelt entnommenen Verbindungen oder Metallen, die eine Bedrohung für die Gesundheit der Menschen oder die Biodiversität darstellen, sein muss. Als Zwischenziele wurden dazu festgelegt, dass neu produzierte Konsumgüter soweit als möglich bis 2007 frei von Quecksilber und bis 2010 frei von Cadmium und Blei sein sollen. Auch sollen diese Schwermetalle in Produktionsprozessen nicht mehr eingesetzt werden. Bereits im Umlauf befindliche Produkte, die Blei, Cadmium oder Quecksilber enthalten, müssen so gehandhabt werden, dass diese Schwermetalle nicht in die Umwelt freigesetzt werden (KEMI 2007).

Die Schwedische Regierung drängt auf ein verbindliches Verbot dieser Schwermetalle auf EU-Ebene und ermutigt bis zum Erlass eines solchen Verbots schwedische Unternehmen, freiwillig auf den Einsatz von Quecksilber, Blei und Cadmium zu verzichten<sup>8</sup>.

**Spielzeugsicherheit**

**Quecksilberex- und -importe**

**Schwedische Umweltziele**

### 7.2.1 Maßnahmen zur Verringerung der Bleibelastung

In Dänemark wurde bereits im Jahr 2000 ein Grenzwert von 100 mg/kg für Blei in Produkten eingeführt. Ausgenommen ist eine Reihe von Produkten wie Kerzen, Vorhanggewichte, Schmuck, Dachverkleidungen, Lötmaterial oder Fischereigewichte. Eine zeitliche Limitierung der Ausnahmeregelungen steht in Diskussion. So wurde mit 1. November 2007 die Ausnahme für Baumaterialien auf Baumaterialien

**Bleigrenzwert in Dänemark ...**

<sup>8</sup> Persönliche Mitteilung; Åsa Thors, Schwedische Agentur für Chemikalien (KEMI), 27.03.2008



für Kirchen und historische Gebäude eingeschränkt (ENDS-EUROPE-DAILY 2390). Für Fischereigewichte wurde vorgeschlagen, dass der Verkauf von bleihaltigen Fischereigewichten ab 2008 verboten sein soll (KEMI 2007).

**... und in Norwegen**

Auch in Norwegen gilt der Grenzwert von 100 mg/kg für Blei in Produkten. Ausgenommen sind hier Schiffskiele, Keramikglasuren, Bleibatterien und Flugbenzin. Für Künstlerfarben, Schrotmunition und Verpackungen und Elektrogeräte bestehen gesonderte Regelungen (KEMI 2007).

In Finnland ist Blei in Kerzendochten verboten (KEMI 2007).

### 7.2.2 Maßnahmen zur Verringerung der Cadmiumbelastung

Ein Umweltziel welches sich das Schwedische Parlament gesetzt hat, ist die Rückführung der Cadmiumbelastung bis 2015 auf ein Niveau, welches aus Sicht der langfristigen Gesundheit sicher ist. Die Schwedische Agentur für Chemikalien (KEMI) hat 2007 vorgeschlagen, dieses Ziel neu zu formulieren: Die Rückführung der Cadmiumbelastung bis 2015 auf ein Niveau, auf welchem die gesamte Bevölkerung, unter Berücksichtigung jener Gruppen, die gegenüber Beeinträchtigungen durch Cadmium sensitiver sind, geschützt ist. Weiters hat KEMI empfohlen, Cadmium auch in Künstlerfarben zu verbieten und darauf hinzuwirken, dass Agrarland weniger mit Cadmium belastet wird<sup>8</sup>.

**Schweden:  
Cadmiumverbote für  
best. Produkte ...**

Gegenüber dem EU-Recht hat Schweden folgende strengere Bestimmung für Cadmium in Stabilisatoren, Pigmenten und bei der Oberflächenbehandlung: In diesen Anwendungen ist Cadmium verboten. Produkte für diese Anwendungen dürfen nicht beworben und auch nicht von außerhalb der EU importiert werden<sup>8</sup>.

**... und Cadmium-  
Grenzwerte**

Seit 1990 gilt in Schweden ein Cadmium-Grenzwert von 100 g/t Phosphor in mineralischen Düngemitteln und eine Steuer von 30 Schwedenkronen (rund 3,2 €) je Gramm Cadmium, das über dem Schwellenwert von 5 g/t Phosphor im Düngemittel enthalten ist<sup>8</sup>.

Der Grenzwert von Cadmium in Klärschlamm für die landwirtschaftliche Nutzung liegt in Schweden bei 2 mg/kg Trockensubstanz<sup>8</sup>.

### 7.2.3 Maßnahmen zur Verringerung der Quecksilberbelastung

**Dänemark:  
Verkaufsverbot für  
Hg**

In Dänemark ist der Verkauf von Quecksilber verboten. Ausgenommen von diesem Verbot ist Quecksilber für Amalgamfüllungen (KOMMISSION „METHODEN UND QUALITÄTSSICHERUNG IN DER UMWELTMEDIZIN“ DES ROBERT KOCH-INSTITUTS 2007).

**Norwegen: Verbote  
bestimmter Hg-  
haltiger Produkte**

In Norwegen ist seit 1.1.2008 ein generelles Verbot von Stoffen, Zubereitungen und Artikeln, die Quecksilber in Konzentrationen über 10 mg/kg oder Quecksilberverbindungen enthalten, wirksam. Ausgenommen von diesem Verbot sind Verpackungen, Batterien, Elektrogeräte, Fahrzeugteile und Thiomersal (ein Konservierungsmittel für Impfstoffe). Erst ab dem 1.1.2011 wird der Einsatz von Zahn amalgam und von quecksilberhaltigen Lötmitteln verboten sein (NORWEGIAN MINISTRY OF THE ENVIRONMENT 2007).



Basierend auf mehreren Studien über quecksilberhaltige Produkte und ihre Alternativen (KEMI 2004, 2005a,b) ist ein generelles Quecksilberverbot auch in Schweden in Diskussion. Im Dezember 2007 hat die Schwedische Regierung die Europäische Kommission von der Absicht in Kenntnis gesetzt, dass ein solches Verbot in Vorbereitung ist. Bis Ende März 2008 ist diesbezüglich aber keine endgültige Entscheidung gefallen<sup>9</sup>.

Weitere Maßnahmen aus EU-Mitgliedsstaaten und Norwegen zur Verringerung der Schwermetalldispersion in die Umwelt sind in folgenden Detailanalysen für ausgewählte schwermetallhaltige Produkte angeführt.

---

<sup>9</sup> Persönliche Mitteilung: Petra Ekblom, Schwedische Agentur für Chemikalien (KEMI), 01.04.2008

## 8 DETAILANALYSEN ZU AUSGEWÄHLTEN STOFFSTRÖMEN

### 8.1 Cadmium in Akkumulatoren

#### 8.1.1 Cadmium-Produktion

Die weltweite Cadmium-Produktion wird vom WORLD BUREAU OF METAL STATISTICS (WBMS, 2008) für das Jahr 2004 mit rund 16.650 t angegeben, der weltweite Cadmium-Konsum in diesem Jahr beläuft sich auf etwa 17.000 t. Während die Produktion seit Beginn der 90er Jahre von rund 21.000 t auf nunmehr knapp 17.000 t verringert wurde, ist der Cadmiumkonsum innerhalb dieses Zeitraumes nahezu konstant geblieben (der Durchschnittswert von 1991 bis 2004 liegt bei etwa 18.500 t jährlich). Im Vergleich dazu sank der Anteil der Cadmiumproduktion in europäischen Ländern in den Jahren 1997 bis 2004 von etwas über 30 % (oder 6.400 t) auf knapp 13 % (oder 2.100 t) jährlich, während in asiatischen Ländern die Produktion kontinuierlich gesteigert wurde und nun einen Anteil von rund 60 % der weltweiten Cadmium-Produktion ausmacht (MORROW 2005). Die nachstehende Abbildung 18 verdeutlicht diese Verschiebung der Verhältnisse.

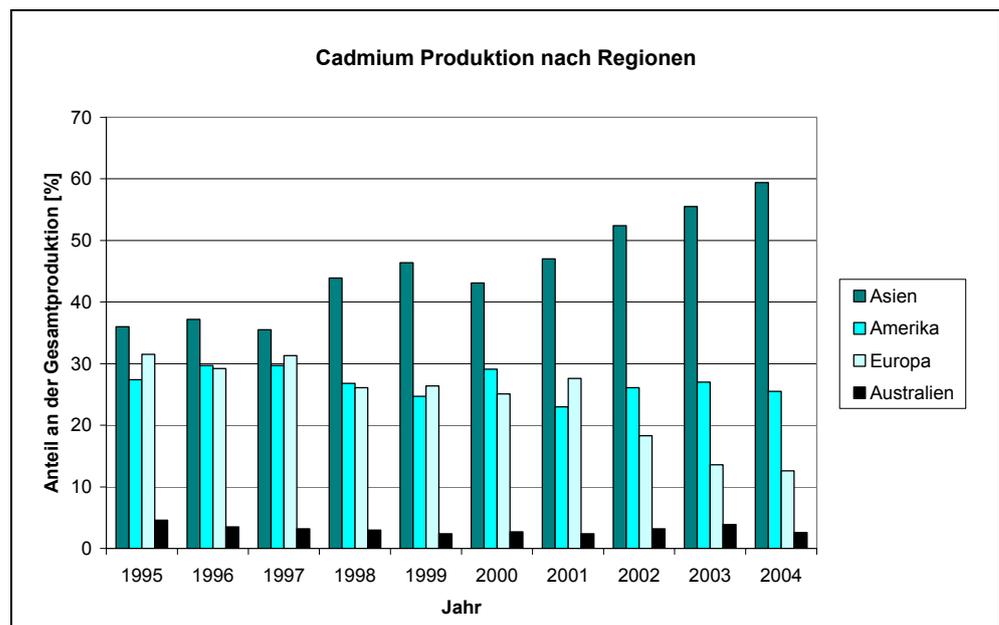


Abbildung 18: Verteilung der weltweiten Cadmium-Produktion nach Regionen in den Jahren 1995 bis 2004 (Quelle: WBMS).

#### 8.1.2 Cadmium in Gütern

Die Anwendungsgebiete von Cadmium wurden seit Anfang der 90er-Jahre durch verschiedene gesetzliche Regelungen eingeschränkt bzw. untersagt. Die EU Richtlinie 91/338/EEC vom Juni 1991 verbietet beispielsweise die Verwendung von Cadmium als Pigment, als Stabilisator in Kunststoffen oder als Beschichtungs-

werkstoff, wobei jedoch für gewisse Anwendungen Ausnahmen vorgesehen sind. In Österreich ist die Verwendung von Cadmium durch die Cadmiumverordnung 1993 geregelt, in verschiedenen europäischen Ländern bestehen ähnliche gesetzliche Bestimmungen. Die Batterienverordnung verbietet den Einsatz von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren außer für schnurlose Elektrowerkzeuge, Notsysteme und medizinische Geräte.

Aufgrund dieser legislativen Einschränkungen ist auch die Abnahme der europäischen Cadmium-Produktion (Abbildung 18) zu erklären. Dass dies vor allem auch auf den Cadmium-Konsum in Europa entsprechende Auswirkungen zeitigt, wird in der nachfolgenden Tabelle 50 deutlich.

**Abnahme der europäischen Cadmium-Produktion**

Tabelle 50: Anwendungsgebiete von Cadmium in den Jahren 1982, 1996 und 2004 in t.

Anwendungsgebiete	weltweit (1982) <sup>1)</sup>	weltweit (1996) <sup>2)</sup>	weltweit (2004) <sup>2)</sup>
<b>Batterien + Akkus</b>	<b>31</b>	<b>69</b>	<b>81</b>
Pigmente	22	13	11
Stabilisatoren	15	8	1,5
Beschichtungen	26	8	6
Legierungen	6	–	–
Sonstiges	–	2	0,5
<b>Menge [t]</b>	<b>k. A.</b>	<b>17.726</b>	<b>16.888</b>

<sup>1)</sup> Roskill Information Services Ltd., 1995

<sup>2)</sup> MORROW 2005 (IcdA...International Cadmium Association)

In den letzten Jahrzehnten hat der Anteil von Ni-Cd-Akkumulatoren und Batterien deutlich zugenommen und ist nun für mehr als 80 % des gesamten Cadmium-Konsums verantwortlich (siehe Tabelle 50). Der Anteil aller übrigen Anwendungen, allen voran der Einsatz als Stabilisator (in Kunststoffen), ist auf insgesamt etwa 20 % zurückgegangen. Dieser noch immer nennenswerte Anteil ist darauf zurückzuführen, dass Cadmium in verschiedenen Produkten bislang nicht adäquat ersetzt werden kann, weshalb in gesetzlichen Regelungen (Richtlinie 1991/338/EWG, Cadmiumverordnung 1993, ...) Ausnahmen für die Verwendung in bestimmten Gütern getroffen wurden.

**Anteil von Ni-Cd-Akkus am Cd-Konsum**

### 8.1.3 Bauarten von Ni-Cd-Akkumulatoren

Hinsichtlich der Bauart können im Wesentlichen zwei Typen von Ni-Cd-Akkumulatoren unterschieden werden:

- kleine, gasdichte Ni-Cd-Akkumulatoren (Gerätebatterien) und
- industrielle (offene) Ausführungen.

#### Ni-Cd-Gerätebatterien (gasdicht)

Gasdichte Zellen sind häufig baugleich zu handelsüblichen Batterien und können daher als Ersatz für diese so genannten Primärzellen verwendet werden. Es gibt sie als Rund- oder Knopfzellen oder in prismatischer Form.

Die Hauptanwendungsgebiete sind elektronische Geräte wie Schnurlostelefone, Elektrowerkzeuge (Powertools), Fotoapparate, Spielzeug, Mobiltelefone und eine Vielzahl weiterer elektronischer Geräte. Sie werden des Weiteren auch in Computersystemen, Kommunikationssystemen oder Notbeleuchtungssystemen als Notstromversorgung eingesetzt. Gasdichte Zellen sind wartungsfrei und können bis zu 2.000 Mal wieder aufgeladen werden (Quelle: [www.cadmium.org](http://www.cadmium.org)).

### **Industrielle Ni-Cd-Akkumulatoren**

Diese für industrielle Zwecke verwendeten Akkumulatoren sind offen in prismatischer Bauform konstruiert. Am Boden eines korrosionsbeständigen Kunststoffgehäuses (aus Polystyrol oder Polypropylen) sind die Elektroden als Taschen-, Sinter- oder Faserstrukturplatten angeordnet. Der Zellendeckel gewährleistet einerseits das Entweichen des Gases beim Laden/Entladen und verhindert andererseits den Zutritt von Kohlenmonoxid bzw. -dioxid, welches den Elektrolyten schädigen würde.

Das Anwendungsspektrum umfasst unter anderem die Verwendung als Starterbatterien, unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) und Notstromversorgung, Alarmsysteme, Notbeleuchtungen, Speicherung von Solarenergie, oder zur Stromversorgung von Luftfahrzeugen. Das Nachfüllen destillierten Wassers ist erst nach langer Einsatzdauer notwendig, so dass auch diese Akkumulatoren als nahezu wartungsfrei bezeichnet werden können ([www.hoppecke.com](http://www.hoppecke.com)).

#### **8.1.4 Einsatz von Ni-Cd-Akkumulatoren**

Die Einsatzgebiete von Ni-Cd-Akkumulatoren sind, wie in Kapitel 8.1.3 bereits beschrieben, vielfältig und reichen von der Verwendung in elektrischen/elektronischen Werkzeugen, Mobiltelefonen, Foto- und Videokameras und anderen elektronischen Geräten bis hin zu industriellen Anwendungen.

In Abbildung 19 ist die Verteilung auf die Hauptanwendungsgebiete tragbarer Ni-Cd-Zellen dargestellt.

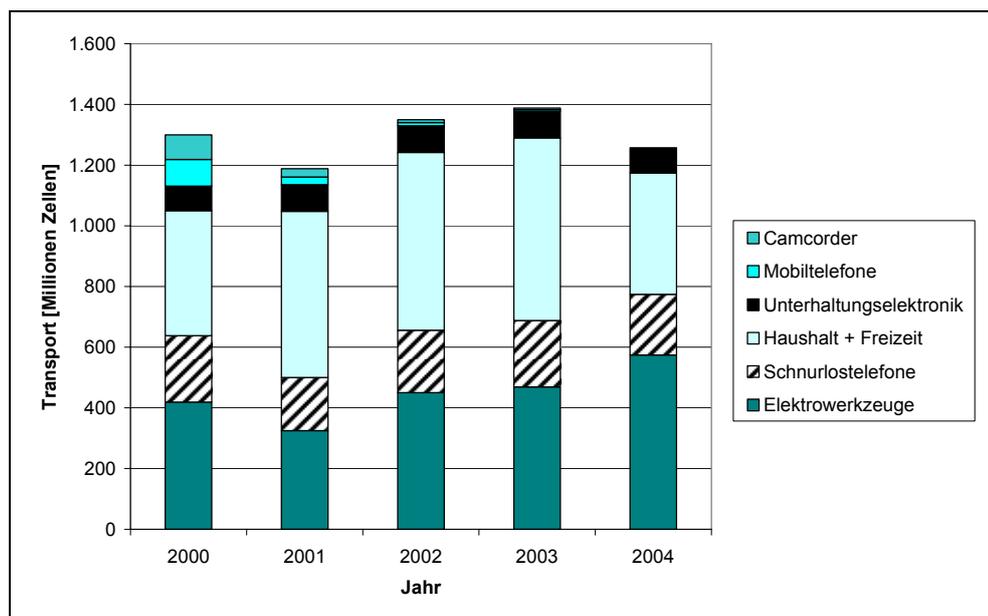


Abbildung 19: Verteilung von Ni-Cd-Akkumulatoren nach Hauptanwendungsgebieten (weltweit) – nach TAKESHITA (2003, 2004, 2005) in MORROW (2005).

Weltweit sind Elektrowerkzeuge, Schnurlostelefone und Haushaltselektronik die wichtigsten Einsatzgebiete für Ni-Cd-Akkumulatoren. Dies liegt vor allem in deren für diese Geräte hervorstechenden Eigenschaften (Robustheit, schnelle Ladefähigkeit und gute Entladefähigkeit vor allem bei tiefen Temperaturen) begründet. Demgegenüber wurden Ni-Cd-Akkus in Anwendungen wie Mobiltelefonen, Camcordern und Notebooks zuerst durch Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (NiMH) und später durch Lithium-Ionen(Polymer)-Akkumulatoren (Li-Ion) ersetzt. Für solche Anwendungszwecke sind vor allem die Energiedichte und die Entladungsdauer der Batterie von Bedeutung. Die höheren Kosten von NiMH oder Li-Ionen(Polymer)-Akkumulatoren spielen in diesen Fällen vor allem im Verhältnis zum Gesamtpreis solcher Elektronikgeräte eine untergeordnete Rolle und werden daher bevorzugt verwendet.

### 8.1.5 Ni-Cd-Akkumulatoren in Österreich

#### 8.1.5.1 Außenhandel

Die Handelsbilanz für das Jahr 2005 (STATISTIK AUSTRIA, 2006) weist bezüglich des Imports bzw. Exports von Ni-Cd-Akkumulatoren folgende Mengen aus:

Tabelle 51: Importe und Exporte von Ni-Cd-Akkumulatoren in/aus Österreich im Jahr 2005 (Quelle: STATISTIK AUSTRIA, 2006).

	Import [Stk.]	Export [Stk.]
Ni-Cd-Akkumulatoren f. zivile Luftfahrzeuge	1.114	37
Ni-Cd-Akkumulatoren, gasdicht	2.315.579	714.865
Ni-Cd-Akkumulatoren f. Antrieb v. Fahrzeuge (Zellen)	462.905	67.009
andere Ni-Cd-Akkumulatoren (Zellen)	237.645	132.670
<b>Gesamtmassen [t]</b>	<b>516</b>	<b>132</b>

Das ergibt einen Importüberhang von rund 2,1 Mio. Ni-Cd-Zellen bzw. Akkumulatoren (etwa 384 t), der bei weitem größte Anteil entfällt dabei auf gasdichte Bauarten, also Knopf- oder Rundzellen (Gerätebatterien).

Eine (nennenswerte) Produktion von Ni-Cd-Akkumulatoren bzw. Batterien besteht in Österreich nicht, die Differenz aus der Handelsbilanz entspricht somit dem Konsum in privaten Haushalten sowie in Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben.

### 8.1.5.2 Konsum

#### Verbrauchs-, Sammel- und Recyclingmengen von Ni-Cd-Akkus

In einer Studie (BIO INTELLIGENCE SERVICE 2003) werden Verbrauchs-, Sammel- und Recyclingmengen bzw. –raten für verschiedene europäische Staaten sowie die EU-15 + die Schweiz und Norwegen für die Jahre 2001 bzw. 2002 abgeschätzt. Dabei erfolgt eine Unterscheidung zwischen kleinen, tragbaren Ni-Cd-Akkumulatoren (< 1 kg Masse) und solchen für industrielle Anwendungen. Für Österreich werden die in Tabelle 52 dargestellten Zahlen angegeben, der Verbrauch (Konsum in Haushalten und Industrie/Gewerbe) an Akkumulatoren entspricht in diesem Fall nahezu den Verkaufszahlen.

Tabelle 52: Verkauf (Verbrauch) von Ni-Cd-Akkumulatoren in Österreich im Jahr 2001  
(Quelle: TRAR, Risk Assessment Target Report, in Bio Intelligence Service, 2003).

Mengen in t/a	Österreich	
	Verbrauch	Sammlung
Ni-Cd-Akkus, klein	247	84
Ni-Cd-Akkus, industriell <sup>1)</sup>	144	134
Ni-Cd-Akkus, gesamt	391	218

<sup>1)</sup> Verbrauchsmengen industrieller Ni-Cd-Akkus für 1999

Die zweite Möglichkeit einer Abschätzung des Konsums zeigt nachfolgende Tabelle 53 in Form der Mengen von in Verkehr gebrachten und gesammelten tragbaren Ni-Cd-Akkus/Batterien für die Jahre 2001 bis 2007 in Deutschland (STIFTUNG GEMEINSAMES RÜCKNAHMESYSTEM BATTERIEN, 2008).

Tabelle 53: In Verkehr gebrachte Mengen und Sammelmengen von Ni-Cd-Akkus in Deutschland 2001–2007 (Quelle: STIFTUNG GEMEINSAMES RÜCKNAHMESYSTEM BATTERIEN, 2008).

	2001 <sup>1)</sup>	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>in Verkehr gebrachte Mengen</b>	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Ni-Cd-Akkus/Batterien	1.600	1.591	1.965	2.027	1.830	1.882	1.253
Anteil in Sekundärbatterien	37,5 %	33,6 %	35,6 %	32,2 %	26,0 %	25,1 %	17,6 %
<b>Sammelmengen</b>	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Ni-Cd-Akkus/Batterien	900	992	1.082	984	896	895	974
Anteil in Sekundärbatterien	55,0 %	54,1 %	51,9 %	44,8 %	42,8 %	43,6 %	40,9 %

<sup>1)</sup> anhand der Mengen aus den Folgejahren extrapoliert

Aus Tabelle 53 ist ersichtlich, dass der Anteil von Ni-Cd-Batterien/Akkus an Sekundärbatteriesystemen sowohl im Hinblick auf die verkauften als auch gesammelten Mengen deutlich zurückgeht.

Überträgt man dieses Mengen bzw. ein entsprechendes Konsumverhalten auf Österreich, so entspräche die in Verkehr gebrachte Menge bei rund 1/10 der Bevölkerungszahl für das Jahr 2005 etwa 180 t an Ni-Cd-Batterien/Akkus (Konsumbatterien).

Für die weitere Bilanzierung wird diese Abschätzung herangezogen, da sie auf mehrjährigen und vor allem aktuelleren Werten beruht. Mit den zugrunde liegenden Zahlen der Außenhandelsstatistik (Importüberschuss etwa 384 t – vgl. Tabelle 51) und der Annahme durchschnittlicher Massen je Zelle gelangt man zu **rund 185 t Ni-Cd-Akkumulatoren (gasdicht) als Konsumbatterien und etwa 200 t für industrielle Zwecke**, welche im Jahr 2005 in Verkehr gebracht wurden.

### 8.1.5.3 Abfallwirtschaft

Die Lebensdauer von Ni-Cd-Akkumulatoren beträgt im Durchschnitt etwa 5 Jahre (Konsumbatterien) bis 8 Jahre (industrielle Batterien) (BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2003). Ein erheblicher Anteil, aller wieder aufladbaren tragbaren Akkus, die in den Gebrauch gelangen, verbleibt im Konsum (wird gehortet oder ist in Geräten implementiert), so dass dieser Anteil erst nach längerer Zeit zu Abfall wird oder einer Sammlung erst gar nicht direkt zugänglich ist.

#### Tragbare Ni-Cd-Akkus/Batterien

Etwa 50–60 % (BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2003), das entspricht etwa 90–110 t der jährlich in Haushalten verwendeten Ni-Cd-Akkus, verbleibt im Konsum, der übrige Anteil wird entweder getrennt gesammelt oder landet im Restmüll.

Die Sammelmengen für Deutschland in Tabelle 53 variieren zwischen 900 und rund 1.100 t/a. Mit denselben Annahmen wie für den Konsum ergibt sich umgelegt auf österreichische Verhältnisse eine Menge aus privaten Haushalten von rund 90 t für das Jahr 2005.

Dies deckt sich gut mit den Angaben im BAWP 2006, wonach über das Umweltforum Batterien im Jahre 2004 80,6 t Ni-Cd-Akkus gesammelt wurden, sowie mit den Sammelmengen laut BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003) für das Jahr 2001 (siehe Tabelle 52).

KÖNIG (2006) gibt für die rund 1.300 t unsortiert gesammelten Batterien aus Haushalten (SN 35338) einen Anteil an Ni-Cd-Akkus/Batterien von etwa 10 % an, was eine Sammelmenge von etwa 130 t ergeben würde.

Ein mittlerer Wert von etwa **100 t Ni-Cd-Akkus/Batterien aus privaten Haushalten** erscheint demnach plausibel.

Anhand der Mengen in der getrennten Batteriesammlung sowie Abschätzungen der im Konsumlager verbleibenden Mengen geben UMWELTBUNDESAMT (2005b) rund 35 t an, welche in Österreich über den Restmüll entsorgt werden.

Die Bilanzierung der tatsächlichen Abfallmengen erscheint aber in sofern schwierig, als aufgrund der Lebensdauer von einigen (im Durchschnitt fünf) Jahren Konsum- und Sammelmengen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden können.

Damit ist auch die Angabe einer Sammelrate nur näherungsweise möglich. In Tabelle 54 werden die Sammelraten aufgrund der oben getroffenen Annahmen grob abgeschätzt.

Tabelle 54: Konsum-, Abfall- und Sammelmengen und daraus berechnete Sammelraten von tragbaren Ni-Cd-Akkus/Batterien für Österreich (eigene Abschätzung).

Konsum	Lager <sup>1)</sup>	Abfall	Sammelmenge		Sammelrate
			getrennt	Restmüll	
[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[ %]
235–270	118–135	118–135	100	18–35	74–85

<sup>1)</sup> Anteil gehorteter (nicht für die Sammlung verfügbarer) Batterien/Akkus: 50 %  
(BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2003)

Für die Abschätzung der Sammelrate wurde angenommen, dass jene oben angeführten 35 t Ni-Cd-Akkus im Restmüll eine Obergrenze darstellen. Somit ergeben sich **Sammelraten im Bereich zwischen 75 und 85 %** der in die Abfallwirtschaft gelangenden (für die Sammlung verfügbaren) Ni-Cd-Akkus/Batterien. Der Rest wird in Haushalten gehortet oder ist in verschiedensten Geräten eingebaut und somit für eine getrennte Sammlung ebenfalls nicht zugänglich. In Bezug auf die gesamte in Verkehr gebrachte Menge an Ni-Cd-Akkus beträgt der durch die Batteriesammlung erfasste Anteil etwa 35–40 %.

### Industrielle Ni-Cd-Akkus/Batterien

BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003) geben für das Jahr 2001 eine Sammelmenge von **134 t an industriellen Ni-Cd-Akkumulatoren** an. Zusammen mit den angenommenen 100 t aus privaten Haushalten ergibt sich ein **Gesamtstrom von 234 t Ni-Cd-Akkus für das Jahr 2005**, welcher etwa der im BAWP 2001 angegebenen Menge von rund 230 t Ni-Cd-Akkus/Batterien (SN 35323) entspricht<sup>10</sup>.

Eine genaue Ermittlung der industriell/gewerblichen Abfallmengen ist erfahrungsgemäß schwierig. Da sich jedoch der gesamte Abfallstrom aus IGD aus den Teilströmen der einzelnen Behandlungsschienen ergibt (vgl. Kapitel Output-Ströme aus „Sammlung, Transport und mechanische Sortierung“), wird nicht weiter darauf eingegangen, sondern mit der **Gesamtmenge von 230 t** gerechnet.

#### 8.1.5.4 Lager an Ni-Cd-Akkus/Batterien

Tabelle 53 zeigt, dass die Sammelmengen geringer schwanken als die Menge in Verkehr gebrachter Ni-Cd-Akkus/Batterien. Geht man davon aus, dass in Zukunft die Konsummengen aufgrund alternativer Technologien (vgl. Abbildung 19) in stärkerem Maße abnehmen, so ist damit zu rechnen, dass in privaten Haushalten längerfristig auch der Bestand an Ni-Cd-Akkumulatoren abnimmt.

Für industrielle Anwendungen von Ni-Cd-Akkumulatoren sind derartige Aussagen schwieriger zu treffen, da in Bezug auf Akkumulatoren für bestimmte industrielle Zwecke oder auch medizinische Geräte in der Cadmiumverordnung 1993 Aus-

<sup>10</sup> Der BAWP 2006 gibt ein Aufkommen von 410 t Ni-Cd Akkus (SN 35323) an.

nahmebestimmungen bestehen. Aus der Differenz der insgesamt erfassten 230 t an Ni-Cd-Akkus und jener aus Haushalten errechnet sich eine Sammelmenge aus Industrie und Gewerbe von knapp 135 t. Diese ist um 60–70 t geringer als der jährliche Input in den Prozessen Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen. Auf einen entsprechenden Zuwachs kann daraus aber nicht geschlossen werden, da jene Menge an Ni-Cd-Akkus, die in Fertigprodukten exportiert wird, nicht getrennt erfasst wird.

#### 8.1.5.5 Cadmiumfracht in Ni-Cd-Akkus/Batterien

Der Cadmiumgehalt von Akkumulatoren für elektrische/elektronische Geräte (Konsumbatterien) wurde mit rund 15 %, jener von „industriellen“ Bauarten mit durchschnittlich 7 % angenommen (zu den Abschätzungen hinsichtlich der Cadmiumfrachten siehe die Berechnungstabellen in der beiliegenden Datei: „NiCd Akkus.xls“). Damit gelangt mit den oben angeführten rund 385 t Akkumulatoren eine **Cadmiumfracht von etwa 41 t in den Konsum** (Private Haushalte sowie Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen). Dies entspricht nahezu einem Viertel des gesamten jährlichen Cadmiumumsatzes in Österreich (vgl. Abbildung 12). In die **Abfallwirtschaft** gelangt insgesamt eine **Cadmiumfracht von etwa 28 t über Ni-Cd-Akkus/Batterien**.

#### 8.1.6 Empfehlungen für Ni-Cd-Akkus/Batterien

Durch das Verbot der Nutzung von Ni-Cd-Akkumulatoren in der Batterienverordnung ist die Anwendung in schnurlosen Elektrowerkzeugen (Powertools) nicht betroffen. Die meisten anderen gängigen Anwendungen aber sehr wohl. Damit ist zu erwarten, dass sich der Umsatz an Ni-Cd-Akkumulatoren in etwa halbieren wird (siehe Abbildung 19). Da somit auch nach wirksam werden der Batterienverordnung größere Frachten an Cadmium in Ni-Cd-Akkumulatoren in Umlauf sein werden, sind folgende Maßnahmen zu empfehlen:

- Forcierung alternativer Technologien wie NiMH- oder Li-Polymer Akkus,
- Hinwirken auf ein EU-weites Verbot des Einsatzes von Ni-Cd-Akkumulatoren auch für schnurlose Elektrowerkzeuge und
- Information und Bewusstseinsbildung zur Verringerung des Konsum-Anteils von Ni-Cd-Akkus und zur Erhöhung jenes Anteils an Ni-Cd-Akkus, der durch die getrennte Sammlung erfasst wird.

## 8.2 Cadmium, Blei und Quecksilber in Kunststoffen

### 8.2.1 Flüsse und Lager von Kunststoffen

In Österreich wurden im Jahr 2004 ungefähr **1,3 Mio. t an Kunststoffprodukten konsumiert, wovon 760.000 t importiert** wurden (STATISTIK AUSTRIA 2005 in BOGUČKA & BRUNNER, 2007). Die Kunststoffflüsse und -lager in Österreich sind in Abbildung 20 dargestellt. Demnach besteht ein Konsumlager an Kunststoffen von 11 Mio. t. In der Deponie befindet sich ein Lager von 15 Mio. t Kunststoffen. Der Großteil der konsumierten Kunststoffe wird als Verpackung oder im Baugewerbe

eingesetzt (siehe Tabelle 55). Für Verpackungen wird hauptsächlich Polyethylen verwendet, das knapp 30 % der verschiedenen eingesetzten Kunststoffe ausmacht. PVC, das einen Anteil von ca. 12 % an den gesamten Kunststoffen hat, wird vor allem im Baugewerbe, z. B. in Rohren oder Fensterprofilen verwendet. Die Einsatzgebiete und die entsprechenden Anteile der verschiedenen Polymere sind in Tabelle 56 und Tabelle 57 dargestellt.

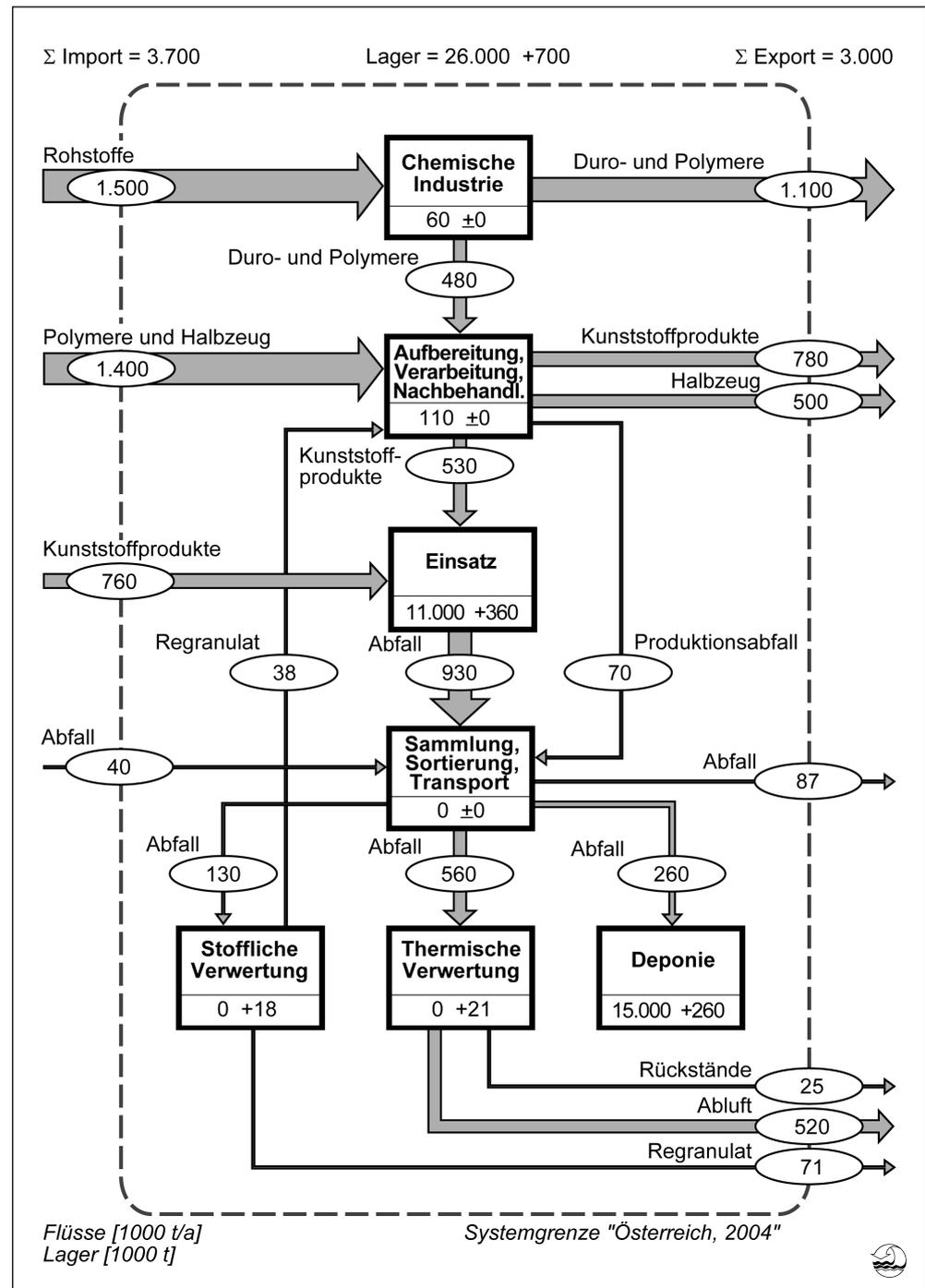


Abbildung 20: Kunststoffflüsse und Kunststofflager in Österreich 2004 (in kt bzw. kt/a) (BOGUČKA & BRUNNER 2007).

Tabelle 55: Anwendungsbereiche von Kunststoffen (CONSULTIC 2004, HUTTERER et al. 2000 in BOGUCA & BRUNNER 2007).

Anwendung	Anteil an den Verwendungsbereichen [ %]
Verpackungen	20,6
Baugewerbe	20,6
Automobilindustrie	5,6
Elektrische Anwendungen	6,6
Haushaltsgüter	4,2
Möbel	6,3
Landwirtschaft	2,4
Medizin. Anwendungen	0,6
„Nicht-Kunststoff“ Anwendungen (z. B. Lacke, Fasern)	20,6
Sonstige	12,4

Tabelle 56: Anteil verschiedener Polymere am Verbrauch (PLASTIC EUROPE 2004 in BOGUCA & BRUNNER 2007).

Polymer	Anteil am Verbrauch [ %]
„Low density“ Polyethylen (LDPE)	16,5
„High density“ Polyethylen (HDPE)	11,1
Polypropylen (PP)	16,1
Polystyren + „Expanded“ Polystyren (PS + EPS)	6,4
Polyvinylchlorid (PVC)	12
Polyethylenterephthalat (PET)	7,8
Polyamid (PA)	2,7
Polymethylmethacrylat (PMMA)	0,7
Polyurethan (PUR)	5,5
Sonstige	21,2

Tabelle 57: Anwendungsgebiete verschiedener Polymere (GUA 2005 in BOGUCA & BRUNNER 2007).

Anwendung	Polymer
Verpackungen	LDPE, HDPE, PP, PET, PVC, PS, EPS
Baugewerbe (exkl. Rohre)	PVC, EPS, PUR
Rohre	HDPE, PP, PVC, PE, ABS/SAN
Elektrisch/Elektronische Anwendungen	PP, PVC, HIPS, ABS/SAN, PUR
Automobilindustrie	HDPE, PP, PMMA, PA, ABS/SAN, PUR, PVC
Haushaltsgüter	HDPE, PP
Möbel	PP, PUR, PVC
Medizinische Anwendungen	PP, PVC

Abkürzungen siehe Tabelle 56, bzw:

ABS/SAN = Acrylnitril/Butadien/Styrol

HIPS = Polystyrol, hoch schlagzäh

PUR = Polyurethan

### 8.2.2 Abfallwirtschaft

Im Jahr 2004 fielen etwa **1 Mio. t Kunststoff- und Gummiabfälle** an. Davon wurden **ca. 100.000 t stofflich verwertet**. Die Mehrheit des produzierten Regranulates wird aus Österreich exportiert. Rund 50 % der Kunststoffabfälle werden in Müllverbrennungsanlagen sowie in industriellen Mitverbrennungsanlagen (z. B. in der Zementindustrie) thermisch genutzt. 260.000 t Kunststoff- und Gummiabfälle wurden deponiert (BOGUCA & BRUNNER 2007).

### 8.2.3 Additive

Additive werden Kunststoffen zur Verbesserung der chemischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften, bzw. um bestimmte Materialeigenschaften auf die Bedürfnisse der jeweiligen Anwendung anzupassen, zugesetzt. Im Durchschnitt enthalten Kunststoffe zwischen 7 % und 10 % Additive, wobei den höchsten Anteil PVC mit ca. 17 % Additiven aufweist (siehe Tabelle 58). In Abbildung 21 sind die Flüsse und Lager an Additiven in Österreich dargestellt. Demnach werden in Österreich rund 100.000 t Additive konsumiert (BOGUCA UND BRUNNER, 2007). Ca. 10 % der Additive in Abfällen gelangen ins Recycling, wobei ein geringer Anteil der Additive aus dem Recycling ausgeschleust und deponiert wird.

*Tabelle 58: Anteil an Additiven in verschiedenen Kunststoffen (ÖKI, 1996 in BOGUCA UND BRUNNER, 2007).*

Kunststoff	Anteil an Additiven [ %]
„Low density“ Polyethylen (LDPE)	2,4
„High density“ Polyethylen (HDPE)	2,4
Polypropylen (PP)	6
Polyvinylchlorid (PVC)	17
Polystyren + „Expanded“ Polystyren (PS + EPS)	8
Polyethylenterephthalat (PET), UP	5
Sonstige	11

*Abkürzungen siehe Tabelle 56 bzw: UP = ungesättigtes Polyesterharz*

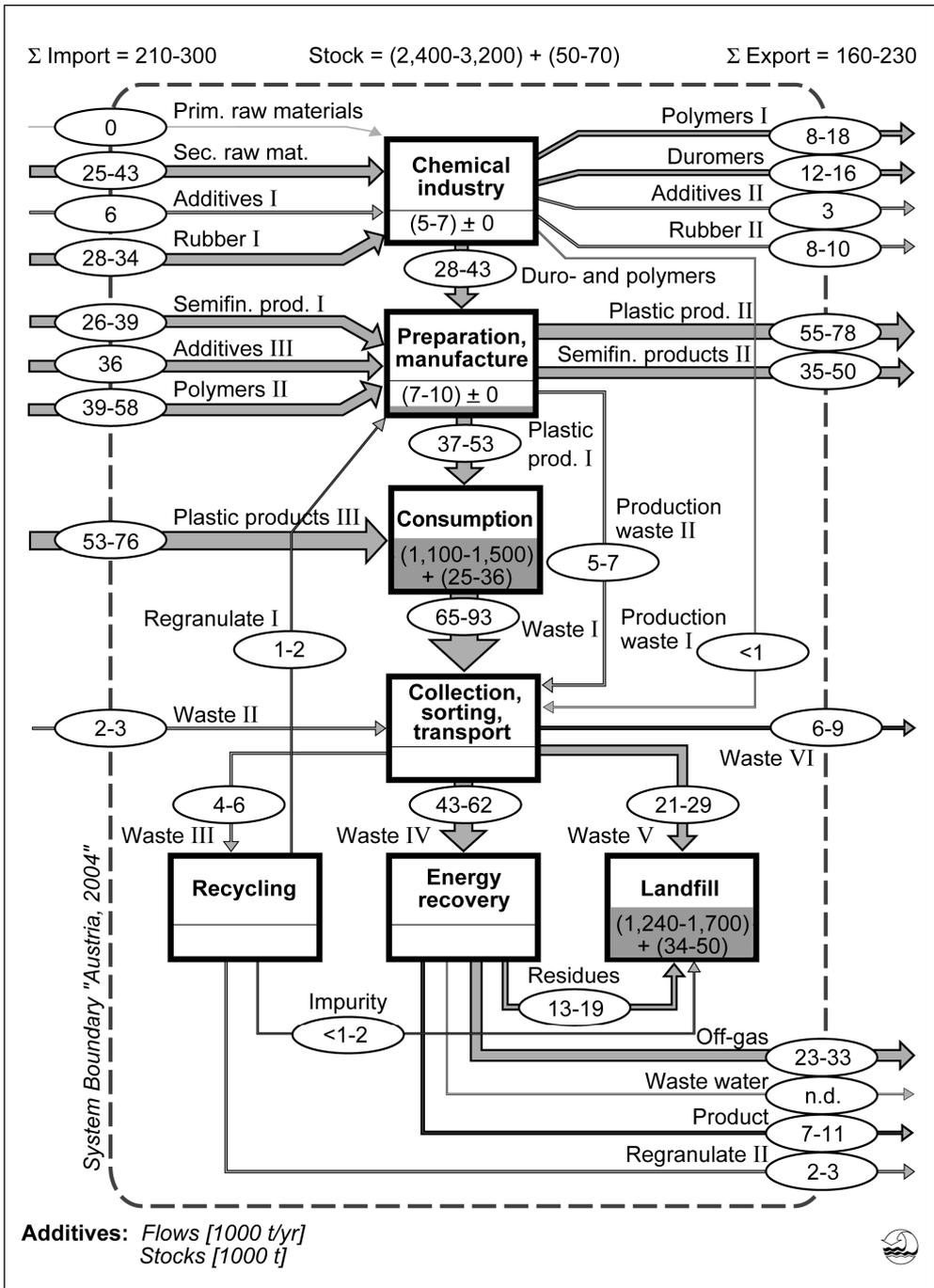


Abbildung 21: Flüsse und Lager von Kunststoffadditiven in Österreich 2004 (in kt bzw. kt/a) (BOGUČKA & BRUNNER 2007).

### 8.2.4 Cadmium und Blei in Kunststoffen

Cadmium und Blei werden als Pigment und Stabilisator in Kunststoffen eingesetzt. Über den Einsatz von Quecksilber in Kunststoffen konnten keine Informationen gefunden werden. Heute dürfen Kunststofffertigwaren nur mehr in Verkehr gesetzt werden, wenn der Cadmiumgehalt 0,01 % nicht übersteigt (Cadmiumverordnung 1993). Blei wird zur Stabilisierung von PVC noch immer eingesetzt.

### **Pigmente**

Bis 1980 waren Cadmium-Pigmente das wichtigste Einsatzgebiet dieses Schwermetalls. Davon wurden lange Zeit über 90 % in Kunststoffen verwendet. Mit zunehmenden Erkenntnissen über die toxikologischen Wirkungen von Cadmium und den daraus folgenden Anwendungsbeschränkungen verringerte sich der Cadmium-Verbrauch seit den 70er Jahren kontinuierlich (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2003). Seit 1994 darf Cadmium weder als Pigment noch als Stabilisator in Kunststoffen enthalten sein (Cadmiumverordnung 1993).

Blei-Pigmente dürfen nicht zum Einfärben von Kunststoffen, die in Kontakt mit Lebensmitteln stehen, für Innenlackierungen und für Kinderspielzeuge verwendet werden. Für PVC-Produkte mit überwiegend langer Lebensdauer wie Fensterprofile, Rohre, Kabel etc. werden häufig Bleichromate als Pigmente verwendet (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2003). Es gibt jedoch Bestrebungen, Bleipigmente in PVC zu substituieren.

### **Stabilisatoren**

Durch den Zusatz von Stabilisatoren in Kunststoffen wird deren Zersetzung durch Temperatur, Sauerstoff und Licht vermieden. Blei- und cadmiumhaltige Stabilisatoren werden ausschließlich zur Stabilisierung von PVC eingesetzt. Neben Pigmenten waren Stabilisatoren bis 1980 das wichtigste Einsatzgebiet von Cadmium. Aufgrund der toxikologischen Wirkungen von Cadmium sank der Einsatz als Stabilisator ebenso wie der als Pigment seit den 70er Jahren ab (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2003) und ist seit 1994 in Österreich verboten (Cadmiumverordnung 1993). Substituiert wurden Cadmium-Stabilisatoren im Wesentlichen durch Blei-Stabilisatoren. Diese erfordern jedoch höhere Mengen an Blei, um die gleichen Anforderungen an Produkte erfüllen zu können. Aufgrund fehlender Langzeit-Bewitterungstests werden andere Stabilisierungssysteme als Blei-Systeme derzeit nur in geringem Ausmaß eingesetzt, z. B. in Lebensmittelanwendungen. Dazu gehören Kalzium/Zink-, Barium/Zink-, Zinn- oder organische Stabilisatoren. In der EU inklusive Norwegen und Schweiz wurden im Jahr 2000 rund 54.000 t Blei in Stabilisatoren verbraucht. Darauf basierend kann der österreichische Verbrauch auf knapp 1.000 t geschätzt werden. Trotz der Substitution von Cadmium-Stabilisatoren hat sich der Verbrauch seit 1997 nicht verändert. Dies kann einerseits durch den Einsatz anderer Systeme (z. B. in Fensterprofilen und Rohren) und andererseits durch die Verringerung der spezifischen Bleimengen in Blei-Stabilisatoren erklärt werden. Im Oktober 2001 haben die europäischen PVC Hersteller einen vollständigen Verzicht auf bleihaltige Stabilisatoren bis 2015 erklärt (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2003).

### **Flüsse und Lager**

Der Cadmium- und Bleigehalt in Kunststoffen ist in Tabelle 59 und Tabelle 60 dargestellt. Die Konzentrationen der „alten“ Kunststoffe wurden für Abfälle und Lagerberechnungen verwendet. Für die Abschätzung der Konsumflüsse, der Importe und Exporte in den Systembildern (siehe Kapitel 4 bzw. Kapitel 5) gelten die Blei- und Cadmiumgehalte der „neuen“ Kunststoffe.

Tabelle 59: Cadmiumgehalt in „alten“ Kunststoffen.

„Alte“ Kunststoffe (bis 2001)	[mg/kg]			Quelle
	von	bis	MW	
<b>„Altes PVC“</b>				
PVC (Stabilisatoren)	1.000	2.000	1.500	1)
PVC (Pigmente)	1.000	3.000	2.000	2)
PVC	50	3.750	1.900	3)
Annahme „altes PVC“	1.000	3.000	2.000	
<b>„Alte Sonstige Kunststoffe“</b>				
Nicht-Verpackungen	1,3	50	26	4)
Verpackungen	0,5	21	11	4)
<b>„Kunststoffmix“</b>	<b>121</b>	<b>399</b>	<b>260</b>	5)

1) (BÄTCHER 1992) in (LAUBER 1993)

2) (LAUBER 1994)

3) ([www.cadmium.org](http://www.cadmium.org))

4) div. Autoren in (BOGUCA & BRUNNER 2007)

5) eigene Berechnung

Tabelle 60: Bleigealt in „alten“ und „neuen“ Kunststoffen.

„Alte“ Kunststoffe (bis 2001)	[mg/kg]			Quelle
	von	bis	MW	
<b>„Altes PVC“</b>	<b>3.167</b>	<b>9.501</b>	<b>6.334</b>	1)
<b>„Alte Sonstige Kunststoffe“</b>				
Nicht-Verpackungen	28	92	60	2)
Verpackungen	51	219	135	2)
<b>„Kunststoffmix“</b>	<b>409</b>	<b>1.247</b>	<b>828</b>	
„Neue“ Kunststoffe	[mg/kg]			Quelle
„Neues PVC“	3.506	4.095	3.801	3)
<b>„Kunststoffmix“</b>	<b>422</b>	<b>493</b>	<b>458</b>	3)

1) (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2003)

2) div. Autoren in (BOGUCA & BRUNNER 2007)

3) eigene Berechnung

Obwohl in vereinzelt neuen Kunststoffprodukten Cadmium nachgewiesen wurde (CLEEN 2001), wird aufgrund mangelnder Daten angenommen, dass kein Cadmium in neuen Kunststoffen mehr enthalten ist. Die Konzentration von Blei in neuen Kunststoffen dürfte geringer sein als in alten – aufgrund der Annahme, dass in Fensterprofilen und Rohren zum Teil andere Stabilisatoren eingesetzt werden. Das Konsumlager wurde, basierend auf Daten von LAUBER (1993), berechnet. Die Konsum- und Abfallflüsse und das Konsumlager von Cadmium und Blei in Kunststoffen sind in Tabelle 61 zusammengefasst.

Tabelle 61: Flüsse und Lager von Cadmium und Blei in Kunststoffen (eigene Berechnungen).

Flüsse	Blei [kg/Jahr]	Cadmium [kg/Jahr]
<b>Konsumfrachten</b>		
Industrie, Gewerbe, Dienstleistung (IGD)	412.364	0
Private Haushalte (PHH)	147.273	0
Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (BLF)	29.455	0
<b>Abfallfrachten</b>	<b>620.000</b>	<b>30.000</b>
<b>Lager</b>	<b>Blei [t]</b>	<b>Cadmium [t]</b>
<b>Konsumlager (in Kunststoffen)</b>	<b>1.300</b>	<b>125</b>

### 8.2.5 Empfehlungen

Aufgrund der Restbestände an Cadmium und Blei im Lager werden in den nächsten Jahren trotz Anwendungsbeschränkungen diese beiden Schwermetalle noch in Kunststoffen in die Abfallwirtschaft gelangen. Blei wird nach wie vor als Stabilisator in PVC eingesetzt. Da erhebliche Mengen an Schwermetallen in Kunststoffabfällen vor allem in PVC enthalten sind, sollten, um ein Schadstoffrecycling zu vermeiden, nur solche Kunststoffe recycelt werden, die keine Schwermetalle enthalten.

#### **Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie**

Der Einsatz schwermetallhaltiger Kunststoffe als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie führt zu einer Erhöhung der Schwermetallgehalte im Klinker (BOGUČKA & BRUNNER 2007). Die Richtlinie für Ersatzbrennstoffe gibt Grenzwerte für Schwermetalle in Ersatzbrennstoffen an. Diese liegen für Blei und Cadmium weit über den Gehalten, wie sie in primären Energieträgern zu finden sind. Es bleibt zu untersuchen, ob langfristig Nachteile durch die Verteilung von Schwermetallen im Beton entstehen können.

### 8.3 Blei in Rohren

Wasserleitungen aus Blei können zu Bleikontamination des Trinkwassers führen. Das Lösen von Blei im Wasser wird durch sinkenden pH-Wert und Stagnation des Wassers in den Leitungen begünstigt. Der Grenzwert für Blei im Trinkwasser liegt seit 2003 bei 0,025 mg/l (Trinkwasserverordnung). Ab Dezember 2013 wird dieser Grenzwert auf 0,01 mg/l gesenkt.

#### **Wasserleitungen aus Blei bis 1938**

Bleirohre wurden für Wasserleitungen fast ausschließlich bis 1938 eingesetzt. Bis in die 60er Jahre wurde Blei als Rohrleitungsmaterial nur noch in Abwasserleitungen verwendet. Aufgrund toxikologischer Bedenken wurden Hausanschlussleitungen aus Blei bis zum Wasserzähler in Gebäuden laut Angaben des ÖVGW<sup>11</sup> innerhalb der letzten Jahre ersetzt. In Wien wurde beispielsweise im Jahr 1987 ein verstärktes Austauschprogramm gestartet, und bis Ende 2007 wurden von ca. 30.000 bestehenden Anschlussleitungen aus Blei bis auf 180 alle Bleirohre ersetzt<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> persönliche Mitteilung: DI Riha, Österreichische Vereinigung für das Gas und Wasserfach, 2008

<sup>12</sup> persönliche Mitteilung: Wiener Wasserwerke, 2008

Hausinstallationen in Gebäuden obliegen dem Verantwortungsbereich der Hauseigentümer. Deshalb ist anzunehmen, dass ein beträchtlicher Anteil von Innenleitungen in Gebäuden, die älter als 70 Jahre sind, noch aus Blei besteht. In solchen Altbeständen ist also noch eine Kontamination des Trinkwassers durch Bleileitungen möglich. Darüber hinaus ergab eine Studie der AK Wien (SCHÖFFL 2004), dass aus Armaturen geringfügige Mengen an Blei gelöst werden können. Nach einer Stagnationszeit von 24 Stunden enthielten 4 von 13 Proben über 0,01 mg/l Pb (Grenzwert ab 2013), nach 72 Stunden Stagnation 6 von 13 Proben. Die AK Wien erteilte deshalb die Empfehlung, zuerst entnommenes Wasser nach Stagnationsperioden nicht zu Trinkzwecken zu verwenden.

### 8.3.1 Bleilager

Aufgrund fehlender Daten vor allem für Hausanschlussleitungen mussten einige Annahmen zur Berechnung des Bleilagers in Rohren getroffen werden. Die folgende Berechnung stellt somit nur eine grobe Abschätzung dar.

Armaturen aus Messing können bis zu 2 % Blei enthalten. Unter der Annahme von 3–5 Armaturen pro Wohnung ergibt sich ein **Bleilager in Armaturen von ca. 770 t**.

Für Wasserleitungsrohre wurde angenommen, dass es nur noch Bleileitungen in Hausinstallationen gibt, und dass Blei in Abflussrohren nur innerhalb der Wohnungen bis zu Sammelrohren eingesetzt wurde. Weitere Grundlagen der Berechnungen sind in Tabelle 62 dargestellt.

Tabelle 62: Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung des Bleilagers in Wasserleitungsrohren.

Grundlagen Anschlussleitungen		
Anzahl Gebäude <sup>1)</sup>	2.046.712	
Anzahl Wohnungen <sup>1)</sup>	3.863.262	
Gebäude, die > 70 Jahre <sup>2)</sup>	30	[ %]
Leitungen pro Gebäuden/Wohnung <sup>3)</sup>	15	[m]
Leitungen, die > 70 Jahre in Gebäuden, die > 70 Jahre <sup>3)</sup>	75	[ %]
Leitungen, die > 70 Jahre in Wohnungen, die > 70 Jahre <sup>3)</sup>	45	[ %]
Blei in Leitungen, die > 70 Jahre <sup>4)</sup>	45	[ %]
Masse Leitung <sup>3)</sup>	2	[kg/m]
Grundlagen Abflussleitungen		
Anzahl Wohnungen <sup>1)</sup>	3.863.262	
Gebäude, die > 50 Jahre <sup>2)</sup>	45	[ %]
Leitungen pro Wohnung <sup>3)</sup>	5,5	[m]
Leitungen, die > 50 Jahre in Wohnungen, die > 50 Jahre <sup>3)</sup>	25	[ %]
Blei in Leitungen, die > 50 Jahre <sup>4)</sup>	45	[ %]
Masse Leitung <sup>3)</sup>	3	[kg/m]

Quellen:

<sup>1)</sup> (STATISTIK AUSTRIA 2007); Bestand von 2001

<sup>2)</sup> Schätzung aus (GLENCK et al. 2000, STARK et al. 2003)

<sup>3)</sup> (MÖSLINGER 1998)

<sup>4)</sup> Annahme

Daraus ergibt sich gemäß Tabelle 63 ein **Bleilager in Wasser- und Abwasserleitungen von ca. 20.000 t**. Der Großteil davon befindet sich Hausanschlussleitungen, die zu einer Belastung des Trinkwassers führen können.

Tabelle 63: *Berechnetes Bleilager in Wasser- und Abwasserleitungen (eigene Berechnungen).*

	Bleilager in [t]		
	von	bis	MW
Blei in Hausanschlussleitungen	3.900	27.500	15.700
Blei in Armaturen	0	1.600	770
Blei in Abflussleitungen	260	9.100	4.700
<b>Summe</b>	<b>4.160</b>	<b>38.200</b>	<b>21.170</b>

### 8.3.2 Zusammenfassung und Empfehlungen

Aufgrund fehlender Daten ist es nicht möglich, das Bleilager in Wasserleitungsrohren genau zu bestimmen. Die durchgeführten Abschätzungen ergaben, dass noch **rund 20.000 t Bleirohre in Altbauten zu finden** sind. Um beurteilen zu können, ob Bleirohre ein toxikologisches oder ökologisches Problem darstellen, müssten genauere Erhebungen über den Bestand von Bleirohren durchgeführt werden.

Bei unsachgemäßer Entsorgung können Bleirohre auch nach der Nutzungsphase umweltrelevant sein. Im Falle einer Entsorgung auf Baurestmassendeponien müssen **Grenzwerte für Blei im Gesamtgehalt von 500 mg/kg, im Eluat von 2 mg/kg** eingehalten werden (Deponieverordnung 2008). Eine Verwertung von Blei ist jedenfalls einer Deponierung vorzuziehen. Im Falle einer Deponierung müssten Bleirohre auf einer Reststoffdeponie abgelagert werden.

## 8.4 Blei in Jagd, Schießsport und Fischerei

Abgesehen von Bleiakkulatoren ist Munition einer der Hauptträger von Bleifrachten im Wirtschaftskreislauf. Von besonderer Umweltrelevanz sind das Verschießen von Bleischrot beim Tontaubenschießen und in der Niederwildjagd, das Verschießen von bleihaltigen Projektilen in der Jagd, sowie der Verlust von Bleigewichten in der Fischerei. In Schweden werden jährlich über 100 t Blei durch die Jagd und rund 200 t Blei durch die Sportfischerei in der Umwelt verteilt (KEMI 2007).

### **Bleivergiftung von Vögeln**

Ursprünglich war bekannt, dass vor allem Wasservogel von Bleivergiftungen betroffen sind, die von der Jagd mit Schrot herrühren. In den letzten Jahren mehren sich die Hinweise, dass auch Greifvögel und alpines Wildgeflügel von Bleivergiftungen betroffen sind. Insgesamt wurden bisher weltweit bei 59 Nicht-Wasservogelarten solche Vergiftungen festgestellt (FISHER et al. 2006). Bleivergiftungen wurden insbesondere bei aasfressenden Greifvögeln wie Seeadlern, Steinadlern, Rotmilanen und Mäusebussarden festgestellt (KRONE 2007).

Im Deutschen Bundesland Brandenburg wurden zwischen 1998 und 2004 insgesamt 91 tot oder krank gefundene Seeadler auf ihre Bleibelastung untersucht. 32 davon hatten eine tödliche Bleivergiftung, weitere 6 wiesen erhöhte aber nicht tödliche Bleiwerte in den Organen auf. Bleivergiftung ist damit die mit Abstand wichtigste Todesursache bei brandenburgischen Seeadlern (NABU 2007).

In Schweden waren im Jahr 2005 von 22 untersuchten Adlern 3 an Bleivergiftung gestorben. Es wird vermutet, dass Wasservögel (Enten, Gänse, Schwäne) und Wildgeflügel (Fasane und Rebhühner) sowie Tauben Bleischrot als Magensteinchen oder mit der Nahrung aufnehmen (KEMI 2007). Vögel reagieren empfindlicher als Säugetiere auf Blei. Der sehr saure Magensaft, die relativ lange Verweildauer der Nahrung im Magen und die Größe der Bleipartikel sind verantwortlich für die Aufnahme von gelöstem Blei (KRONE 2007).

Gerade Vögel, die durch Bleiaufnahmen beeinträchtigt sind, und angeschossenes Wild können leichte Beute für Raubvögel sein. Da Blei nicht ausgeschieden wird, reichert es sich in der Nahrungskette an und führt so vermutlich zur Vergiftung der Raubvögel.

Eine Schweizer Untersuchung (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- UND UMWELTCHEMIE & SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTELHYGIENE 2002) weist darauf hin, dass auch eine direkte Gefährdung des Menschen durch den Verzehr von Wildfleisch besteht. Es wurden in zahlreichen Wilderzeugnissen, insbesondere bei Wildpfeffer, stark erhöhte Bleigehalte gefunden. Entsprechende Abklärungen haben eindeutig gezeigt, dass die hohen Bleiwerte auf Rückstände der verwendeten Jagdmunition zurückzuführen sind. Auch eine deutsche Studie kommt zu dem Ergebnis, dass „der mittlere Bleigehalt der schwach mit Bleischrot beschossenen Probengruppe den von der EG-Kommission 2001 festgesetzten Höchstwert für Schlachttiere um ca. das 50-fache übersteigt, derjenige der stark mit Bleischrot beschossenen Probengruppe um ca. das 300-fache“ (MILDNER 2002).

Die erhöhten Bleiwerte in Wildbret können nicht nur durch Bleischrot, sondern auch durch den Abrieb und das Aufsplintern von Teilmantelgeschossen (Projektilmunition) verursacht werden (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- UND UMWELTCHEMIE & SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTELHYGIENE 2002).

Bleihaltige Teilmantelgeschosse hinterlassen im Körper erlegter Wildtiere eine Wolke aus Bleisplintern. Diese Bleisplitterwolke mit einem Durchmesser von bis zu 40 cm um den Schusskanal durchsetzt das Wildbret und die inneren Organe. Letztere bleiben häufig in der Natur als Aufbruch zurück (KRONE 2007).

Die Aufnahme von Blei erfolgt bei Greifvögeln über die Nahrung. Hauptsächlich im Winter, wenn der Zugang zu Fischen und Wasservögeln erschwert ist, weichen die Greifvögel auf Aas aus, welches sie als Fallwild oder als Aufbruch (Organe von erlegten Wildtieren) finden. Aufbrüche und beschossene Wildtiere, die Reste von bleihaltiger Jagdmunition in sich tragen, stellen die wichtigsten Quellen für Bleivergiftungen in Greifvögeln dar. Von 218 geröntgten Seeadlern wiesen 23 Adler Metallsplitter aus Teilmantelgeschossen und 4 Adler typische Schrotkugeln auf (KRONE 2007).

Eine Bleivergiftung wird dann ausgelöst, wenn innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums wenige Milligramm Blei im Magen aufgelöst werden (KRONE 2007).

### ***überhöhte Bleiwerte in Wilderzeugnissen***

### ***Aufnahme von Blei***

Die Aufnahme von Bleipartikeln führt beim Greifvogel zur Beeinträchtigung der Blutbildung und über eine Schädigung des Nervensystems zu Koordinationsstörungen und zur Beeinträchtigung des Sehvermögens bis zur Erblindung. Nach wenigen Tagen tritt in vielen Fällen der Tod ein (KRONE 2007).

**Bleigewichte aus der Fischerei**

Bleigewichte aus der Fischerei sind eine übliche Quelle für Vergiftungen von Trompeterschwänen in Großbritannien. In Schweden waren 3 von 10 im Jahr 2005 untersuchten Trompeterschwänen an Bleivergiftung gestorben. Eine amerikanische Studie stellte fest, dass Bleivergiftung die häufigste Todesursache bei Seetauchern (loons) ist und dass in 52 % der untersuchten Seetaucher ein Bleigewicht zu finden war. Bei Schwänen in Amerika betrug die Todesursache durch Bleivergiftung 20 % (KEMI 2007).

**8.4.1 Blei in Munition**

In diesem Kapitel wird nur Munition für Faustfeuerwaffen und Gewehre betrachtet. Nicht betrachtet wird Munition für Kanonen und Granatwerfer.

Unterschieden wird zwischen Schrotmunition für Gewehre mit glattem Lauf (Schrotflinten) und Projektilmunition für Faustfeuerwaffen und Gewehre mit gezogenem Lauf. Beide Munitionsarten werden sowohl für Sportschießen auf Schießplätzen als auch in der Jagd eingesetzt. Schrotmunition wird vornehmlich für die Jagd auf Vögel und auf Niederwild (Hasen, Füchse, ...), Projektilmunition für die Jagd auf Hochwild (Rehe, Hirsche...) eingesetzt.

**Schrotmunition**

In Österreich wiegt eine Schrotpatrone durchschnittlich 32 g und enthält 400 bis 700 Schrotkörner. Der durchschnittliche Bleigehalt einer Schrotpatrone liegt bei 95 % (UMWELTSCHUTZ 1999) also bei 30,4 g.

**Projektilmunition**

Bei Projektilmunition gibt es ein breites Spektrum von Typen die von bleifreier Munition bis zu Patronen mit Bleiprojektilen reicht. Am Gängigsten dürften aber Vollmantelgeschosse (mit einem Bleikern und einem Mantel aus einer Kupferlegierung) und Teilmantelgeschosse (mit einer Bleispitze) (siehe Abbildung 22) sein.

**Teilmantelgeschosse**

Bei der Jagd werden größtenteils Teilmantelgeschosse (siehe Abbildung 23) verwendet, da diese bei waidgerechtem Schuss durch die effektive Energieabgabe im Wildkörper zuverlässiger zum sofortigen Tod des beschossenen Wildes führen als Vollmantelgeschosse. Zugleich ist beim Teilmantelgeschoss die Wahrscheinlichkeit von Durchschüssen und damit die Gefährdung Unbeteiligter geringer (WIKIPEDIA 2008).

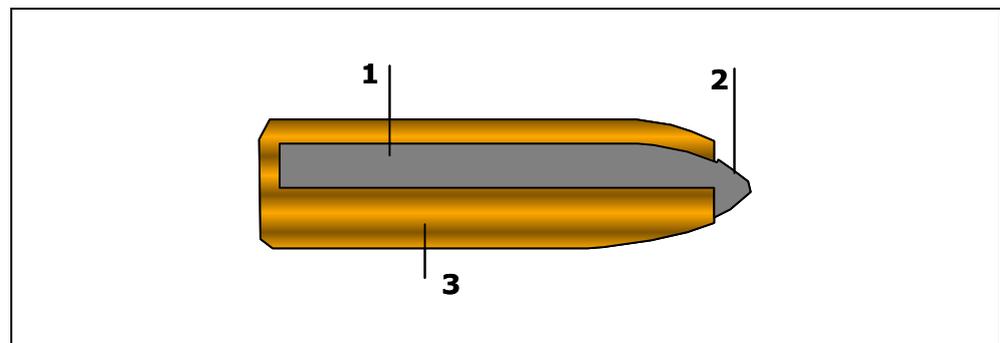


Abbildung 22: Aufbau eines Teilmantelgeschosses (1: Bleikern; 2: Runder oder Spitzer Geschosskopf; 3: Tombakplattierter Stahlmantel) (Invexis 2006).



Abbildung 23: Jagdpatrone (Willmann 2006).

„Jagdmunition mit einfachen Teilmantelgeschossen tendiert dahin, dass die Teilmantelgeschosse an der Oberfläche (Einschlag im Wildkörper) regelrecht platzen, gerade bei höheren Geschwindigkeiten. Man erhält dann einen Splitterschauer aus Blei (siehe Abbildung 24), bei dem sehr viel Energie früh im Wildkörper unkontrolliert abgegeben wird und sich die Wundwirkung großflächig (aber nicht tief) verteilt.“ (LANGMAACK 2008). Dies dürfte die Ursache der in der Schweiz festgestellten Bleiwerte auch bei mit Projektilmunition erlegtem Wild sein.

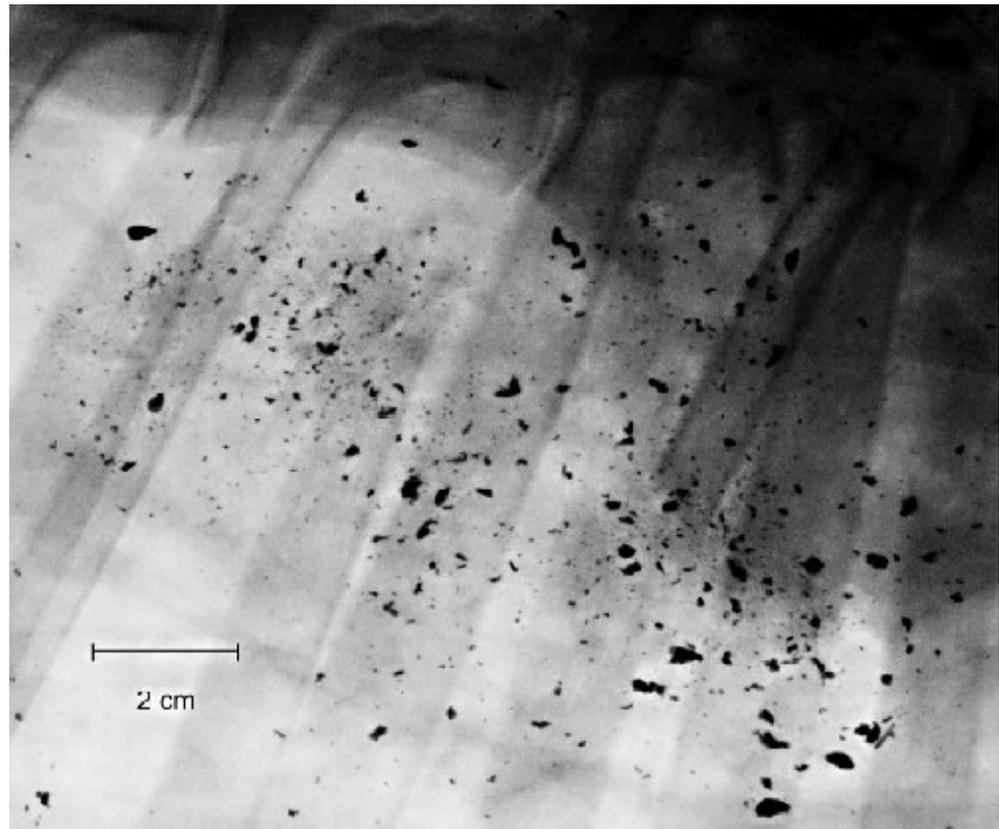


Abbildung 24: Röntgenaufnahme vom Brustkorb eines erlegten Weißwedelhirsches, welcher mit einem Standard-Teilmantelgeschoss (Kupfermantel mit Bleispitze/Softpoint) beschossen wurde (aus <http://www.projectgutpile.org/archives/pdf/hunt2006.pdf> zitiert in LANGMAACK 2008).

Für die Abschätzung der jährlichen Bleimenge, die durch das Verschießen von Projektilmunition in Österreich in die Umwelt gelangt (siehe Tabelle 66), wird ein durchschnittlicher Bleigehalt der Patronen von 40 % angenommen.

### **Bleifrachten in Schweden**

In Schweden werden jährlich rund 650 t Blei in Munition verschossen (siehe Tabelle 64). Davon fällt ca. jeweils die Hälfte auf Schrotmunition und auf Projektilmunition. Bei der Schrotmunition wird etwas mehr beim Sportschießen eingesetzt als in der Jagd, Projektilmunition rund 40 mal häufiger beim Sportschießen als in der Jagd. In der Jagd selbst gelangt rund 16 mal mehr Blei durch Schrotmunition in die Umwelt als durch Projektilmunition (KEMI 2006).

Tabelle 64: Bleifrachten in verschossener Munition in Schweden in t/a (gemittelt aus KEMI 2006).

	Schrotmunition	Projektilmunition	Summe
Sportschießen	185	320	505
Jagd	130	8	138
<b>Gesamt</b>	<b>315</b>	<b>328</b>	<b>643</b>

## Österreich

Im Jahr 2003 verkaufte Hirtenberger seine Produktion von Munition für Faustfeuerwaffen und Gewehre an den RUAG Ammotec Konzern aus der Schweiz bzw. Deutschland (HIRTENBERGER 2008). Damit verblieb nur mehr eine kleine Produktion an Schrotpatronen in Österreich<sup>13</sup>. Seit einigen Jahren werden nur mehr geringe Mengen an Munition in Österreich erzeugt. Deshalb gibt die Differenz zwischen Einfuhr und Ausfuhr gemäß Außenhandelsstatistik einen guten Anhalt über den Verbrauch an Munition in Österreich (siehe Tabelle 65). Demnach wurden im Jahr 2005 in Österreich rund 471 t Schrotmunition (das entspricht fast 15 Mio. Schrotpatronen) und rund 334 t Projektilmunition verschossen.

Tabelle 65: Differenz zwischen Einfuhr und Ausfuhr von Munition für Faustfeuerwaffen und Gewehre errechnet aus Außenhandelsstatistik Österreich für das Jahr 2005<sup>14</sup>.

	Einfuhr in t	Ausfuhr in t	Verbrauch in Österreich in t
<b>Patronen für Gewehre mit glattem Lauf (Schrotpatronen)</b>	<b>494</b>	<b>23</b>	<b>471</b>
Patronen für Revolver usw. (für Faust- feuerwaffen)	121	22	99
Zentralfeuerpatronen	196	24	172
Randfeuerpatronen für Jagd/Sportgewehre	32	6	27
andere Patronen und Teile davon	37	1	36
<b>Projektilmunition gesamt</b>	<b>386</b>	<b>53</b>	<b>334</b>
<b>Munition gesamt</b>	<b>880</b>	<b>75</b>	<b>805</b>

Für das Jahr 1993 war der Verbrauch an Schrotmunition auf 486 t geschätzt worden (UMWELTBUNDESAMT 1995a, UMWELTSCHUTZ 1999). Der Verbrauch hat sich also im Zeitraum 1993 bis 2005 kaum verändert. Für 1993 war geschätzt worden, dass in Österreich rund 2/3 der Schrotpatronen auf Wurftaubenschießplätzen und der Rest in der Jagd verschossen wurden (UMWELTSCHUTZ 1999). Unter der Annahme, dass bei Projektilmunition die Verteilung zwischen Sportschießen und Jagd gleich ist wie in Schweden (siehe Tabelle 64) und dass der durchschnittliche Bleigehalt der in Österreich verschossenen Projektilmunition bei 40 % liegt, ergibt sich die in Tabelle 66 gezeigte Verteilung der Bleifrachten aus verschossener Munition auf Sportschießen und Jagd bzw. Schrotmunition und Projektilmunition für Österreich. Zu sehen ist, dass beim Sportschießen fast dreimal so viel Blei verwendet wird wie in der Jagd und dass in der Jagd mit der Schrotmunition rund 50 mal mehr Blei in die Umwelt gelangt als mit Projektilmunition.

Die international dokumentierten Bleivergiftungen von Wildvögeln zeigen jedoch, dass trotz der kleineren Menge an verschossenem Blei von der Jagd ein größeres Umweltgefährdungspotenzial ausgehen kann als durch das Sportschießen. Die Jagd findet zum Teil in sonst unberührten und sensiblen Gebieten statt. Weiters kann auch von der relativ kleinen Menge an verschossener Jagd-Projektilmunition ein großes Umweltgefährdungspotenzial ausgehen.

## Abschätzung der Bleifrachten in Österreich

<sup>13</sup> Persönliche Mitteilung: Kurt Schuster, Waffenhändler, 18.02.2008

<sup>14</sup> Außenhandelsstatistik: persönliche Mitteilung Eva Milota, Statistik Austria vom 19.02.2008

Tabelle 66: Bleifrachten in verschossener Munition in Österreich im Jahr 2005 in t/a (eigene Berechnungen).

	Schrotmunition	Projektilmunition	Summe
Sportschießen	298	131	429
Jagd	149	3	152
<b>Gesamt</b>	<b>447</b>	<b>134</b>	<b>581</b>

### Regelungen für Schießplätze

#### Genehmigungen für Schießplätze

Die Anlage eines Schießplatzes unterliegt der Genehmigungspflicht durch die Bezirksbehörde. Von Relevanz für die Genehmigung sind vor allem die Emissionsrichtwerte der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung.

Darüber hinaus gilt speziell für Tontaubenschießanlagen: „Die in Österreich bestehenden Wurfscheibenschießplätze sind keinem bundeseinheitlichen Genehmigungsverfahren zu unterziehen. Bundesrechtlich ist lediglich auf die Wurfscheibenverordnung (BGBl II Nr. 420/2002), zu verweisen, wonach der Gehalt von PAH von mehr als 10 mg/kg, bezogen auf die Trockensubstanz, seit 1. September 2003 verboten ist.

Sieht man von einem allfälligen wasserrechtlich relevanten Eingriffstatbestand ab, sind im Übrigen ausschließlich landesrechtliche Bestimmungen maßgeblich. Sie betreffen vorwiegend den Bereich des Bau- und Raumordnungsrechtes“ (BAUER 2005).

#### Empfehlungen Wurfscheibenschießanlagen

Das Umweltbundesamt hat bereits im Jahr 1995 folgende Empfehlungen für allfällige Genehmigungsverfahren und den Betrieb von Wurfscheibenschießanlagen erarbeitet:

- Grundsätzlich ist ehest möglich Bleischrot durch Weicheisenschrot zu ersetzen, da nur so der Ursache der zunehmenden Umweltbelastung durch Blei, Arsen und Antimon begegnet werden kann.
- Für Altanlagen:
  - Anlagen in Trinkwasserschutzgebieten und Anlagen mit Schroteintrag in offene Gewässer sind zu schließen oder sofort auf die ausschließliche Verwendung von Weicheisenschrot umzustellen.
  - Anlagen mit einem Schroteintrag in Böden mit eine pH-Wert kleiner 4,5 sollten hinsichtlich der Verfügbarkeit von Blei, Arsen, und Antimon untersucht werden.
  - Die Böden im Schroteintragsbereich sollten zumindest bei größeren, stärker frequentierten Anlagen auf ihre Durchlässigkeit überprüft werden, um das Risiko der Grundwasserkontamination abzuschätzen.
  - Im Bereich der Schroteintragsgebiete sind weder Acker- noch Grünlandnutzung vertretbar.
  - Kinder sollten auch außerhalb der Schießzeiten keinen Zugang zum Schießgelände haben, um die Aufnahme von Blei hintanzuhalten.
- Neuanlagen sollten generell nur dann genehmigt werden, wenn die oben angeführten Kernpunkte realisiert sind (UMWELTBUNDESAMT 1995a).



**Situation auf Schießplätzen**

In Österreich existieren rund 66 größere Wurftaubenschießplätze (UMWELTBUNDESAMT 1995a).

Von der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde wurden ab 1992 Umweltuntersuchungen am Schießplatz „Kuchlmühle“ im Bezirk Perg und ab 1998 am Jagdparcours „Aistersheim“ im Bezirk Grieskirchen durchgeführt.

Am Wurftaubenschießplatz „Kuchlmühle“ ist der Oberboden durchgehend sehr hoch mit Blei belastet. Das metallische Blei aus den Schrotkugeln verwittert sehr rasch und wird wasserlöslich. Ein deutlich ausgeprägter Bleitransport in tiefere Bodenschichten ist nachweisbar.

**Bleibelastung des Bodens**

Ebenfalls durchgehend hoch belastet ist der Wurftaubenschießplatz „Aistersheim“. Rund 20 % des verschossenen Bleischrots sind innerhalb von 10 Jahren aufgrund des niedrigen Boden-pH-Wertes in Lösung gegangen. Ein ausgeprägter, wenn auch langsamer Transport in tiefere Bodenschichten findet statt (UMWELTSCHUTZ 1999).

In der Periode 1999 bis 2006 wurden vom Umweltbundesamt Untersuchungen am Tontaubenschießplatz „Treffling“ durchgeführt (UMWELTBUNDESAMT 2007c). In rund 45 Jahren gelangten auf diesem Schießplatz auf einer Fläche von rund 7 ha mehr als 100 t Blei zur Deposition. Jährlich werden rund 100.000 Schuss Blei-Schrotmunition verfeuert. Die Böden des Schießplatzes sind kalkfreie, mäßig bis sehr stark saure Böden mit einem pH-Wert bis unter 4,6. In sauren Böden weist das sonst schlecht lösliche Blei eine hohe Löslichkeit auf (siehe Abbildung 25). Durch die Verwitterung der Munition ist es zu massiven Verunreinigungen der obersten Bodenschichten gekommen. Auf einer Fläche von ca. 2,5 ha sind sehr hohe Belastungen durch Blei, Antimon und Arsen gegeben. In Hauptschussrichtung tritt die größte Belastung mit Blei in der Humusaufgabe mit einer Konzentration von 140 g/kg in einer Entfernung von 165 m vom Schießstand auf. Im Oberboden sind die höchsten Bleigehalte von 69 g/kg in einer Entfernung von rund 225 m vom Schießstand zu finden (siehe Abbildung 26). Dementsprechend sind die ökologischen Funktionen des Bodens beeinträchtigt. Eine erhöhte Mobilisierung von Blei und Antimon tritt auf, welche zu einer fortschreitenden Tiefenverlagerung der Schadstoffe im Boden (siehe Tabelle 67 und Abbildung 27) und gleichzeitig zu einer guten Verfügbarkeit für Pflanzen und Tiere führt (UMWELTBUNDESAMT 2007c).

**Beispiel Tontaubenschießplatz „Treffling“**

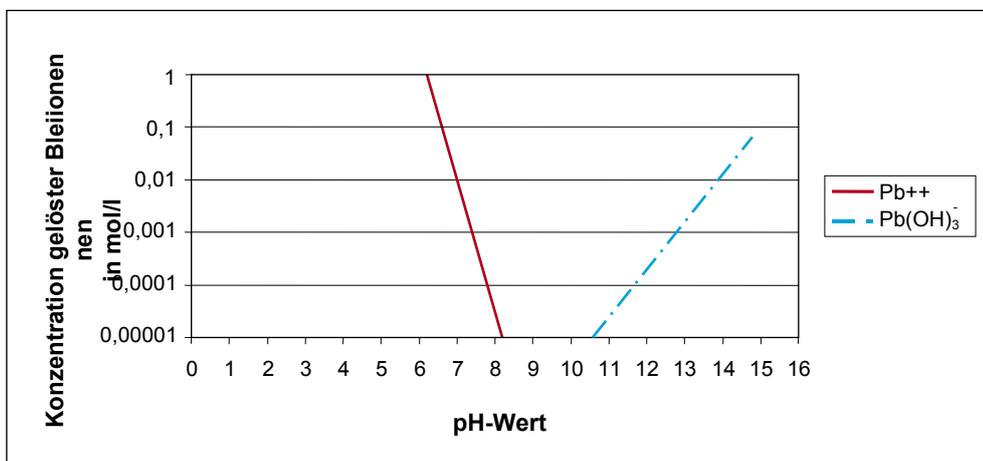


Abbildung 25: Löslichkeit von Blei als Funktion des pH-Wertes (SEEL 1973).

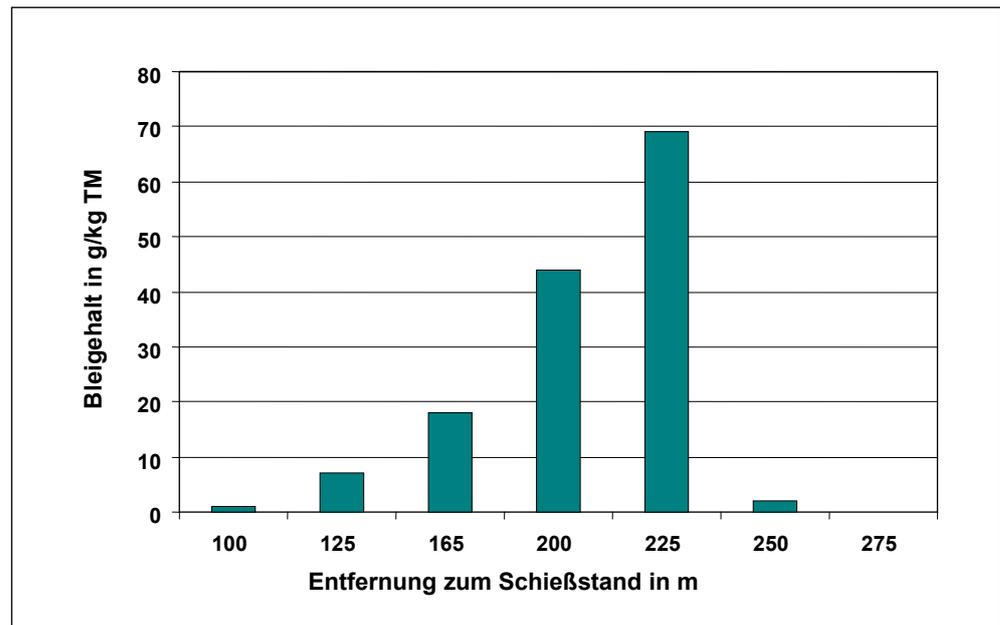


Abbildung 26: Metallgehalte des Oberbodens (0–5 cm) in Abhängigkeit der Entfernung vom Schießstand am Tontaubenschießplatz „Treffling“ (UMWELTBUNDESAMT 2007c).

Tabelle 67: Bodenuntersuchungen 2005 für den Tontaubenschießplatz „Treffling“ – Schwermetallbelastung je Tiefenstufe im Vergleich zu den Prüfwerten der ÖNORM S 2088-2 (UMWELTBUNDESAMT 2007c).

Schwermetall	Einheit	Tiefenstufe in cm	Messwerte in Haupt-schussrichtung	Prüfwerte Pflanzenaufnahme laut ÖNORM S 2088-2, Tabelle 2
Blei	g/kg TM	0–5	21,5	0,1
		5–10	16,9	
		10–20	6,3	
Antimon	g/kg TM	0–5	1,3	0,002
		5–10	0,8	
		10–20	0,2	
Arsen	g/kg TM	0–5	0,4	0,02
		5–10	0,2	
		10–20	0,1	

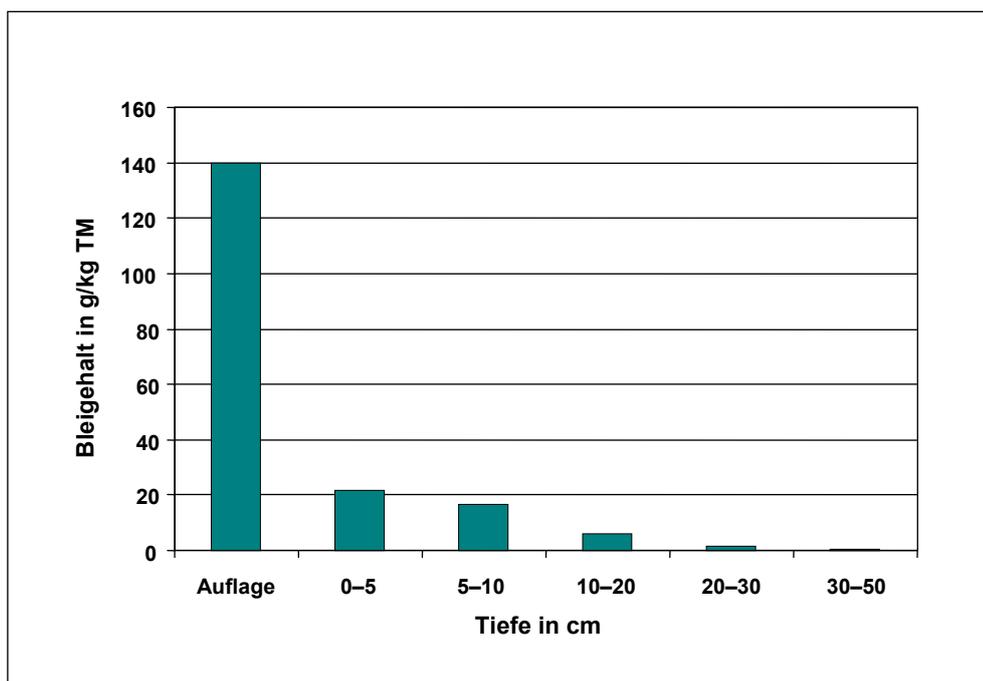


Abbildung 27: Tiefenspezifische Verteilung der Bleigehalte am Tontaubenschießplatz „Treffling“ (Hauptschussrichtung, Entfernung ca. 165 m vom Schießstand) (UMWELTBUNDESAMT 2007c).

### Verwendung von bleihaltiger Munition beim österreichischen Bundesheer

Insgesamt wurden im Jahr 2007 einschließlich Verpackungen 789 t an Patronen-, Werfer- und Artilleriemunition dem österreichischen Bundesheer zugewiesen. Davon enthalten nur wenige Munitionstypen Blei. „Diese werden nahezu ausschließlich auf Schulschießbahnen verschossen. Der Kugelfang der Schulschießbahnen wird im Bedarfsfall saniert und einer gesetzeskonformen Entsorgung zugeführt“<sup>15</sup>.

„Seitens der Bundesministerium für Landesverteidigung werden/wurden folgende Maßnahmen zur Verringerung der Schwermetallbelastung der Umwelt getroffen:

- a) Vermehrter Einsatz von Schießsimulatoren als Ersatz für Artillerie- und schweres Flachfeuer,
- b) Bodenuntersuchungen im Bereich von Kugelfängen im Anlassfall inklusive Austausch des Kugelfangmaterials,
- c) Ankauf der Munition nach neuestem Stand der Technik (mit graduelltem Übergang zu Munition mit vermehrt umweltfreundlichen Komponenten – „green ammunition“)<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> persönliche Mitteilung: Bundesministerium für Landesverteidigung, Antwortschreiben auf Anfrage des Umweltbundesamtes bezüglich verschossener Munition und Munitionsteile vom 4.4.2008.

## Alternativen zu Bleimunition

### **Alternative Weicheisenschrot**

Als Alternative zu Bleischrot ist vor allem Weicheisenschrot in Verwendung. Dabei „verursacht der Beschuss mit Weicheisenschrot einen nicht signifikanten Anstieg der Eisenkonzentration z. B. in erlegten Fasanen, der aus toxikologischer Sicht als wenig bedenklich zu bewerten ist“ (MILDNER 2002). Weicheisenschrotpatronen werden für die Jagd und den Schießsport seit Jahrzehnten weltweit angeboten und vertrieben. Dennoch werden immer noch Argumente gegen eine Nutzung von Weicheisenschrot angeführt:

- Wegen der geringeren Dichte von Eisen muss Weicheisenschrot einen höheren Durchmesser haben als Bleischrot (z. B. 3,25 mm statt 2,7 mm). Nicht mit jedem Gewehr können Schrote mit dem größeren Durchmesser verschossen werden (ANONYMUS 2006).
- Durch die größere Härte von Eisen wird eine Beschädigung der Flinten befürchtet.

Diese Argumente können jedoch entkräftet werden. Durch internationale Abkommen zur Waffentechnologie ist sichergestellt, dass die Waffen nicht beschädigt werden (ANONYMUS 2006):

### **Anpassungen an Weicheisenschrot**

- Um das Laufinnere von Schrotflinten vor Beschädigungen durch die Schrotkugeln zu schützen, sind diese (in der Regel auch die Bleischrotkugeln) von einem Schrotbecher umgehen. Beim Weicheisenschrot sind die Schrotbecher stärkehaltiger und werden aus einem wesentlich belastbareren Material gefertigt. Es kommt daher auch bei Weicheisenschrot zu keiner Beschädigung des Laufinneren (RUAG AMMOTEC 2006).
- „Patronen bis 3,25 mm Weicheisenschrot und einer Geschwindigkeit V2,5 (die Geschwindigkeit in einer Entfernung von 2,5 m vor der Laufmündung) von maximal 400 m/s sind nach C.I.P.<sup>16</sup> Beschluss Normalpatronen. Demnach können sie ohne Bedenken aus einer normal beschossenen Flinte verwendet werden. Schrote über 3,25 mm erfordern Waffen, die einem Beschuss mit erhöhtem Druck (1.370 bar) sowie zusätzlich einem Weicheisenschrot-Beschuss unterzogen wurden. Das Chokeprofil der Waffe sollte mindestens 60 mm lang sein und sich gleichmäßig konisch verengen. Geprüfte Waffen werden mit einer Lilie gekennzeichnet. Schrote ab 4 mm Durchmesser dürfen nur aus Waffen mit einer Verengung von 1/2-Choke (max. 0,5 mm) verschossen werden“ (RUAG AMMOTEC 2006).
- Weicheisenschrot erfüllt alle Forderungen der C.I.P. (RUAG AMMOTEC 2006). Die Bedingungen zur Fertigung einer Patrone werden von der C.I.P. erarbeitet und verabschiedet. Die C.I.P. Standards sind für die C.I.P.-Mitgliedsländern (unter anderem Österreich) verpflichtend.

Als weiteres Argument gegen eine Verwendung von Weicheisenschrot in der Jagd wurde angeführt, dass die Forstindustrie Qualitätseinbußen beim Nutzholz durch Schrotteilchen, die nicht das Ziel sondern Bäume treffen, befürchtet (KEMI 2006). Solche Qualitätseinbußen sind aber bei der Verwendung von Bleimunition in der Jagd ebenfalls gegeben.

Ein weiteres Problem bei der Verwendung aller Schrote sind Querschläger: Treffen Schrote auf Hindernisse, können sie abgelenkt werden. Bei dem Schuss auf hochfliegendes Wasserwild ist dies kein Problem. Wird jedoch so flach geschossen, dass Buschwerk oder Bäume getroffen werden, neigen Weicheisen-Schrote wegen

---

<sup>16</sup> C.I.P. = Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives (Ständige internationale Kommission zur Prüfung der Handfeuerwaffen)

ihrer Härte mehr zu Querschlägern als Bleischrote (KEMI 2006). Daher muss mit Weicheisen-Schrot noch vorsichtiger geschossen werden als mit Bleischrot (KINSKY 2006). Für den Jäger erfordert die Weicheisenmunition eine gewisse Umstellung seiner Schussgewohnheiten. Bei entsprechendem Bemühen, ist eine waidgerechte Jagd aber auch mit Weicheisenschrot möglich.

Für die Jagd mit Projektilen steht im Prinzip mit Vollkupfergeschossen eine Alternative zu Bleikerngeschossen zur Verfügung. Die Vollkupfergeschosse streuen aber stärker als bleihaltige Projektile (RUAG AMMOTEC 2008) und können nur mit großkalibrigen Gewehren verschossen werden. In Schweden müssten die heute gängigsten Gewehrtypen ersetzt werden. Deshalb spricht sich das Schwedische Chemikalien-Inspektorat KEMI aus wirtschaftlichen Gründen gegen ein Verbot von Blei in Projektilmunition aus (KEMI 2006).

### **Alternativen zum Teilmantelgeschöß**

### **Maßnahmen in EU-Mitgliedsstaaten**

Es gibt keine EU-weite Regelung von Bleimunition. Jedoch ist weltweit in 20 Ländern (darunter den Niederlanden, Finnland, Dänemark und Norwegen) die Verwendung von Bleischrot als Munition eingeschränkt oder verboten (siehe Tabelle 68). In den Niederlanden ist die Verwendung von Bleischrot als Munition seit 1993 gänzlich verboten, in Dänemark seit 1996, in Norwegen seit 2005 (KEMI 2006).

Ursprüngliche sollte in Schweden mit 1.1.2008 ein gänzlich Verbot von Blei in Sport- und Jagdmunition zum Tragen kommen. Auf eine Empfehlung des Schwedischen Chemikalien-Inspektorats (KEMI) und der Schwedischen Umweltagentur (KEMI 2006) wurde dieses Verbot aber eingeschränkt: In Schweden ist seit 1.1.2008 die Verwendung von Bleischrot zum Sportschießen und bei der Jagd in Feuchtgebieten und über Gewässern verboten<sup>17</sup>. Es wurde also die Verwendung von bleihaltigen Projektilen und die Verwendung von Bleischrot für die Jagd in Trockengebieten nicht verboten. Jedoch wird eine Ausweitung des Verbots von Bleischrot auf alle Jagdgebiete in einer nächsten Phase empfohlen (KEMI 2006). Weiters werden wirtschaftliche Anreize untersucht, mit denen Sportschützen und Jäger dazu gebracht werden sollen ihre Munition auf bleifreie Alternativen umzustellen<sup>17</sup>.

### **Verbote in Schweden**

In Deutschland haben das Bundeslandwirtschaftsministerium und der Deutsche Jagdschutzverband in einer gemeinsamen Empfehlung die Jäger zum freiwilligen Verzicht auf bleihaltige Schrotmunition aufgefordert. In Brandenburg wurde für die Verwaltungsjagd auf Landesflächen die Verwendung von Bleischrot und bleihaltigen Projektilen verboten (NABU 2007). In Bayern ist die Verwendung von bleihaltigen Schrotten bei der Jagd auf Wasserfederwild an und über Gewässern gemäß § 11 der Ausführungsverordnung zum Bayerischen Jagdgesetz verboten (ANONYMUS 2006).

### **Empfehlungen in Deutschland**

<sup>17</sup> persönliche Mitteilung: Erik Gravenfors, Schwedische Agentur für Chemikalien (KEMI), 27.03.2008

Tabelle 68: Verbote von Bleischrot in Europa (persönliche Mitteilung: Eva-Maria Reiss, BMLFUW, 4.4.2008, ergänzt, KINSKY 2006).

Seit	Freiwillige Beschränkungen in Feuchtgebieten	Verbote in RAMSAR-Gebieten	Verbote in Feuchtgebieten	Verbote auf Schießplätzen	Totalverbote
1985		Dänemark			
1991			Norwegen		
1993		Flandern	Dänemark		Niederlande
1994		Schweden			
1995	Wales				
1996			Finnland		Dänemark
1998			Flandern, Schweiz		
1999			England		
2000			Schweden		
2001		Spanien			
2002			Wales		
2004			Schottland		
2005					Norwegen
2006			Frankreich, in 10 deutschen Bundesländern*		
2007			Bayern		Brandenburg**
2008				Schweden	

Anmerkungen:

\* Mit Stand Oktober 2006 war die Jagd auf Wasservogel bzw. Wasserfederwild mit Bleischrot an Gewässern in Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg (zusätzlich Einschränkung der Verwendung bleihaltiger Munition bei der Jagd im Landeswald), Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Schleswig-Holstein, Thüringen, Sachsen (Verbot in Forstbezirken mit Seeadlervorkommen) verboten.

\*\* Totalverbot von Bleimunition (Schrot und Projektil) für die Verwaltungsjagd auf Landesflächen

#### 8.4.2 Bleigewichte in der Fischerei

Blei wird in der Fischerei primär in Form von Bleigewichten eingesetzt, welche sicherstellen sollen, dass die eingesetzte Angelschnur oder Netze im Wasser absinken. Neben eigentlichen Bleigewichten kann Blei auch in der Angelschnur selbst oder im Köder enthalten sein. Der überwiegende Teil des Bleis in der Sportfischereiausrüstung geht über die Jahre an die Natur verloren und gelangt so in die Umwelt. Nur einige Prozent landen im Hausmüll (KEMI 2007).

Für Schweden wurde geschätzt, dass rund 400 t Blei im Jahr 2005 mit Bleigewichten aus der Fischerei in die Umwelt gelangten, rund die Hälfte davon im Rahmen von Freizeitaktivitäten (Sportanglerei). Im Durchschnitt ist in Schweden jeder Sportfischer für die Freisetzung von jährlich 167 g Blei verantwortlich (KEMI 2007). In Schweden werden etwa gleich viele bleifreie Gewichte in Anglergeschäften verkauft wie Bleigewichte (KEMI 2007).

Im Gegensatz zu früheren Zeiten spielt die Berufsfischerei in Österreich heute eine untergeordnete Rolle. Die traditionelle Berufsfischerei ist an den österreichischen Flüssen, mit Ausnahme der Nebenerwerbsfischerei in der oberösterreichischen Donau, als nahezu erloschen zu bezeichnen. Berufsfischerei wird noch in einigen großen Seen ausgeübt (z. B. Neusiedler See, Bodensee und Salzkammergut-Seen), jedoch nur in geringem Maß als Hauptberuf.

### ***Fischerei in Österreich***

Von größerer Bedeutung ist die Angelfischerei, die im Gegensatz zur Berufsfischerei selektiv auf bestimmte Fischarten ausgerichtet ist. Als Beispiel kann die Teichwirtschaft zur Zucht von Karpfen in Niederösterreich (Waldviertel) genannt werden.

In Österreich gibt es ungefähr 200.000 aktive Fischer. Weitere 300 bis 400.000 Personen können als potenzielle Fischer angesehen werden (BIODIV 2006, UMWELTBUNDESAMT 1997).

Rechnet man für die 200.000 aktiven österreichischen Fischer die gleiche Bleifreisetzungsrate wie für Schweden, müsste die **Bleifreisetzung durch die österreichische Fischerei bei 33 t jährlich** liegen.

### ***Bleifreisetzung durch die österreichische Fischerei bei 33 t/a***

Alternativen zu Bleigewichten für die Fischerei sind Gewichte aus Zinklegierungen und Stahl. Der Nachteil dieser Alternativen liegt im größeren Volumen und in der schnelleren Korrosion. Trotz der schnelleren Verteilung in die Umwelt haben diese Alternativen einen deutlich geringeren Effekt auf die Umwelt als Blei. Eine weitere Alternative sind Zinn- und Zinnlegierungen (KEMI 2007).

### ***Alternativen zu Bleigewichten***

Im Europäischen Parlament wird ein Verbot von Blei in Freizeitfischereiartikeln diskutiert (TOTAL FISHING 2007).

In Dänemark gibt es seit dem Jahr 2000 ein Verbot von Blei in Fischereiartikeln, in Norwegen wird es diskutiert (KEMI 2007). In Großbritannien ist die Verwendung von Bleigewichten mit einer Masse größer 0,06 g und kleiner 28,35 g für die Fischerei verboten. Dort werden zink- und zinnhaltige Gewichte als Ersatz verwendet (KEMI 2007).

### ***internationale Verbote***

In Schweden wurde bereits 1990 vom Parlament ein Gesetz erlassen, mit dem das langfristige „Phase-out“ der Verwendung von Blei in der Fischerei durch freiwillige Maßnahmen angestrebt wurde. Im Jahre 1998 führte der schwedische Fischereiverband eine Informationskampagne zur Förderung des Bleifrei-Fischens durch. Jedoch blieben die Ergebnisse dieser Kampagne hinter den Erwartungen zurück. Nach Angaben des Schwedischen Verbandes der Fischereiartikelhändler (Spöfiska) stellen mehrere Fischereiausstatter ihre Produktpalette auf bleifreie Alternativen um. Eine gezielte Informationskampagne der Stadt Stockholm führte dazu, dass 3 Geschäfte bleihaltige Fischereiartikel nicht mehr anbieten. Jedoch haben die anderen Geschäfte die Absicht bekundet, dass sie auf das Anbieten bleihaltiger Fischereiartikel nur dann verzichten werden, wenn dies gesetzlich vorgeschrieben wird (KEMI 2007).

Die Europäische Kommission kam auf Basis einer Studie zum Ergebnis, dass das Maß der negativen Umweltauswirkungen der bleihaltigen Fischereiartikel ein Verbot dieser Produktgruppe auf Basis der Richtlinie 1976/769/EWG nicht rechtfertigt. KEMI und die schwedische Umweltschutzagentur sind jedoch der Überzeugung, dass der Kommissionsbericht nicht die Umweltfolgen in der Nachnutzungsphase berücksichtigt und dass weniger umweltschädliche, leistbare bleifreie Alternativen

### ***Phase-out in Schweden***

am Markt in ausreichendem Maße vorhanden sind. KEMI empfiehlt ein nationales Verbot bleihaltiger Fischereiartikel bzw. einen Grenzwert von 1g/kg Blei in Fischereiartikel und verweist darauf, dass trotz der bisher ergriffenen freiwilligen Maßnahmen in Schweden der Einsatz von Blei in den Fischereiartikeln seit 1995 nicht gesunken ist (KEMI 2007).

### 8.4.3 Bleifrachten aus Jagd, Sportschießen und Fischerei

Insgesamt werden die in Tabelle 69 gezeigten Bleifrachten durch Sportschießen, Jagd und Fischerei in die Umwelt freigesetzt. Diese Frachten werden im Stoffflussmodell als Teil des Strom „Mineraldünger + Munitionsteile“ berücksichtigt.

Tabelle 69: *Bleifrachten aus Sportschießen, Jagd und Fischerei als Teil des Stromes „Mineraldünger + Munitionsteile“ errechnet für 2005.*

	Bleifracht in t
Sportschießen	429
Jagd	152
Fischerei	33
<b>Gesamt</b>	<b>614</b>

### 8.4.4 Empfehlungen zur Verminderung der Freisetzung von Blei aus Jagd, Sportschießen und Fischerei

#### Empfehlungen zur Nicht-Nutzung von Bleischrot und Blei-Projektilmunition in der Jagd und beim Sportschießen

##### **Verbot von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen**

Bei der Jagd mit Schrotpatronen werden große Mengen an Blei in der Umwelt verteilt. Das Bleischrot kann in weiterer Folge von Tieren leicht aufgenommen werden. Das Fleisch von Wild, das mit Bleischrot erlegt wurde, weist eine hohe Bleibelastung auf (MILDNER 2002). Daher stellen die Jagd mit Bleischrot ein großes Umweltisiko und der Verzehr von mit Bleischrot erlegtem Wild ein hohes Gesundheitsrisiko dar. Beim Sportschießen mit Bleischrot kommt es zwar nur zu lokalen aber doch erheblichen Umweltbelastungen. Ein rasches Phase-Out von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen würde erheblich zur Verringerung der Umweltbelastung beitragen. Die Verwendung von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen ist daher zu verbieten. Die Umsetzung des Verbotes sollte durch eine begleitende Studie über die erzielten Wirkungen unterstützt werden.

##### **Gefährdung durch bleihaltige Projektilmunition**

Eine Schweizer Studie hat gezeigt, dass auch von Resten von Projektilmunition in Wildbret eine direkte Gefährdung für die Konsumenten von Wildgerichten ausgeht (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- UND UMWELTCHEMIE & SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTELHYGIENE 2002). Zu klären wäre, ob diese Gefährdung mit den in Österreich verwendeten Munitionstypen auch in Österreich besteht. Sollte ein wesentliches Gefährdungspotenzial bestehen, wäre auch die Verwendung von bleihaltiger Projektilmunition zu verbieten.

In jedem Fall sollten Alternativen zu Bleischrot in Österreich eingeführt bzw. gefördert und im Einvernehmen mit Jagdverbänden, Sportschützenverbänden und dem Handel Wege gefunden werden, den Einsatz von Blei bei Sportschießen und Jagd zu minimieren.

## Empfehlungen für Schießplätze

Schießplätze, auf denen in den letzten Jahrzehnten Bleischrot in erheblichen Mengen verschossen wurde, sollten, beginnend mit jenen Schießplätzen, die die höchsten Bleifrachten und die sauersten Böden aufweisen, saniert werden:

- Bereiche mit massiven Bodenbelastungen sind gegen Zutritt abzusichern.
- Zu verbieten sind
  - Tätigkeiten, die eine Aufnahme von Bodenpartikeln oder intensiven Hautkontakt mit dem Boden verursachen,
  - eine Nutzung als Weide.
- Einzuschränken ist das Befahren des Geländes.
- Maßnahmen zur Minimierung der Erosion sind zu setzen.
- Ein Konzept zur differenzierten Behandlung unterschiedlicher und unterschiedlich belasteter Bodenschichten ist zu entwickeln.
- Belastete Böden müssen den geltenden gesetzlichen Bestimmungen entsprechend behandelt werden.
- Das Ziel der Sanierung ist die Herstellung eines Zustandes, bei dem die mögliche Aufnahme von Schadstoffen durch Pflanzen und Organismen dauerhaft begrenzt bleibt und eine Verlagerung der Verunreinigungen verhindert wird (entsprechend UMWELTBUNDESAMT 2007c).

## **Sanierung von Schießplätzen**

## Empfehlungen zur Nicht-Nutzung von Blei in der Fischerei

Bei der Freisetzung von Blei aus der Fischerei handelt es sich in Österreich vergleichsweise zum Bleischrot um eine kleinere aber nicht unerhebliche Menge. Deshalb sollte in Österreich ein Phase-Out von Blei in der Fischerei angestrebt werden. Als Maßnahme wird zunächst, trotz des geringen Erfolges in Schweden, das Schließen von freiwilligen Vereinbarungen mit dem Fischereiverband und dem Handel empfohlen.

## **Phase-Out von Blei in der Fischerei**

## 8.5 Quecksilber in der Zahnmedizin

Die Freisetzung von Quecksilber aus Zahnamalgam gilt als eine der Hauptquellen für die Belastung der Umwelt mit Quecksilber (WOLFF 2004). Weiters ist Dentalamalgam in Deutschland neben dem Fischverzehr die Hauptquelle für die Quecksilberaufnahme beim Menschen (EIS & WOLF 2007). Das Deutsche Robert Koch-Institut stellt fest, dass „*schon bei den sehr niedrigen amalgambedingten Quecksilberexpositionen nicht tolerierbare Gesundheitsgefährdungen bestehen*“ (EIS & WOLF 2007).



### ***Einschränkung bei der Verwendung von Zahnamalgam***

Deshalb und um die Quecksilberbelastung der Umwelt zu verringern, sind in mehreren Mitgliedsstaaten der EU und auf internationaler Ebene Bemühungen im Gange, Amalgam als Füllmaterial in der Zahnmedizin durch andere Füllmaterialien zu ersetzen. So hat das Europäische Parlament im März 2006 die Einschränkung bei der Verwendung von Zahnamalgam gefordert und begründet dies mit folgenden Punkten:

- der zweitgrößte Anteil am weltweiten Quecksilberbestand entfällt auf Dentalamalgam;
- in Industrieländern besteht die größte Quecksilberexposition darin, dass Quecksilber aus Zahnfüllungen, die Amalgam enthalten, eingeatmet wird;
- die Exposition gegenüber Quecksilber aus Dentalamalgam muss vor allem unter gesundheitlichen Gesichtspunkten betrachtet werden,
- Emissionen aus Krematorien werden auf lange Zeit eine signifikante Quelle für Quecksilberschmutzungen sein, sofern nicht in Kürze emissionsmindernde Technologien zum Einsatz kommen, die die Freisetzungen erheblich verringern können (EUROPÄISCHES PARLAMENT 2006).

Der Council of European Dentists argumentiert jedoch dagegen, da er „keine wissenschaftlichen Beweise für die Notwendigkeit einer solchen Einschränkung sieht“ (CED 2007).

### ***sinkender Verbrauch von Quecksilber für Amalgamfüllungen***

In Norwegen sank der Verbrauch von Quecksilber für Amalgamfüllungen von 840 kg im Jahr 1995 auf 139 kg im Jahr 2003 (SFT 2006). In Deutschland sank der Anteil gelegter Amalgamfüllungen an der Zahl der Gesamtfüllungen von 75 % im Jahr 1985 auf 30 % im Jahr 1990. Bei deutschen Studenten sank der Anteil der Amalgamfüllungen von 92 % im Jahr 1990 auf 50 % im Jahr 2003, wobei die Zahl der behandelten Zähne je Student mit ca. 8 nahezu konstant geblieben ist (KOMMISSION „METHODEN UND QUALITÄTSSICHERUNG IN DER UMWELTMEDIZIN“ DES ROBERT KOCH-INSTITUTS 2007).

Trotz der verringerten Anwendung von Amalgamfüllungen tragen immer noch etwa 90 % der deutschen Bevölkerung Zahnfüllungen aus Amalgam (MEDENTEX 2008).

In Schweden wird die Quecksilberlast in verarbeitetem Zahnamalgam auf 3 bis 30 t geschätzt (WOLFF 2004).

### ***Zusammensetzung von Zahnamalgam***

Zahnamalgam besteht zu 50 % aus Quecksilber (MEDENTEX 2008). Weiters sind darin unterschiedliche Anteile von Silber, Zinn, Kupfer und Zink enthalten. Die maximale Haltbarkeit von Amalgamfüllungen wird mit 8 bis 10 Jahren angegeben. Füllungen älteren Datums geben wesentlich mehr Quecksilber ab als neu gefüllte Zähne (MZ-VERLAG 2008).

### ***internationale Beschränkungen von Amalgam***

In Österreich, Deutschland, Schweden, Finnland, Norwegen, Dänemark und Frankreich gibt es Empfehlungen zu Anwendungsbeschränkungen von Amalgam besonders bei nachgewiesener Allergie, Nierenfunktionsstörungen, in der Schwangerschaft sowie bei Kindern und Jugendlichen bis 20 Jahren. In Schweden werden Amalgamfüllungen von den Krankenkassen nicht refundiert. In Frankreich darf Amalgam nur noch in vordosierten Kapseln angewandt werden (KOMMISSION „METHODEN UND QUALITÄTSSICHERUNG IN DER UMWELTMEDIZIN“ DES ROBERT KOCH-INSTITUTS 2007).

In den nordischen Ländern Schweden, Dänemark und Finnland wird ein generelles Verbot der Verwendung von Zahnamalgame seit 1997 diskutiert (MZ-VERLAG 2008). Die schwedische Umweltagentur KEMI hat aufgrund des hohen Gefährdungspotenzials von Quecksilber für die Umwelt empfohlen, die Verwendung von Amalgam in der Zahnbehandlung bis auf wenige Ausnahmefälle zu verbieten (KEMI 2004).

In Norwegen wird ein Verbot von Zahnamalgame ab 1.1.2011 wirksam sein (NORWEGIAN MINISTRY OF THE ENVIRONMENT 2007).

Obwohl die Verwendung von Amalgam zur Sanierung kariesbelasteter Zähne in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen ist, belastet die Freisetzung von Quecksilber aus Zahnamalgame weiterhin die Umwelt. Die wichtigsten Freisetzungspfade sind dabei (siehe Tabelle 70):

### Freisetzungspfade

- die Zahnbehandlung
- das Abgas aus Krematorien
- die Erdbestattung.

Tabelle 70: Austrittspfade von Quecksilber aus Zahnamalgame in Norwegen im Jahr 2003 (SFT 2006).

	Anfall Quecksilber in kg	Anteil am Gesamtoutputstrom in %
Gesammeltes Abfall-Zahnamalgame (aus der Zahnbehandlung) in kg	703	77
Quecksilberfreisetzung in das Abwasser (aus der Zahnbehandlung nach Amalgamabscheidung) in kg	16	2
Quecksilberfreisetzung in die Luft (aus Abgasen von Krematorien) in kg	57	6
Quecksilberfreisetzung in den Boden (aus der Erdbestattung) in kg	137	15

### 8.5.1 Freisetzung bei der Zahnbehandlung

Beim Aufbohren von amalgambefüllten Zähnen werden Amalgamsplitter freigesetzt, welche in weiterer Folge entweder ausgespült oder verschluckt werden (MZ-VERLAG 2008). Das im verschluckten Amalgam enthaltene Quecksilber wird im Magen teilweise gelöst und über die Darmwände in den Körper aufgenommen.

Zur Verringerung einer Quecksilberexposition beim zahnmedizinischen Umgang mit Amalgamfüllungen empfiehlt das deutsche Robert Koch-Institut (EIS & WOLF 2007):

### Quecksilber- exposition beim Zahnarzt

- die Verwendung von Nebelabsaugern, Speichelsaugern und eine ausreichende Wasserspraykühlung von mindestens 50 ml/min,
- die Verwendung von geeigneten Instrumenten, um mit geringem Anpressdruck möglichst große Füllungsfragmente zu entfernen,
- die regelmäßige Untersuchung von Amalgammischgeräten auf eventuelle Quecksilberverunreinigungen einschließlich sachgerechter Reinigung,
- die ordnungsgemäße Beseitigung der Amalgamabfälle.

### **AEV Medizinischer Bereich**

In Österreich müssen zahnärztliche Behandlungsanlagen, an denen Amalgam eingesetzt wird bzw. anfallen kann, mit Amalgamabscheidern ausgestattet sein (AEV Medizinischer Bereich). Dabei müssen folgende Bestimmungen beachtet werden:

- Der Amalgamabscheider muss die Amalgamfracht des ungereinigten Abwassers um mehr als 95 % vermindern (Mindestwirkungsgrad der Entfernung). Die baulichen Anforderungen der ÖNORM EN ISO 11143 „Amalgamabscheider – Begriffsbestimmungen, Anforderungen, Prüfung“, November 2000, müssen erfüllt sein.
- Infolge der am Behandlungsplatz eingesetzten Absaugmethode wird der Amalgamabscheider mit einer derart geringen Abwassermenge beaufschlagt, dass der geforderte Mindestwirkungsgrad der Entfernung zuverlässig und zeitlich durchgehend eingehalten wird.
- Vor dem erstmaligen Einbau muss eine Prüfung durch einen Sachkundigen, unter Einhaltung Prüfbedingungen der ÖNORM EN ISO 11143, November 2000, nachweisen, dass der Mindestwirkungsgrad der Entfernung zuverlässig und zeitlich durchgehend eingehalten wird.
- In regelmäßigen zeitlichen Intervallen von nicht größer als fünf Jahren wird der Amalgamabscheider nachweislich einer Zustands- und Funktionsprüfung gemäß den Anforderungen im Betriebsbuch des Herstellers durch einen vom Hersteller unterwiesenen Sachkundigen unterzogen.
- Der Amalgamabscheider wird zwecks ordnungsgemäßer Entsorgung des Abscheidegutes entsprechend den Vorkehrungen des Herstellers entleert. Bezüglich der Entsorgung werden vollständig und zeitlich durchgehend Aufzeichnungen geführt.
- Die Aufzeichnungen werden zur jederzeitigen Einsichtnahme durch die Behörde bereitgehalten und diesbezüglich in zweijährlichen Intervallen der Behörde ein Bericht vorgelegt.

Vor rund 10 Jahren hat es in Kärnten fallweise überhöhte Quecksilberwerte im Klärschlamm gegeben. Damals konnte nachgewiesen werden, dass die Quecksilberlast vorwiegend aus Zahnarztpraxen stammte<sup>18</sup>. Seit einigen Jahren ist über überhöhte Quecksilberwerte im Klärschlamm nichts mehr bekannt, weshalb angenommen werden kann, dass die *AEV Medizinischer Bereich* wirksam umgesetzt wird.

### **Abscheiderate von Amalgamabscheidern**

Am Markt angeboten werden Amalgamabscheider mit einer Abscheiderate von über 98 % (z. B. [www.metasys.com](http://www.metasys.com)). In der Praxis werden Systeme angeboten, bei denen der Zahnarzt den vollen Sammelbehälter an den Anbieter der Abscheideeinrichtung schickt, der wiederum für die Entsorgung zuständig ist. Zumindest ein Anbieter in Deutschland gibt an, dass er das Amalgam thermisch aufbereitet und das enthaltene Quecksilber dem Wirtschaftskreislauf wieder zuführt (METASYS 2008). Angeboten werden auch Sammelbehälter für und die Beseitigung von extrahierten Zähnen sowie die Beseitigung von mit Quecksilber kontaminierten Geräten (MEDENTEX 2008).

### **Amalgamreste = gefährliche Abfälle**

Amalgamreste, die in zahnärztlichen Praxen anfallen, sind quecksilberhaltige Rückstände und damit als gefährliche Abfälle der Schlüsselnummer SN 35326 „Quecksilber, quecksilberhaltige Rückstände, Quecksilberdampflampen“ zuzuordnen. Die Abfallbeseitigung hat mit Begleitschein über ein befugtes Unternehmen (gemäß § 25 AWG 2002) zu erfolgen. Abbildung 28 zeigt das Aufkommen an SN 35326

<sup>18</sup> persönliche Mitteilung: Ferner, Amt der Kärntner Landesregierung, 03.04.2008.

„Quecksilber, quecksilberhaltige Rückstände, Quecksilberdampflampen“, welches gemäß Begleitscheinen aus der Zahnmedizin stammt. Im Jahr 2005 betrug dieses Aufkommen rund 3 t.

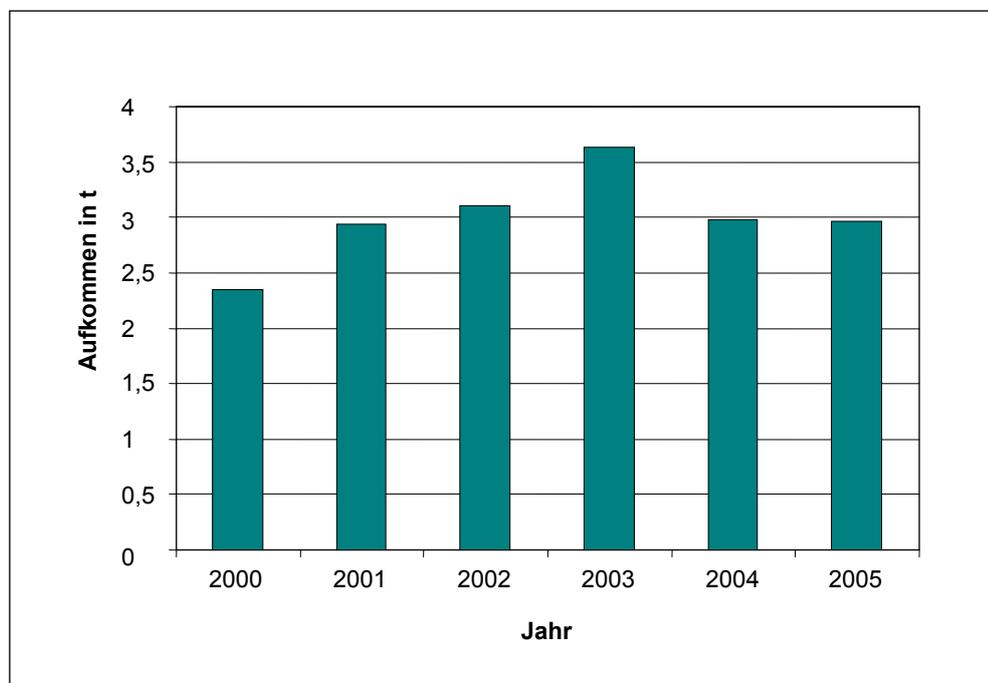


Abbildung 28: Aufkommen an quecksilberhaltigen Abfällen SN 35326 aus der Zahnmedizin in Österreich gemäß Begleitscheinauswertung (eigene Berechnungen, Datenstand 31.03.2008).

Für die Niederlande wurde die Abfallmasse aus zahnärztlicher Anwendung mit 2 t/a geschätzt (KOMMISSION „METHODEN UND QUALITÄTSSICHERUNG IN DER UMWELTMEDIZIN“ DES ROBERT KOCH-INSTITUTS 2007). Ein Anbieter für Amalgamabscheideeinrichtungen gibt an, dass in Deutschland jährlich 60 t Amalgam bzw. 30 t Quecksilber in Zahnarztpraxen als Abfall anfallen, wovon ca. 3,5 t in den Restmüll gelangen und der Rest über Filter- und Abscheideeinrichtungen gesammelt wird (MEDENTEX 2008).

### **Abschätzung der Hg-Frachten**

Überträgt man diese Zahlen aus den Niederlanden und Deutschland sowie jene aus Norwegen (siehe Tabelle 70) über die Einwohnerzahl auf Österreich, so müssten in Österreich jährlich 2 bis 6 t Amalgamabfälle (mit 1 bis 3 t Quecksilber) aus Zahnarztpraxen anfallen. Tatsächlich sind es jährlich, wie Abbildung 28 zeigt, rund 3 t getrennt gesammelter Amalgamabfall (mit rund 1,5 t Quecksilber) plus rund 0,4 t Zahnamalgam (mit rund 0,2 t Quecksilber), das im Restmüll anfällt. Dies entspricht jeweils rund einem Sechstel der in diesem Projekt errechneten Quecksilberfrachten für die Abfallströme ABF IGD (Abfälle aus Industrie-Gewerbe-Dienstleistungen) bzw. ABF PHH RM (Abfall aus privaten Haushalten Restmüll).

In Norwegen enthielten die Amalgamfüllungen der im Jahr 2003 Verstorbenen rund 0,2 t Quecksilber (SFT 2006). Überträgt man diesen Wert über die Einwohnerzahl auf Österreich, so müssten hier jährlich rund 0,36 t Quecksilber mit den Verstorbenen bestattet werden.

Nimmt man zusätzlich an, dass 3 g Quecksilber in Zahnamalgame pro Person (UMWELTBUNDESAMT 2007a) repräsentativ für die heute über 20-Jährigen ist, ergibt sich ein **Quecksilberlager von rund 18 t in den Zahnfüllungen der österreichischen Bevölkerung**. Dies entspricht auch dem für Schweden geschätzten Wert (WOLFF 2004).

### 8.5.2 Freisetzung aus Krematorien und bei Erdbestattung

Im Jahr 2005 sind in Österreich rund 75.000 Menschen verstorben (STATISTIK AUSTRIA 2007b). Rund 19.800 davon wurden feuerbestattet. In UMWELTBUNDESAMT (2007a) wurde angenommen, dass pro Verstorbenem im Schnitt rund 3 g Quecksilber im Zahnamalgame enthalten ist, und dass im Schnitt über alle 10 österreichischen Krematorien gerechnet nur rund 1/3 des Quecksilbers aus dem Abgas der Krematorien abgeschieden wird.

Daraus ergibt sich, dass im Jahr 2005 im Zahnamalgame der in Österreich verstorbenen rund 226 kg Quecksilber enthalten waren, davon 59 kg in die Krematorien verbracht sowie daraus 40 kg emittiert wurden. Rund 166 kg Quecksilber müssten über die Erdbestattungen in den Friedhofboden gelangt sein (siehe Tabelle 71).

*Tabelle 71: Verbleib des Quecksilbers aus dem Zahnamalgame der Verstorbenen in Österreich im Jahr 2005 (errechnet aus STATISTIK AUSTRIA 2007b und UMWELTBUNDESAMT 2007a).*

	Quecksilberfracht in kg
Gesamt in allen Verstorbenen	225
Input in Krematorien	59
Emission aus Krematorien in die Luft	40
Deposition in Friedhöfen	166

#### **Krematorien: keine einheitliche Genehmigung**

Krematorien unterliegen in Österreich derzeit keiner einheitlichen Genehmigung. In Deutschland sind Emissionen aus Krematorien in der Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung (27. BImSch-V) geregelt. Diese baut auf der VDI-Richtlinie 3891 (Mai 2001, Emissionsminderung Einäscherungsanlagen) auf.

In den 10 in Österreich betriebenen Krematorien (Feuerbestattungsinstitute) (Stand 2005) werden entweder Elektroöfen oder gasbeheizte Öfen eingesetzt. 2 Krematorien haben einen per Bescheid vorgeschriebenen Grenzwert für Quecksilber von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; ein Krematorium hat einen Grenzwert für die Summe von Cadmium, Thallium und Quecksilber von  $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Die 10 Krematorien sind wie folgt mit Emissions-Minderungstechnologien ausgestattet:

- 7 Anlagen haben keine sekundäre Emissionsminderungseinrichtung.
- Bei 2 Anlagen wird das Abgas durch Sprühabsorption mittels Aktivkohle und Kalk im Flugstromverfahren gereinigt.
- 1 Anlage besitzt eine Abgasreinigung bestehend aus Zyklon, Gewebefilter, und Festbettadsorber inkl. Kalkeindüsung (ohne Aktivkoks).

Zu den Quecksilberemissionen aus Krematorien wurden in Österreich bisher nur wenige Messungen durchgeführt. Ein System zum Monitoring der Hg-Emissionen aus Krematorien sollte eingeführt und diese mit Emissionsminderungstechnologien (auch in Hinblick auf Hg) ausgestattet werden.

Die Regierung von England und Wales hat sich das Ziel gesetzt, die Emission von Quecksilber aus Krematorien von 2005 bis zum Jahr 2012 durch Nachrüstung von Krematorien mit entsprechenden Abgasreinigungseinrichtungen zu halbieren. Da eine solche Nachrüstung nicht bei allen Krematorien wirtschaftlich tragbar erscheint, wurde von der Regierung von England und Wales angeregt, dass mehrere Betreiber von Krematorien jeweils einen Pool bilden. Dann sollen die Anlagen im jeweiligen Pool zur Erzielung einer 50%igen Quecksilberemissionsverringerung Reinigungseinrichtungen dort installieren, wo die Investitionskosten am geringsten sind.

Bei neuen Krematorien sind Reinigungseinrichtungen zur Abtrennung von Quecksilber aus dem Abgas in jedem Fall vorgeschrieben (DEFRA 2005).

### **Maßnahmen im Ausland**

#### **8.5.3 Quecksilberfrachten aus Zahnamalgam**

Hier wird gezeigt, wie die oben ermittelten Quecksilberfrachten, die mit der Nutzung von Zahnamalgam in Verbindung stehen, im Systemmodell berücksichtigt werden.

Die **18 t** Quecksilber, die im Zahnamalgam der österreichischen Bevölkerung enthalten sind, werden dem **Quecksilberlager Private Haushalte** zugerechnet. Die Quecksilberfrachten der einzelnen Ströme, die aus der Zahnbehandlung entstehen, sind in Tabelle 72 dargestellt.

*Tabelle 72: Die aus Zahnamalgam im Jahr 2005 freigesetzten Quecksilberfrachten (eigene Berechnungen).*

<b>Quecksilberpfad</b>	<b>Berücksichtigt im Strom</b>	<b>Quecksilberfracht in t</b>
Zahnamalgamreste im Restmüll	Restmüll PHH	0,35
Zahnamalgam von Privatperson an Zahnarzt	Altgüter PHH	2,75
Abfall Zahnarzt (2,52 t) + Aktivkohle der Krematorien (0,04 t)	Abfälle IGD	2,56
Abwasser Zahnarzt	Abwasser IGD	0,13
Abgas Krematorien	Abgas IGD	0,04
Erdbestattungen	Erdbestattungen (IGD → Oberboden)	0,17

#### **8.5.4 Empfehlungen zum Zahnamalgam**

Auch wenn der Einsatz von Zahnamalgam zurückgeht, bildet es weiterhin das größte Quecksilberlager im Bereich der privaten Haushalte, verursacht einen der größten Quecksilber-Abfallströme und ist eine der wichtigsten Quellen für Quecksilberemissionen in die Luft bzw. in den Boden.

Ein beschleunigtes Phase-Out von Zahnamalgam wäre ein wichtiger und effizienter Beitrag zum Umweltschutz.

### **beschleunigtes Phase-Out von Zahnamalgam**

### **Empfehlungen für Krematorien**

Basierend auf internen Recherchen des Umweltbundesamtes werden folgende Maßnahmen zur Überwachung/Verringerung der Schwermetallemissionen insbesondere der Hg-Emissionen aus Krematorien vorgeschlagen:

- Sämtliche österreichische Krematorien sollten mit sekundären Emissionsminderungstechnologien (nicht nur Staub) ausgerüstet/nachgerüstet werden. Eine Minderung der Quecksilberemissionen ist hauptsächlich durch das Einblasen von Aktivkoks/Aktivkohle zu erreichen.
- Folgende Sekundärminderungsmaßnahmen sind möglich (auch als Kombination): Massenkraftabscheider (nur als Vorabscheider), filternde Abscheider, Wäscher, Adsorptionsverfahren (Flugstromverfahren, Festbettadsorber) und katalytische Verfahren.
- Regelmäßige, wiederkehrende Emissionsmessungen durch befugte Sachverständige nach den Krematorien sollten durchgeführt werden; diese sollten auch Quecksilber und PCDD/F miteinschließen und einen Sauerstoffbezug anführen.
- Eine bundeseinheitliche Verordnung zu Krematorien inklusive der Angabe von Emissionsgrenzwerten für die Parameter Staub, CO, organischen Kohlenstoff, HCl, HF, PCDD/F, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Quecksilber, Cadmium, Blei und weiterer Schwermetalle sollte erlassen werden; die Festlegung eines Bezugssauerstoffgehaltes ist unbedingt notwendig.
- Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für die Luft sollte für den stationären Betrieb, aber auch bei instationären Zuständen (wie An- und Abfahrten) sowie während der Dauer von Wartungs- und Reparaturarbeiten durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden.
- Die Anlagen sollen regelmäßig gewartet werden.
- Die Prozess- und Regeltechnik sollte optimiert werden.

## **8.6 Quecksilberthermometer**

Ab dem 3. April 2009 dürfen Quecksilber-Fieberthermometer gemäß der EU-Richtlinie 2007/51/EG „hinsichtlich der Beschränkung des Inverkehrbringens bestimmter quecksilberhaltiger Messinstrumente“ nicht mehr in Verkehr gebracht werden.

In den Apotheken sind Quecksilber-Fieberthermometer nicht mehr erhältlich. Angeboten werden nur mehr digitale Fieberthermometer und analoge Fieberthermometer mit einer anderen Füllung als Quecksilber.

Da in den letzten Jahrzehnten angekaufte Quecksilberthermometer nur selten zurückgegeben wurden – in erster Linie Familien mit Kleinkindern sahen sich veranlasst die Quecksilberthermometer aus der Umgebung der Kinder zu entfernen –, hatte sich ein beträchtliches Lager an Quecksilber in den alten Fieberthermometern in den österreichischen Haushalten angesammelt.

### **Rückholaktion Tag der Apotheke am 9. Oktober 2007**

Anlässlich des Tags der Apotheke am 9. Oktober 2007 startete das Umweltministerium in Kooperation mit der Apothekerkammer eine „Rückholaktion“ für alte Quecksilber-Fieberthermometer. Diese wurden bis 25. Oktober 2007 in den Apotheken zum deutlich ermäßigten Preis von 1 € gegen ein digitales Fieberthermometer ausgetauscht. Ursprünglich war mit einer Rücklaufzahl von 50.000 Quecksilberthermometern gerechnet worden. Tatsächlich wurden in den nur 15 Werktagen ei-

ne geschätzte Million an Quecksilberthermometern und damit rund 1 t Quecksilber<sup>19</sup> zurückgebracht. Die Aktion war so erfolgreich, dass schon bald keine digitalen Thermometer mehr verfügbar waren und nachgeschickt werden mussten.

Die Behälter, in denen die Quecksilber-Thermometer in den Apotheken gesammelt wurden, wurden vom pharmazeutischen Großhandel abgeholt, von der Firma Saubermacher übernommen und in eine Unter-Tage-Deponie in Deutschland verbracht (LEBENS MINISTERIUM PRESSESTELLE 2007a, b, c).

Da aufgrund der Kürze der Aktion bei weitem nicht alle österreichischen Haushalte erreicht wurden, wird angenommen, dass nur rund die Hälfte der in den österreichischen Haushalten gelagerten Fieberthermometern zurückgegeben wurden und somit immer noch ein Quecksilberlager von rund 1 t besteht.

In jedem Fall sollte die Aktion wiederholt und auf jene ÖsterreicherInnen ausgedehnt werden, die bisher noch nicht erreicht wurden.

**Wiederholung  
empfohlen**

### 8.6.1 Quecksilberfrachten aus Quecksilberthermometer

Das **Quecksilberlager in privaten Haushalten wird auf 1 t** geschätzt. Unter den Annahmen

- einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren bis die vorhandenen Thermometer zu Bruch gehen,
- und dass jeweils die Hälfte des freigesetzten Quecksilber verdunstet bzw. im Restmüll gesammelt wird,

ergeben sich **Quecksilberfrachten von jeweils 0,05 t/a, die einerseits dem Abgas PHH und andererseits dem Restmüll** zugerechnet werden.

## 8.7 Batterien in Elektro-Autos

Elektroautos sind nur so gut wie die Energiespeicher, aus denen sie die Antriebskraft schöpfen (TUEBKE 2008). Zurzeit werden für Elektroautos vor allem Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren als Energiespeicher eingesetzt (WIKIPEDIA 2008b). Toyota und Partner Panasonic bauen den mit einer Spannung von 288 Volt derzeit leistungsstärksten Stromspeicher aus Nickel-Metallhydrid, der unter anderem im Toyota Prius zum Einsatz kommt. In der nächsten Generation an Elektro-Autos (ab 2009) werden aber bereits Lithium-Ionen-Akkumulatoren großflächig zum Einsatz kommen. Die von JCI Hannover (vormals VARTA) und SAFT für Mercedes entwickelte Lithium-Ionen-Batterie soll eine wartungsfreie Lebensdauer von etwa zehn Jahren haben. Sie soll auch 40 Prozent leichter und um 40 bis 60 Prozent kleiner sein als die derzeit in Hybrid- oder Elektroautos eingesetzten Nickel-Metallhydrid-Speicher. Die Reichweite der Lithium-Ionen-Batterie soll bei 100 km liegen. Weiters weisen Lithium-Ionen-Batterien eine hohe Leistungsdichte und geringe Selbstentladung auf. Sie reagieren aber sensibel auf Spannungsabfälle, Überhitzung oder

**Lithium-Ionen-  
Akkumulatoren im  
Kommen**

<sup>19</sup> Ein Quecksilber-Fieberthermometer enthält zwischen 0,5 und 3 g Quecksilber (THE GREEN LANE 2004). Im Schnitt liegt der Quecksilbergehalt üblicher Fieberthermometer bei etwa 1,4 g (OTTO & MÜHLEND AHL 2007).

Deformationen. Lithium ist ein hoch reaktives Leichtmetall. Eine Überhitzung auf 700 bis 800 °C kann eine explosionsartige Reaktion auslösen. Separatoren aus Kunststoff sollen verhindern, dass die Elemente miteinander reagieren und die Batterie bei einem Verkehrsunfall explodiert (TUEBKE 2008).

Professor Karl Kordesch, der führende Batterie-Experte in Österreich, ist trotz der berichteten Vorteile noch nicht überzeugt, dass sich der Lithium-Ionen-Akkumulator als Energiespeicher in Elektro-Autos durchsetzen wird, da auch Blei- und Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren noch einiges an Verbesserungspotenzial aufzuweisen haben (BRANDL 2008).

Eine detaillierte Studie zu den Umweltauswirkungen der aktuell in Fahrzeugen verwendeten bzw. in Einführung befindlichen Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren oder Lithium-Ionen-Akkumulatoren als Fahrzeugbatterien konnte nicht gefunden werden. Deshalb können hier nur einige allgemeine Aussagen zur Umweltgefährdung dieser beiden Batterietypen getroffen werden.

**Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren** verwenden eine Kathode mit Nickelhydroxid und eine Anode aus einem Metallhydrid. Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulatoren können Kobalt enthalten (NOREAUS 2000).

#### **Toxizität von Nickel**

Nickel kann in hohen Dosen zu einer Reihe von Erkrankungen führen. Besonders gut lösliche Verbindungen, wie Nickelacetat und Nickel-Sulfid-Komplexe, stehen im Verdacht, krebserregend zu sein.

Nickel weist kein akutes toxisches Potenzial auf. Allergische Hautreaktionen (Kontaktdermatitis) sind die häufigsten Krankheitserscheinungen. Der Hauptaufnahmeweg für Nickelstäube erfolgt über den Atemtrakt und kann zu einer Reizung der Atemwege führen. Bei chronischer Belastung stehen auch hier allergische Reaktionen im Vordergrund (Ausbildung von Lungenasthma) (DFG 2004). Zudem besteht der begründete Verdacht auf kanzerogenes Potenzial. Als TRK-Wert für die einatembare Fraktion ist eine Konzentration von 0,5 mg/m<sup>3</sup> angegeben (Grenzwertverordnung 2003).

Die Umweltgefährdung, die von Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren ausgeht, ist deutlich geringer als jene von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren. Dennoch besitzen auch sie ein bedeutendes Umweltgefährdungspotenzial. Deshalb ist auf eine lückenlose Rückgabe aller Akkumulatortypen gemäß § 12 der Deponieverordnung 2008 zu achten.

#### **Material der Lithium-Ionen-Akkus**

Das aktive Material der negativen Elektrode (Anode) der im Jahr 2005 gängigen **Lithium-Ionen-Akkumulatoren** besteht aus Graphit. Die positive Elektrode (Kathode) enthält meist Lithium-Metalloxide in Schichtstruktur wie LiCoO<sub>2</sub> (Lithiumcobaltoxid), LiNiO<sub>2</sub> oder dem Spinell LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Der Lithium-Ionen-Akkumulator muss komplett wasserfrei sein (Gehalt an H<sub>2</sub>O < 20 ppm), da sonst das Wasser mit dem Leitsalz LiPF<sub>6</sub> zu HF (Flusssäure) reagiert. Meist wählt man eine Mischung von wasserfreien, aprotischen Lösungsmitteln (Ethylencarbonat, Propylencarbonat) mit niedrigviskosen Alkylcarbonaten/Äthern (Dimethylcarbonat, Diethylcarbonat oder 1,2-Dimethoxyethan) und Lithiumsalzen als Elektrolyten.



Mit folgenden Materialien wird experimentiert:

- Anode:
  - Graphit (Interkalation von Lithium),
  - nanokristallines, amorphes Silizium (Interkalation von Lithium),
  - $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ .
- Elektrolyt (wasserfrei),
  - Salze, wie  $\text{LiPF}_6$  (Lithium-Hexafluorphosphat) oder  $\text{LiBF}_4$  (selten) in wasserfreien aprotischen Lösungsmitteln (z. B. Ethylencarbonat, Diethylencarbonat etc.),
  - Polymer aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polyvinylidenfluorid-Hexafluoropropylen (PVDF-HFP).
- Kathode,
  - $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ ,  $\text{LiNi}_{0,85}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$  oder  $\text{LiNi}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{O}_2$ ,
  - $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Spinell,
  - $\text{LiFePO}_4$  (WIKIPEDIA 2008c).

Die genaue Zusammensetzung der Lithium-Ionen-Akkumulatoren für die Elektrofahrzeuge ist nicht bekannt. Es ist aber davon auszugehen, dass sie neben sehr reaktiven Lithiumverbindungen Schwermetalle und hochreaktive Fluoridverbindungen enthalten. Diese Verbindungen besitzen zum Teil ein sehr hohes Umweltgefährdungspotenzial. Auf eine lückenlose Rückgabe gemäß § 12 der Deponieverordnung 2008 und eine umweltfreundliche Behandlung der verbrauchten Lithium-Ionen-Akkumulatoren ist zu achten.

Allenfalls vorhandene Studien zur Umweltgefährdung von Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren oder Lithium-Ionen-Akkumulatoren als Fahrzeugbatterien sollten veröffentlicht, noch nicht vorhandene Studien erstellt werden.

## 9 FRAGEN FÜR WEITERE FORSCHUNGEN

Aus den Analysen des gegenständlichen Projektes ergeben sich folgende Fragen, die durch weitere Forschungen zu beantworten wären:

Gibt es in Österreich für die Schwermetalle letzte Senken? – Werden bzw. wurden blei-, cadmium- und quecksilberhaltige Abfälle in einer Form deponiert, in der die Schwermetalle auseichend immobilisiert sind?

Wie verändert sich die Zusammensetzung der Produkte über die Jahre hinweg? → Verstärktes Monitoring in Produkten um zu sehen, wie sich Produkte verändern?

In wie weit werden sich in Zukunft die Abfallflüsse ändern, wenn alle Produkte die heutigen Regelungen einhalten?

Gibt es Importprodukte (vor allem aus Asien z. B. Spielzeuge) mit hohem Blei-, Cadmium- oder Quecksilbergehalt?

Was geschieht mit Altfahrzeugen und am Straßenrand gesammeltem Elektronikschrot, die ins Ausland verbracht werden: werden sie im ursprünglichen Verwendungszweck weitergenutzt, recycelt oder kostengünstig beseitigt?

Was wäre aus Sicht der österreichischen Abfallwirtschaft die optimale Behandlung jener Teile der Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge, die nach dem ersten Zerlegungsschritt als Stoffgemisch anfallen (Kunststoffmetallgemische)? → Verbrennung, Mitverbrennung, Aufbereitung der Kunststoffe (zu welcher weiteren Nutzung?), Rückgewinnung der Metalle?

Welche jährliche Masse an Blei, Cadmium und Quecksilber ist für das Funktionieren des Systems Österreich mindestens notwendig? Auf welche im Umlauf befindlichen Mindestfrachten sollten Blei, Cadmium und Quecksilber reduziert werden. Welche Frachten/anthropogenen Lager sollten in sichere Senken überführt werden?

Das Lager auf Deponien konnte nur ganz grob geschätzt werden. Welches Pb-, Cd-, Hg-Lager auf Deponien ergibt eine detailliertere Analyse?

Wie stark wird das Wild (insbesondere die Wildvögel) und der Boden durch Bleimunition und Fischereigewichte in Österreich beeinträchtigt?

Welche Gesundheitsgefährdung geht von Munitionsrückständen in erlegtem Wild aus?

Wie ließe sich die Marktdurchdringung von Alternativen zu Zahnamalgam beschleunigen?

Wieviele Quecksilber-Thermometer lagern auch nach der Aktion vom Oktober 2007 noch in den österreichischen Haushalten?



# 10 ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Ergebnisse des Projektes RUSCH zusammen, und leitet daraus weitere Schlussfolgerungen sowie die abschließenden Empfehlungen ab.

Zur besseren Übersicht ist in Abbildung 29 nochmals das der Stoffflussanalyse zugrunde liegende Gesamtsystem „Österreich 2005“ dargestellt.

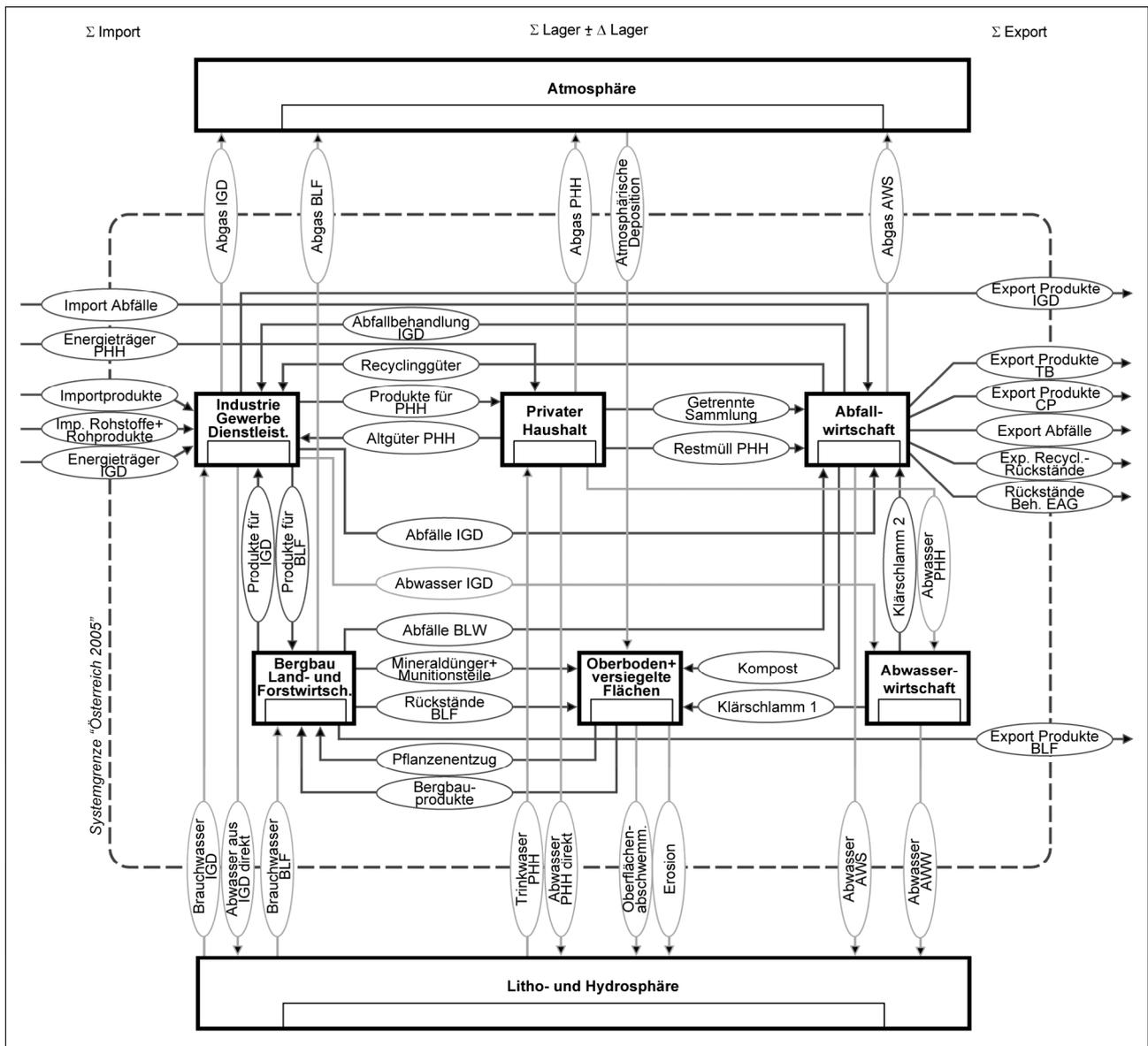


Abbildung 29: Systembild Gesamtsystem „Österreich 2005“.

## 10.1 Konsumgüter und Güter des Lagers mit hohen Blei-, Cadmium- oder Quecksilberfrachten

In Tabelle 73, Tabelle 74 und Tabelle 75 sind jene Konsum- bzw. Lagergüter aufgelistet, die für die größten Schwermetallfrachten verantwortlich sind. Im Falle der Konsumgüter werden die bedeutendsten fünf Blei-, Cadmium- und Quecksilber-Träger aufgelistet, für die Lagergüter sind die drei maßgebenden Kategorien und zusätzlich das Deponielager angeführt. Der Rest verteilt sich auf alle übrigen Konsum- und Lagergüter. In Spalte 3 ist der durchschnittliche Schwermetallgehalt der jeweiligen Gütergruppe angegeben, Spalte 4 und 5 zeigen die Masse bzw. den Anteil an der gesamten Schwermetallfracht. Im Vergleich dazu werden jeweils auch die Masse (Spalte 1) und der Anteil (Spalte 2) am totalen Güterumsatz bzw. -bestand angegeben.

Tabelle 73: Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Blei (eigene Berechnungen).

	Masse	Anteil	Pb-Gehalt	Pb-Fracht	Anteil
<b>Güterumsatz Top 5</b>	[kt]	[%]	[mg/kg]	[kt]	[%]
1. Starterbatterien (in Kfz)	33	0,019	550.000	<b>18</b>	56
2. Munition	–	–	950.000	<b>0,81</b>	2,5
3. Kunststoffe (PVC)	170	0,10	3.500	<b>0,59</b>	1,8
4. Bergbauprodukte	98.000	58	6	<b>0,54</b>	1,7
5. Energieträger	35.000	21	7	<b>0,26</b>	0,8
<i>Rest</i>	<i>37.000</i>	<i>22</i>	<i>320</i>	<i>12</i>	<i>37</i>
<b>Totaler Güterumsatz Ö</b>	<b>170.000</b>	<b>100</b>		<b>32</b>	<b>100</b>
	Masse	Anteil	Pb-Gehalt	Pb-Fracht	Anteil
<b>Güterbestand Top 3</b>	[kt]	[%]	[mg/kg]	[kt]	[%]
1. Starterbatterien (in Kfz)	86	0,0019	550.000	<b>47</b>	25
2. Wasserleitungen	26	0,00059	800.000	<b>21</b>	11
3. Elektrogeräte	1.600	0,036	790	<b>1,3</b>	0,66
<i>Deponielager</i>	<i>150.000</i>	<i>3,3</i>	<i>440</i>	<i>66</i>	<i>35</i>
<i>Rest</i>	<i>4.350.000</i>	<i>97</i>	<i>13</i>	<i>54</i>	<i>29</i>
<b>Totaler Güterbestand Ö</b>	<b>4.500.000</b>	<b>100</b>		<b>190</b>	<b>100</b>

### Top Konsum- & Lagergüter Blei

Die Bleifracht in Konsumgütern ist zu nahezu  $\frac{2}{3}$  auf eine Gütergruppe, nämlich Starterbatterien, beschränkt. Die übrigen erwähnenswerten Güter werden in Mengen von ein bis zwei Größenordnungen darunter konsumiert. Die verbleibende Bleimenge findet sich in der Gütergruppe „Blei und Waren daraus“, die zum Großteil zur Weiterverarbeitung in IGD gelangt und deren weiterer Verbleib (zur Herstellung anderer Güter, Export) nicht geklärt werden kann. Das Bleilager in IGD sowie PHH setzt sich wiederum aus Starterbatterien (in den Kraftfahrzeugen) sowie einem Anteil von mehr als 10 % in Wasserver- und -entsorgungsleitungen zusammen.

In Bezug auf das gesamte anthropogene Lager beträgt der Anteil von Industrie/Gewerbe sowie privaten Haushalten etwa 65 %, jener des Deponielagers rund 35 %.

Tabelle 74: Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Cadmium (eigene Berechnungen).

	Masse	Anteil	Cd-Gehalt	Cd-Fracht	Anteil
<b>Güterumsatz Top 5</b>	[kt]	[%]	[mg/kg]	[kt]	[%]
1. Ni-Cd-Akkumulatoren	384	0,00023	110.000	<b>41</b>	57
2. Elektrogeräte	130.000	0,076	110	<b>15</b>	21
3. Bergbauprodukte	98.000.000	58	0,081	<b>8,0</b>	11
4. Energieträger	35.000.000	21	0,099	<b>3,5</b>	4,8
5. Düngemittel	480.000	0,28	5,8	<b>2,8</b>	3,8
<i>Rest</i>	<i>36.000.000</i>	<i>21</i>	<i>0,045</i>	<b><i>1,6</i></b>	<i>2,2</i>
<b>Totaler Güterumsatz Ö</b>	<b>170.000.000</b>	<b>100</b>		<b>72</b>	<b>100</b>
	Masse	Anteil	Cd-Gehalt	Cd-Fracht	Anteil
<b>Güterbestand Top 3</b>	[kt]	[%]	[mg/kg]	[kt]	[%]
1. Ni-Cd-Akkumulatoren	2.500	0,000056	110.000	<b>269</b>	21
2. Elektrogeräte	1.600.000	0,036	119	<b>190</b>	15
3. Kunststoffe	11.000.000	0,2	11	<b>125</b>	9,9
<i>Deponielager</i>	<i>150.000.000</i>	<i>3,3</i>	<i>3,7</i>	<b><i>550</i></b>	<i>44</i>
<i>Rest</i>	<i>4.340.000.000</i>	<i>96</i>	<i>0,029</i>	<b><i>126</i></b>	<i>10</i>
<b>Totaler Güterbestand Ö</b>	<b>4.500.000.000</b>	<b>100</b>		<b>1.260</b>	<b>100</b>

Im Falle von Cadmium beschränkt sich der Einsatz mit knapp 80 % nahezu vollständig auf zwei Gütergruppen, nämlich Ni-Cd-Akkumulatoren (57 %) und Elektrogeräte (21 %). Zusammen mit den unerwünschten Verunreinigungen in Bergbauprodukten, Energieträgern und Düngemitteln ergeben sich fast 98 % des gesamten Cadmiumkonsums.

Hinsichtlich der Cadmiumlager ist das Deponielager mit knapp 45 % am bedeutendsten. Das Konsumlager setzt sich hauptsächlich aus Cadmiumfrachten in Ni-Cd-Akkumulatoren, Elektrogeräten sowie Kunststoffen zusammen. Insgesamt sind diese drei Gütergruppen für ebenfalls etwa 45 % des gesamten anthropogenen Cadmiumlagers verantwortlich.

Die bedeutendsten Konsumgüter beinhalten mit Amalgam für die Zahnmedizin (rund 34 %) nur eine Gütergruppe, in welcher Quecksilber bewusst eingesetzt wird. In den übrigen vier Gütergruppen tritt Quecksilber als Verunreinigung auf. In Summe beträgt der Anteil der „Top 5“ Konsumgüter 98,9 % des gesamten Quecksilberaufkommens.

Die angeführten Güter des Lagers – Amalgam (14 %), Elektrogeräte, Fieberthermometer und vor allem das Deponielager mit etwa 82 % – umfassen mehr oder weniger das gesamte anthropogene Quecksilberlager.

### **Top Konsum- & Lagergüter Cadmium**

### **Top Konsum- & Lagergüter Quecksilber**

Tabelle 75: Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Quecksilber (eigene Berechnungen).

	Masse	Anteil	Hg-Gehalt	Hg-Fracht	Anteil
<b>Güterumsatz Top 5</b>	[kt]	[ %]	[mg/kg]	[kt]	[ %]
1. Amalgam (Mensch)	6	0,0000037	500.000	3,2	34
2. Energieträger	35.000.000	21	0,086	3,0	33
3. Bergbauprodukte	98.000.000	58	0,023	2,2	24
4. Holz	20.000.000	12	0,033	0,66	7,1
5. Batterien	36.000	0,021	3,3	0,12	1,3
<i>Rest</i>	17.000.000	10	0,0060	0,10	1,1
<b>Totaler Güterumsatz Ö</b>	<b>170.000.000</b>	<b>100</b>		<b>9,3</b>	<b>100</b>
	Masse	Anteil	Hg-Gehalt	Hg-Fracht	Anteil
<b>Güterbestand Top 3</b>	[kt]	[ %]	[mg/kg]	[kt]	[ %]
1. Amalgam (Mensch)	36	0,00000080	500.000	18	13
2. Elektrogeräte	1.600.000	0,036	2,7	4	3,3
3. Fieberthermometer	15	0,00000033	67.000	1,0	0,75
<i>Deponielager</i>	150.000.000	3,3	0,73	110	82
<i>Rest</i>	4.350.000.000	97	0,000017	0,07	0,055
<b>Totaler Güterbestand Ö</b>	<b>4.500.000.000</b>	<b>100</b>		<b>133</b>	<b>100</b>

## 10.2 Stoffflussbilanzen

Die nachfolgende Tabelle 76 zeigt Export- und Konsumflüsse sowie jene Blei-, Cadmium und Quecksilberfrachten, welche in die Abfallwirtschaft gelangen jeweils im Vergleich zum gesamten Import in das System „Österreich“ für das Jahr 2005.

Tabelle 76: Export- und Konsumflüsse sowie Flüsse in die Abfallwirtschaft für Blei, Cadmium und Quecksilber im Vergleich zum Import für das Jahr 2005.

Flüsse	Blei		Cadmium		Quecksilber	
	Fluss [kt]	% des Imports	Fluss [t]	% des Imports	Fluss [t]	% des Imports
Importe	48,9	100	145	100	8,9	100
Exporte	46,1	94	154	106	8,7	98
<i>als Güter</i>	45,6	93	128	88	5,6	63
<i>über Wasser und Luft</i>	0,6	1	26	18	3,1	35
Konsum	32,0	65	72	50	9,3	104
Abfallwirtschaft	27,4	56	184	127	13,7	154
Belastung des Bodens	1,0	2,1	9,8	6,8	1,7	19

### 10.2.1 Stoffflussbilanz Blei

Die Bleibilanz zeigt, dass die Bleifrachten in den Güterströmen (inklusive Güter-Importe und Güter-Exporte) sowie in den Abfallströmen dominieren. Sowohl die Flüsse in den Konsum als auch jene in die Abfallwirtschaft betragen rund 2/3 der Gesamtumsatzmenge. Die Frachten in die Umweltmedien sind gering, sie belaufen sich auf etwa 1 % des jährlichen Imports.

### 10.2.2 Stoffflussbilanz Cadmium

Im Falle von Cadmium bewegen sich die internen Flüsse etwa in der gleichen Größenordnung wie die Importe bzw. Exporte. Letztere übersteigen die Importe um etwa 6 %, was zu einer (jährlichen) Abnahme des gesamten Lagers (nicht jenes in IGD und auf Deponien) führt. Cadmiumflüsse in die Umweltmedien bewegen sich in einer Größenordnung von 10–15 %, wobei der weitaus größte Anteil über Erosion und Auswaschung des Oberbodens in die Litho- und Hydrosphäre gelangt.

### 10.2.3 Stoffflussbilanz Quecksilber

Die Quecksilberbilanz zeigt die Bedeutung der Kreislauf- bzw. Abfallwirtschaft für Österreich. Knapp 14 t Quecksilber jährlich gelangen in die Abfallwirtschaft. Im Gegensatz zum Blei strömt Quecksilber nur zum Teil aufgrund gewünschter Produkteigenschaften, sondern vor allem als Verunreinigung von Produkten durch die Wirtschaft. Die konsumierte Quecksilbermenge beträgt etwa 9 t pro Jahr und liegt damit immerhin noch knapp über dem Quecksilberimport. Die internen Flüsse übersteigen somit die Importe bzw. die Exporte deutlich. Für Quecksilber überwiegen die importierten Mengen geringfügig gegenüber den exportierten, weshalb das gesamte Quecksilberlager jährlich marginal zunimmt. Die in die Umwelt verfrachteten Mengen betragen etwa 35 % der Importfrachten, wobei wiederum der Fluss „Erosion und Auswaschung“ aus dem Oberboden den weitaus bedeutendsten Anteil darstellt.

## 10.3 Anthropogene Lager Blei, Cadmium und Quecksilber

Die nachfolgende Abbildung 30 zeigt die anthropogenen Blei-, Cadmium- und Quecksilberlager in Österreich und stellt die Anteile der Lager in den Bereichen Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (IGD), privaten Haushalten (PHH) jenem in Deponien gegenüber.

In Abbildung 31 sind die bilanzierten Lageränderungen der gesamten Blei-, Cadmium- und Quecksilberlager sowie jene der anthropogenen Lager (wiederum für die Prozesse IGD, PHH und für Deponien) dargestellt.

### **Lageränderungen**

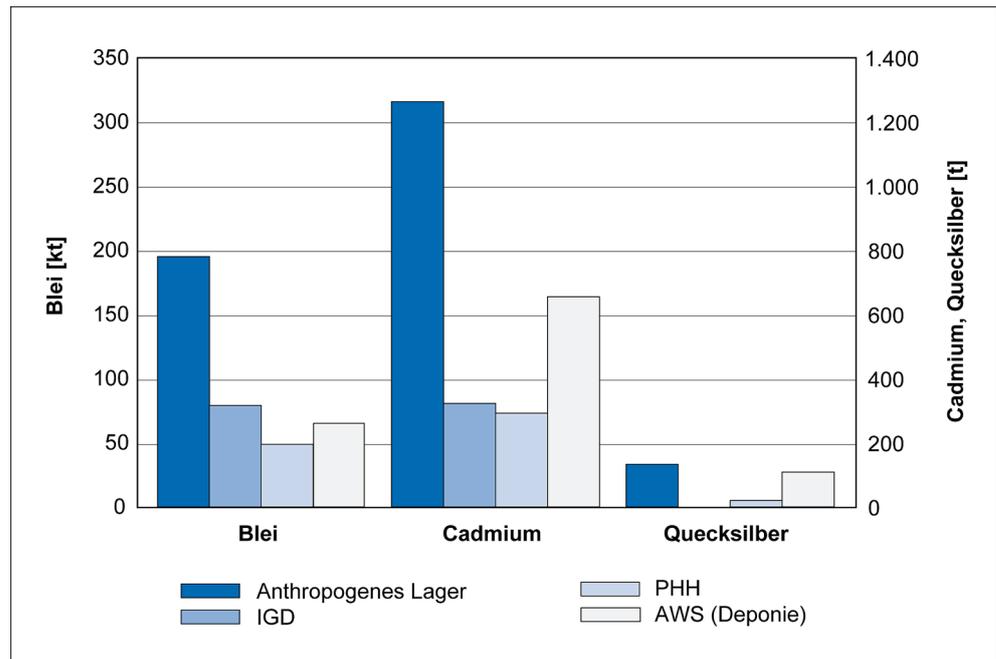


Abbildung 30: Anthropogene Lagerbestände in IGD, PHH und Deponien für Blei, Cadmium und Quecksilber (IGD = Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, PHH = Private Haushalte, AWS = Abfallwirtschaftssystem) (eigene Berechnungen).

Hinsichtlich der bilanzierten Lageränderungen muss darauf hingewiesen werden, dass diese zuweilen mit relativ hohen Unsicherheiten behaftet sind (vgl. die dargestellten Fehlerindikatoren in Abbildung 31). Die errechneten Lageränderungen sind daher nur als „wahrscheinlichste“ Werte mit entsprechend großen möglichen Schwankungsbereichen anzusehen.

**große  
Unsicherheits-  
bereiche**

Generell ergeben sich vor allem beim Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen aufgrund der Datenlage bezüglich industriell/gewerblicher Abfälle große Unsicherheitsbereiche was die Stofffrachten betrifft. Diese werden natürlich auch auf die Berechnung der Lageränderungen übertragen. Damit sind auch nur dementsprechend unsichere Angaben hinsichtlich des anthropogenen und des gesamten Lagers möglich.

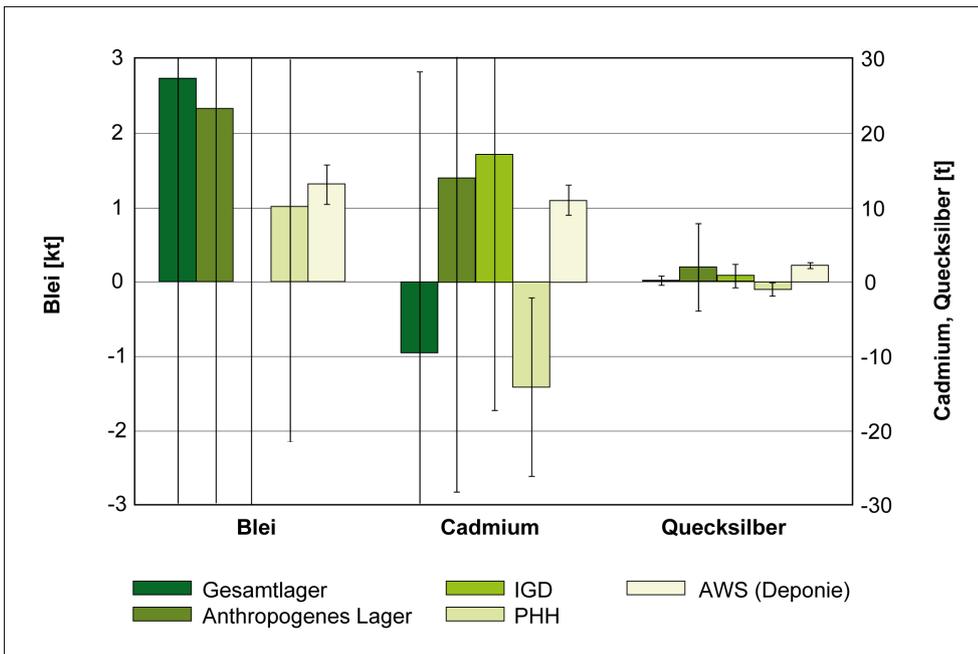


Abbildung 31: Lageränderungen des Gesamtlagers sowie der anthropogenen Lager in IGD, PHH und in Deponien für Blei, Cadmium und Quecksilber (IGD = Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, PHH = Private Haushalte, AWS = Abfallwirtschaftssystem) (eigene Berechnungen)

### 10.3.1 Bleilager

Das gesamte anthropogene Bleilager wird auf etwa 200 kt geschätzt, wovon knapp 40 % (rund 75 kt) auf das Lager in IGD und etwa 1/4 (rund 50 kt) auf PHH entfallen. Damit befinden sich in Summe etwa 2/3 des Bleilagers noch „in Gebrauch“, vorwiegend in Starterbatterien und verschiedensten nicht näher definierten Gütern. Ein Anteil von etwas mehr als 10 % oder rund 21 kt ist in der bestehenden Infrastruktur (Wasserver- und Abwasserentsorgungsleitungen) verbaut.

Während die Lageränderung in IGD im Mittel mit nahezu = 0 bilanziert wurde, ist für das Lager in PHH eine Zunahme um rund 1 kt/a, dies entspricht etwa 2 %, erkennbar. Ein Großteil davon ist in Bleiakkumulatoren und Starterbatterien der Kraftfahrzeuge enthalten, deren Bestand in privaten Haushalten gemäß statistischen Aufzeichnungen (STATISTIK AUSTRIA, 2007) jährlich ebenfalls um rund 1 bis 1,5 % zunimmt.

Das Bleilager in Deponien macht einen Anteil von rund 1/3 des gesamten anthropogenen Bleilagers aus, es wächst um rund 1,3 kt pro Jahr und damit um rund 2 %. Der größte Teil der jährlichen Bleifrachten auf Deponien stammt von Abfällen, welche direkt deponiert werden, sowie den Rückständen aus der thermischen Behandlung.

Der Lagerzuwachs des Gesamtlagers ist geringfügig höher als jener des anthropogenen Lagers, da auch das Lager im Oberboden, vor allem aufgrund des Bleieintrags durch Munitionsteile, um rund 0,4 kt pro Jahr zunimmt.

### 10.3.2 Cadmiumlager

In der Anthroposphäre lagern insgesamt etwa 1.300 t Cadmium, wobei knapp die Hälfte in Gütern und Infrastruktur von IGD und PHH in Gebrauch ist. Der weitaus größte Teil des Cadmiums befindet sich in zwei Gütergruppen, nämlich in Ni-Cd-Akkumulatoren und -Batterien (rund 270 t oder 21 %) sowie Elektrogeräten (rund 190 t oder 15 %).

Während das Lager in PHH jährlich um etwa 14 t bzw. 5 % abgebaut wird, wächst jenes in im Bereich Industrie und Gewerbe noch um rund 17 t pro Jahr bzw. etwas mehr als 5 % an. Die Lagerverringerung in privaten Haushalten ist unter anderem dadurch bedingt, dass Ni-Cd-Akkumulatoren zunehmend durch andere Technologien ersetzt und alte Akkus/Batterien entsorgt werden. Ebenso wird Cadmium als Additiv in Kunststoffen nicht mehr eingesetzt und damit dieses Lager mehr und mehr abgebaut. Jedenfalls ist anzunehmen, dass dieses Lager auch in Zukunft abnehmen wird und damit entsprechende Cadmiumfrachten in die Abfallwirtschaft gelangen.

Das Cadmiumlager in Deponien wird derzeit auf rund 650 t geschätzt, was etwas mehr als 50 % des anthropogenen Cadmiumlagers entspricht. Ein Fünftel oder etwa 130 t davon sind in alten Kunststoffen, vornehmlich PVC, enthalten.

Das anthropogene Cadmiumlager wächst (derzeit) noch, da neben der Zunahme des Lagers in IGD sich auch jenes in Deponien stetig erhöht. Im Gegensatz zu Blei nimmt allerdings das gesamte Cadmiumlager ab, vor allem weil aufgrund der Erosion und Auswaschung des Oberbodens rund 25 t Cadmium pro Jahr in die Litho- und Hydrosphäre (und damit aus dem System) verfrachtet werden.

### 10.3.3 Quecksilberlager

Das Quecksilber im anthropogenen Lager befindet sich nahezu ausschließlich auf Deponien. Rund 110 t bzw. über 80 % sind in abgelagerten Abfällen enthalten. Zudem wächst das Deponielager jährlich um etwa 2,2 t, was einer Zunahme um rund 2 % entspricht. Die höchsten Quecksilberfrachten sind dabei in direkt deponierten Abfällen (rund 1,5 t) sowie den Rückständen aus der thermischen Behandlung (rund 0,45 t) enthalten. Mit den Rückständen aus mechanisch-biologischen Anlagen gelangen noch weitere knapp 0,2 t auf Deponien.

Das Konsumlager in IGD und PHH umfasst 23 t bzw. weniger als 20 % des anthropogenen Lagers, von denen wiederum 21 t auf das Lager in privaten Haushalten (Zahnfüllungen) entfallen. Nahezu das gesamte Quecksilber ist in drei Gütergruppen enthalten, nämlich Amalgamfüllungen (rund 18 t), Elektrogeräten (rund 4 t) sowie in Quecksilber-Fieberthermometern (rund 1 t). Hinsichtlich der Lagerentwicklung gilt ähnliches wie für Cadmium. Während sich das Lager in privaten Haushalten jährlich um etwa 1 t oder knapp 5 % verringert, nimmt jenes in IGD um knapp 0,8 t pro Jahr zu.

Das gesamte Quecksilberlager bleibt mehr oder weniger konstant (bilanzierte Lageränderung 0,16 t pro Jahr), das anthropogene Lager wächst hingegen um rund 2 t pro Jahr, was zum Großteil auf die Lageränderung in den Deponien zurückzuführen ist. Die ausgeglichene Bilanz des Gesamtlagers ergibt sich aus der Lagerabnahme in Bergbau, Land- und Forstwirtschaft und vor allem der Verringerung des Quecksilberlagers im Oberboden. Die Quecksilberfrachten, die von der Bo-



denoberfläche erodiert und aus dem Boden ausgewaschen werden, haben mit rund 1,8 t jährlich einen Anteil von etwa 20 % an den gesamten Quecksilber-Exportflüssen aus dem System.

### 10.4 Pfade mit denen Blei, Cadmium und Quecksilber in die Umwelt gelangen

Über das Abgas gelangen jährlich rund 14 t Blei und jeweils rund eine Tonne Cadmium und Quecksilber in die Atmosphäre. Davon stammen zwischen 70 und 80 % bei allen Metallen aus dem Prozess IGD, zwischen 15 und 20 % aus dem privaten Haushalt (PHH, siehe Abbildung 32). Die Anteile der Emissionen aus der Abfallwirtschaft (AWS) liegen zwischen 1 % (Cadmium) und 6 % (Quecksilber) an den gesamten Emissionen. Der Prozess BLF trägt bei Blei und Quecksilber am wenigsten zu den atmosphärischen Emissionen bei. Bei Cadmium werden ca. 5 % aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft emittiert.

#### Abgas

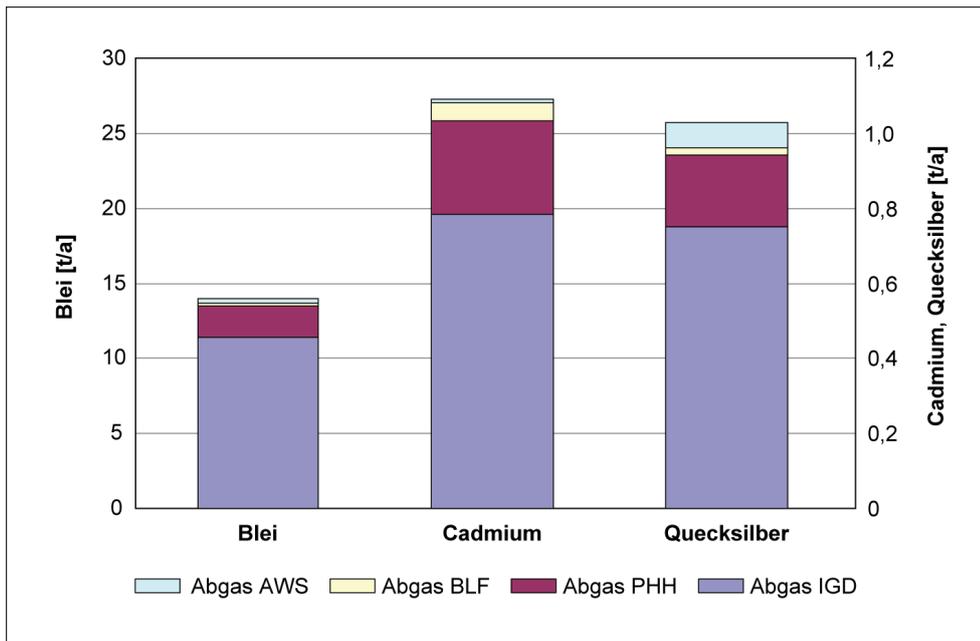


Abbildung 32: Atmosphärischen Emissionen von Blei, Cadmium und Quecksilber der verschiedenen Prozesse (eigene Berechnungen).

Die Flüsse in den Oberboden sind in Abbildung 33 dargestellt. Im Falle von Blei erfolgen die größten Einträge über Munitionsteile, die 600 t von insgesamt ca. 1.000 t ausmachen. An Cadmium werden jährlich rund 10 t in den Oberboden transportiert, wobei Wirtschaftsdünger und Mineraldünger zu jeweils 30 % für die Einträge verantwortlich sind. Weitere 20 % stammen aus atmosphärischer Deposition. Die wichtigsten Einträge von Quecksilber sind die atmosphärische Deposition und Ernte-/Holzrückstände. Der gesamte Quecksilberinput in den Oberboden beträgt 1,6 t.

**Auswaschung** Aus dem Oberboden werden beträchtliche Mengen an Metallen über Auswaschung und Erosion in die Litho- und Hydrosphäre transportiert. Die Auswaschung ist für 83 bis 96 % der Metallflüsse aus dem Oberboden in Hydro- und Lithosphäre verantwortlich und stellt mit 486 t Blei, 24 t Cadmium und 1,5 t Quecksilber bei allen Metallen jenen Pfad dar, der Umweltmedien am stärksten beeinflusst.

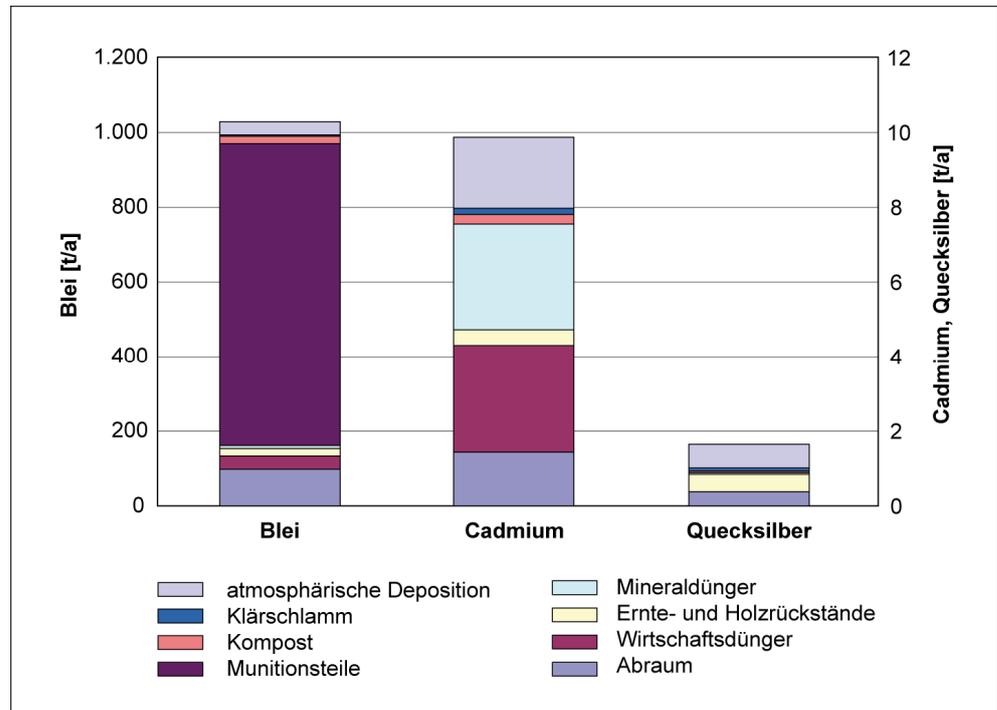


Abbildung 33: Stoffflüsse für Blei, Cadmium und Quecksilber in den Oberboden.

## 10.5 Letzte Senken

Senken im Sinne der Stoffflussanalyse sind jene Kompartimente bzw. „Prozesse“ der Umwelt, in welche die untersuchten Schwermetalle gelangen. Tabelle 77 zeigt die im Gesamtsystem „Österreich 2005“ berücksichtigten Senken, deren Lagerbestände (soweit abschätzbar) und deren Lageränderungen.

Die größten Lageränderungen für alle drei untersuchten Stoffe sind bei den Deponien zu verzeichnen. Für Blei ist zudem der Eintrag in den Oberboden, für Cadmium jener in Litho- und Hydrosphäre und für Quecksilber die Emission in die Atmosphäre größer als der Austrag. Die Bleigehalte nehmen damit im Boden, wenn auch in sehr geringem Maße (0,01 %), zu. Angaben hinsichtlich der Cadmiumgehalte in der Litho- und Hydrosphäre sowie der Quecksilbergehalte in der Atmosphäre sind nicht möglich. Diese beiden Lager wurden im Rahmen dieses Projektes nicht bestimmt und sind außerdem nicht Teil des Stoffflusssystems (siehe Abbildung 29). In allen anderen Fällen ist der Eintrag in die Umweltmedien geringer als der Austrag.

Tabelle 77: Senken für Blei, Cadmium und Quecksilber (eigene Berechnungen).

Senken	Blei		Cadmium		Quecksilber	
	Lager	Änderung	Lager	Änderung	Lager	Änderung
	[kt]	[kt]	[t]	[t]	[t]	[t]
AWS (Deponie)	66	1,3	650	11	110	2,2
Atmosphäre	n. b.	-0,021	n. b.	-0,81	n. b.	0,40
Litho- und Hydrosphäre	n. b.	-0,12	n. b.	16	n. b.	-0,52
<b>Gesamtänderung</b>		<b>1,2</b>		<b>26</b>		<b>2,1</b>
Oberboden <sup>1)</sup>	410	0,39	3.800	-17	960	-1,6

<sup>1)</sup> temporäre Senke

„Letzte Senken“ sind von den Senken zu unterscheiden. „Letzte Senken“ 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). Ziel „letzter Senken“ für Schwermetalle ist es, diese in einer Form abzulagern, die weder eine Nachsorge durch zukünftige Generationen erfordert noch eine Umweltgefährdung darstellt.

Blei wird als Wertstoff genutzt. Das Recyceln von Blei verringert den Primärabbau von Bleierzen. Deshalb sollte Blei nach Möglichkeit aus den Abfallströmen abgetrennt und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden. Cadmium fällt bei der Produktion von Zink in größeren Mengen an als für die Wirtschaft erforderlich ist. Es ist daher nicht notwendig Cadmium zu recyceln. Bei Quecksilber geht der Bedarf der Wirtschaft zurück, deshalb sollte nur jener Teil recycelt werden, der tatsächlich gebraucht wird. Alle Mengen an Abfall-Blei und -Quecksilber, die nicht mehr für neue Produkte benötigt werden, und alle Mengen an Abfall-Cadmium sollten in sichere Senken überführt werden.

Blei besitzt im pH-Bereich von 10 eine geringe Löslichkeit (siehe Abbildung 25 und Abbildung 34). Abfallverbrennungssaschen, die eine geringe Konzentration an Blei beinhalten und den entsprechenden pH-Wert aufweisen, können daher obertägig deponiert werden. Als Blei-Eluatgrenzwert für Reststoffdeponien wurde 1 mg/l festgelegt (siehe Tabelle 78). Sollte der pH-Wert in einer Deponie unter 9 sinken oder über 11 steigen und das Blei als Metall oder als lösliches Ion vorliegen, so kann dieser Grenzwert nicht eingehalten werden (siehe Abbildung 34). Um bleihaltige Abfälle in einer Form abzulagern, die auch langfristig keiner Nachsorge bedarf, müsste das Blei durch einen Schmelzprozess in eine stabile Glasschmelze bzw. Schlacke eingebunden werden.

**„Letzte Senken“**

**Recyclieren oder  
überführen in  
„Letzte Senken“?**

**Letzte Bleisenken**

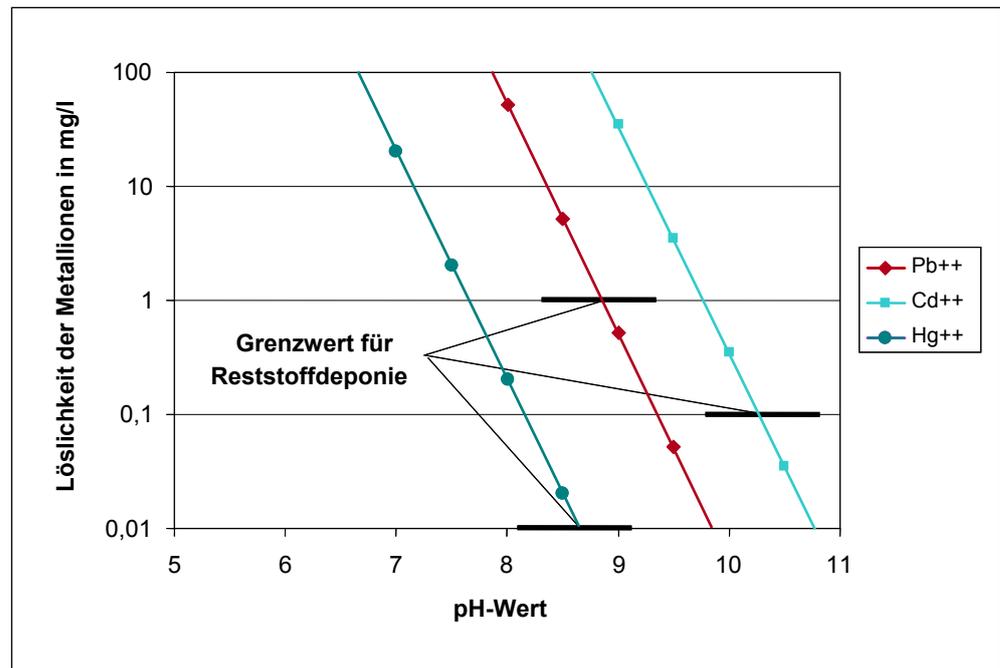


Abbildung 34: Löslichkeit von Blei-, Cadmium- und Quecksilberkationen als Funktion des pH-Wertes (SEEL 1973) und Eluat-Grenzwerte für die Annahme von Abfällen auf Reststoffdeponien gemäß Deponieverordnung.

Tabelle 78: Blei-, Cadmium- und Quecksilber-Grenzwerte sowie Eluat-Grenzwerte für die Annahme von Abfällen auf Reststoffdeponien (Deponieverordnung).

Parameter	Grenzwert für Gehalte im Feststoff	Grenzwert für Gehalte im Eluat	
	in mg/kg TM	in mg/kg TM	in mg/l
Blei (als Pb)	kein Grenzwert	10	1
Cadmium (als Cd)	5.000	1	0,1
Quecksilber (als Hg)	20	0,1	0,01

### Letzte Cd- und Hg-Senken

Für Cadmium und Quecksilber besteht diese Möglichkeit nicht, da beide Metalle zu flüchtig sind, um in eine Glasschmelze eingebunden zu werden.

Cadmium besitzt selbst im Basischen eine gewisse Löslichkeit (siehe Abbildung 34). Nur bei schwerlöslichen Cadmiumsalzen (wie Cadmiumsulfid) ist zu erwarten, dass der Feststoffgrenzwert von 5 g/kg zum Tragen kommt. Für metallisches Cadmium und Cadmium in einem leichter löslichen Salz bleibt als Option ausschließlich die Deponierung in einer Untertagedeponie.

Ähnliches gilt für Quecksilber. Auch wenn Quecksilber nicht so leicht löslich ist wie Cadmium (siehe Abbildung 34), erlaubt die hohe Flüchtigkeit der Quecksilberverbindungen keine andere Alternative als die Deponierung Untertage.

## 10.6 Akkumulation von Blei, Cadmium und Quecksilber in den Umweltmedien

In Abbildung 35 ist die An- bzw. Abreicherung von Blei, Cadmium und Quecksilber in den Umweltmedien Atmosphäre, Oberboden und Litho- und Hydrosphäre dargestellt. In der Atmosphäre kommt es über Österreich zu einer „Abreicherung“ von Blei und Cadmium, da die Deposition aus der Atmosphäre in Österreich höher ist als die österreichische Emission in die Atmosphäre. Das Blei und Cadmium, das in Österreich zur Deposition gelangt, stammt zum Teil aus grenzüberschreitenden Verfrachtungen aus Nachbarländern.

Bei Quecksilber sind zurzeit die Emissionen in die Atmosphäre um rund 400 kg/a höher als die Deposition. Bei Quecksilber ist Österreich daher ein Nettoexporteur von atmosphärischen Schadstoffen.

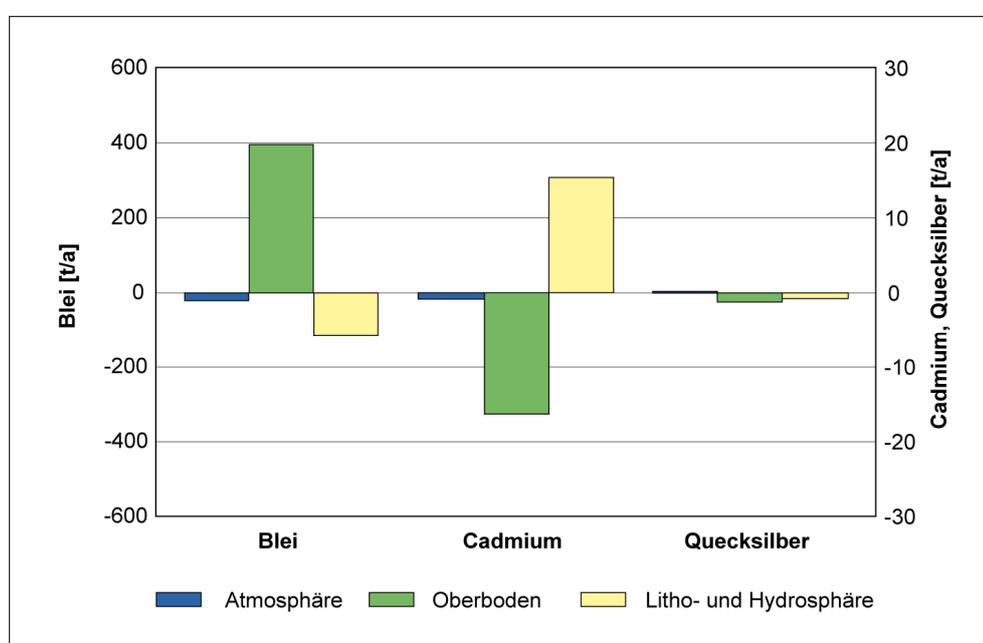


Abbildung 35: An- bzw. Abreicherung von Blei, Cadmium und Quecksilber in den Umweltmedien Atmosphäre, Oberboden sowie Litho- und Hydrosphäre.

Der Oberboden wird als Folge des Einsatzes von Bleimunition mit Blei angereichert (siehe auch Kapitel 8.4.3). Bei Cadmium und Quecksilber kommt es primär durch Auswaschung zu einer Abnahme des Lagers im Oberboden und zu einem Transfer der Schwermetalle in Litho- und Hydrosphäre.

Durch den Abbau von Bergbauprodukten werden Metalle aus der Lithosphäre in den Prozess Bergbau, Land- und Forstwirtschaft transportiert. Dieser Output aus der Lithosphäre übersteigt bei Blei und Quecksilber den Input aus „Erosion und Auswaschung“, weshalb das Lager in der Litho- und Hydrosphäre abnimmt.

## **10.7 Umweltbeeinträchtigung durch Schwermetalle in ausgewählten Produkten**

### **Cadmium in Akkumulatoren**

Die unsachgemäße Entsorgung von Ni-Cd-Akkumulatoren stellt eine mögliche Quelle für Cadmiumemissionen in die Umwelt dar, die durch getrennte Sammlung und entsprechende Weiterbehandlung der Akkumulatoren vermieden werden können.

Im Jahr 2005 wurden 235 bis 270 t Nickel-Cadmium-Akkumulatoren verkauft, rund 100 t getrennt gesammelt und 18 bis 35 t über den Restmüll entsorgt. Der Restmüll enthält somit ca. 3–5 t Cadmium, die aus Ni-Cd-Akkumulatoren stammen. Erst rund die Hälfte der verkauften Ni-Cd-Akkumulatoren fanden bisher ihren Weg in die Abfallwirtschaft. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer von 5–8 Jahren müsste ein großes Lager in Haushalten und Industriebetrieben bestehen. Es ist anzunehmen, dass mit dem Teilverbot der Ni-Cd-Akkumulatoren (Batterienverordnung 2008) der Verkauf dieser Akkumulatoren zurückgeht. Dies wird sich aber nur allmählich auf einen verringerten Cadmiumgehalt im Abfall auswirken.

Wegen der Toxizität von Cadmium sollte die getrennte Sammlung von Ni-Cd-Akkumulatoren forciert werden.

### **Blei, Cadmium und Quecksilber in Kunststoffen**

Aufgrund von bestehenden Anwendungsbeschränkungen dürfen Kunststoffe seit 1994 kein Cadmium enthalten (Cadmiumverordnung 1993). Blei wird als Stabilisator vor allem in PVC verwendet. Es bestehen jedoch Bestrebungen, den Einsatz von Bleistabilisatoren zu verringern. Aufgrund der Restbestände an Cadmium und Blei im Lager werden in den nächsten Jahren trotz Anwendungsbeschränkungen noch Cadmium und Blei aus Kunststoffen in die Abfallwirtschaft gelangen. Um ein Schadstoffrecycling zu vermeiden, sollten nur solche Kunststoffe recycelt werden, die keine Schwermetalle enthalten.

Der Einsatz schwermetallhaltiger Kunststoffe als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie führt zu einer Erhöhung der Schwermetallgehalte im Klinker (FEHRINGER et al. 1999).

### **Blei in Rohren**

Aufgrund mangelnder Daten konnte nur sehr grob geschätzt werden, dass sich rund 20.000 t Blei in Rohren von Gebäudealtbeständen befinden. Das Lösen von Blei kann zur Kontamination des Wassers führen. Beim Austausch von Rohren oder im Zuge des Abrisses von Gebäuden müssen Bleirohre entweder einer entsprechenden Verwertung zugeführt oder im Falle einer Deponierung auf einer Reststoffdeponie abgelagert werden. Eine genauere Erhebung über den Bestand von Bleirohren wäre notwendig, um gesundheitliche und ökologische Risiken abschätzen zu können.

### **Blei in Munition**

Der jährliche Verbrauch an Blei in Munition beträgt ca. 600 t, der Großteil davon wird im Boden verteilt.



Die Jagd verursacht mit Bleischrot eine Erhöhung des Bleigehalts im Oberboden. Außerdem stellt der Verzehr von mit Bleischrot erlegtem Wild ein Gesundheitsrisiko dar. Die Bodenbelastung beim Sportschießen ist lokal begrenzt, aber auf den entsprechenden Böden besonders hoch. Deshalb würde ein rasches Phase-Out von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen erheblich zur Verringerung der Umweltbelastung beitragen.

Auch von bleihaltiger Projektilmunition und Bleigewichten, die in der Fischerei genutzt werden, geht ein Umweltrisiko aus, das verringert werden sollte.

### **Quecksilber in Zahnamalgam**

Das größte Quecksilberlager in Haushalten ist in den Zahnamalgamplomben zu finden. Der Einsatz von Amalgam in der Zahnmedizin führt zu Quecksilberfrachten aus Zahnarztpraxen von ca. 130 kg pro Jahr ins Abwasser. Über das Abgas aus Krematorien gelangen rund 40 kg in die Atmosphäre und 170 kg werden jährlich auf Friedhöfen abgelagert.

Neben einem Phase-Out von Zahnamalgam sollten Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen aus Krematorien umgesetzt werden.

### **Quecksilber in Thermometern**

Das Quecksilberlager in Thermometern in privaten Haushalten wird auf ca. 1 t geschätzt. Daraus folgen Quecksilberfrachten in Atmosphäre und Restmüll von jeweils 50 kg/Jahr. Eine Wiederholung von Rückgabeaktionen könnte das Quecksilberlager in Thermometern erheblich verringern.

## **10.8 Möglichkeiten der Emissionsminderung**

Die atmosphärischen Blei-, Cadmium- und Quecksilberströme sind im Verhältnis zu den Schwermetallfrachten in Güter- und Abfallströmen gering. Jedoch haben die atmosphärischen Stoffströme eine besondere Bedeutung, da sie andere Wirkungsmechanismen besitzen als Produkt- und Abfallströme. Eine Analyse der Hauptverursacher im Luftbereich zeigt, dass der Großteil der Schwermetallemissionen in die Atmosphäre aus dem Bereich Industrie (inklusive abfallbehandelnde Metallindustrie und Krematorien) stammt. Deshalb sollten emissionsmindernde Maßnahmen vor allem in diesem Bereich angesetzt werden.

Als Ansatzpunkte wurden neben der Eisen- und Stahlerzeugung auch die Bleierzeugung und – zu einem viel geringen Prozentsatz jedoch mit Minderungspotenzial – die Krematorien identifiziert. Bei den gesetzten Maßnahmen sollten jedenfalls auch diffuse Emissionen berücksichtigt werden.

Für Blei und Cadmium sind die Flüsse in den Boden weitaus höher als solche in die Atmosphäre. Ein Verbot von Bleimunition in der Jagd und im Schießsport würde Bleiflüsse in den Oberboden erheblich reduzieren.

Im Falle von Cadmium verursacht die Landwirtschaft in Form von Mineral- und Wirtschaftsdünger die höchsten Flüsse in die Umwelt. Durch die Reduktion von Schwermetallen in Futtermitteln und Mineraldünger könnten die Einträge in landwirtschaftliche Böden verringert werden.

Im Bereich der Abwasserwirtschaft stammen die höchsten Metallfrachten von Direktleitungen der Industrie. Mit rund 12 t Blei liegt beispielsweise die Fracht von Direktleitungen der Industrie 2,5 mal über der gesamten Bleifracht der restlichen Abwässer.

## 10.9 Ungenutztes Potenzial zum Recycling von Blei, Cadmium und Quecksilber

In Tabelle 79 sind der Konsum, die Abfälle und das Recycling von Blei, Cadmium und Quecksilber dargestellt. Für den Konsum wurden nur solche Güter berücksichtigt, in denen die Metalle gezielt als Rohstoff eingesetzt werden. Güter in denen die Metalle als Verunreinigung vorkommen, wie Nahrungsmittel, Energieträger oder Bergbauprodukte sind in den Konsummengen nicht enthalten, da erstens ein Recycling aus solchen Gütern kaum möglich ist und zweitens recyceltes Blei, Cadmium und Quecksilber nicht zur Produktion dieser Güter eingesetzt wird.

Im Fall von Blei liegt die Konsummenge über den Bleifrachten in den Abfällen, da die meisten Güter, die Blei enthalten, einige Jahre im Konsumlager verbleiben. Die Recyclingrate, bezogen auf die Abfälle, beträgt 96 %. Folglich besteht nur noch ein geringes Potenzial, Blei durch Recycling dem Konsum zur Verfügung zu stellen. Zurzeit können 80 % des Bleibedarfs durch Recycling gedeckt werden.

Tabelle 79: Konsum- und Abfallmengen sowie berechnete Recyclingraten für Blei, Cadmium und Quecksilber (eigene Berechnungen).

	Blei	Cadmium	Quecksilber
	[t]	[t]	[t]
Konsum <sup>1)</sup>	31.000	57	3,4
Abfälle	26.000	180	13
Recycling	25.000	?	?
Recycling in % der Abfälle	96 %		
Recycling in % des Konsums	80 %		

<sup>1)</sup> exkl. Nahrungsmittel, Energieträger etc., berücksichtigt sind nur Güter, in denen die Metalle als Rohstoffe eingesetzt werden

Bei Cadmium und Quecksilber sind die Frachten in den Abfällen etwa dreimal höher als der Konsum, da Maßnahmen der letzten Jahre zur Anwendungsbeschränkung dieser Metalle wirksam werden. Bezüglich der Recyclingraten ist festzustellen, dass in Österreich kein Recycling stattfindet. Möglicherweise werden aus den exportierten cadmium- bzw. quecksilberhaltigen Abfällen diese Schwermetalle extrahiert.

Cadmium fällt als Nebenprodukt der Zinkerzeugung in größeren Mengen an als von der Wirtschaft benötigt. Als schweres Umweltgift sollte es möglichst aus dem Wirtschaftskreislauf ausgeschleust und in sichere Senken überführt werden. Ein Recycling ist daher nicht erwünscht.

Auch Quecksilber ist ein schweres Umweltgift und sollte möglichst nicht angewandt werden. In manchen Anwendungen erscheint es jedoch unverzichtbar. Für die unbedingt notwendigen Mengen könnte ein Recycling sinnvoll sein. Jedoch steht auch bei Quecksilber die Überführung des größten Teils der Quecksilberfrachten in sichere Senken im Vordergrund.

### 10.10 Empfehlenswerte Maßnahmen zur Minderung der Umweltbeeinträchtigungen

Um eine nachhaltige Verringerung der Umweltbelastung durch Blei, Cadmium und Quecksilber zu erzielen, muss prinzipiell vor allem beim Produkt und in der Konsumphase angesetzt werden.

Als grundlegende Maßnahme sollte eine Monitoring Methode entwickelt werden, um die Flüsse und Bestände an schwermetallhaltigen Gütern mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Die auf eine solche Weise erhaltenen Resultate können als Grundlage für Entscheidungen bezüglich Umweltschutz und Ressourcenschonung dienen.

Weiters sollten folgende Maßnahmen zur Verringerung des Schwermetalleinsatzes bzw. zur Verringerung anthropogener Lager gesetzt werden:

- ein Verbot von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen,
- Untersuchungen zu den Auswirkungen der Nutzung von Bleiprojektilemunition und Bleigewichten in der Fischerei in Österreich, um festzustellen, ob ein Verbot von Projektilemunition in der Jagd bzw. von Bleigewichten in der Fischerei notwendig und gerechtfertigt ist,
- ein beschleunigtes Phase-Out von Zahnamalgam.

Zusätzlich könnte es sinnvoll sein, die Rückgabeaktion für Quecksilberthermometer zu wiederholen und sich dabei mit Hilfe einer Informationskampagne auf jene ÖsterreicherInnen zu konzentrieren, die bisher noch nicht erreicht wurden.

So lange jedoch weiterhin schadstoffreiche Produkte in Umlauf sind, müssen auch zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen gesetzt werden:

- Zur Überwachung/Verringerung der Schwermetallemissionen aus Krematorien werden folgende Maßnahmen als sinnvoll erachtet:
  - Eine bundeseinheitliche Verordnung zu Krematorien inkl. Emissionsgrenzwerten sollte erlassen werden.
  - Sämtliche österreichische Krematorien sollten mit Emissions-Minderungstechnologien (nicht nur Staub) ausgerüstet werden. Eine Quecksilberminderung ist zum Beispiel durch das Einblasen von Aktivkohle/Aktivkoks und Abscheidung im Gewebefilter möglich.
  - Regelmäßige, wiederkehrende Messungen der Emissionen in die Luft; diese sollten Quecksilber mit einschließen und einen Sauerstoffbezug anführen und von einem befugten Sachverständigen durchgeführt werden.

**weniger  
Schwermetalle in  
Produkten**

**Verringerung von  
Emissionen**



**Sanierung von Schießplätzen** Zusätzlich sollten Schießplätze, deren Böden mit Blei belastet sind, saniert werden.

**Verbesserungen bei Akkus** Zum erwarteten erweiterten Einsatz von Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren und insbesondere Lithium-Ionen-Akkumulatoren in Elektro- und Hybrid-Autos wird empfohlen:

- Auf eine lückenlose Rückgabe gemäß § 12 der Deponieverordnung 2008 und eine umweltfreundliche Behandlung der gebrauchten Batterien ist zu achten;
- Eine Literaturstudie über die Umweltgefährdung von Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulatoren oder Lithium-Ionen-Akkumulatoren durchzuführen, und sollten dabei Wissenslücken identifiziert werden, diese durch weitere Untersuchungen zu schließen.



## 11 ABKÜRZUNGEN

AAEV .....	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung
AEV .....	Abwasseremissionsverordnung
a.n.g. ....	anderswo nicht genannt
Anl. ....	Anlage
Art. ....	Artikel
AVV .....	Abfallverbrennungsverordnung
AWG 2002.....	Abfallwirtschaftsgesetz 2002
BGBI.....	Bundesgesetzblatt
Cd .....	Cadmium
ChemG 1996.....	Chemikaliengesetz 1996
ChemV .....	Chemikalienverordnung
Chem-VerbotsV..	Chemikalien-Verbotsverordnung
CLRTAP .....	Convention on Long Range Transboundary Air Pollution
CORINAIR.....	Core Inventory Air
CPA.....	chemisch-physikalische Abfallbehandlung
E.....	Einwohner
EAG .....	Elektroaltgeräte
EAG-VO .....	Elektroaltgeräteverordnung
EEA.....	European Environment Agency – Europäische Umweltagentur
EG K .....	Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen
EMEP .....	Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe
EPER-V.....	Verordnung Europäisches Schadstoffemissionsregister – Meldung von Schadstoffemissionsfrachten
GewO.....	Gewerbeordnung
Hg .....	Quecksilber
i.d.F. ....	in der Fassung
IG-L .....	Immissionsschutzgesetz-Luft
IIR .....	Informative Inventory Report (Submission under the UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution)
IPPC.....	Integrated Pollution Prevention and Control
LRTAP.....	Convention on Long Range Transboundary Air Pollution
MBA .....	Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage
MSC-E.....	Meteorological Synthesizing Centre-East
Ni-Cd.....	Nickel-Cadmium



NiMeH .....	Nickel-Metall-Hydrid
OLI .....	Österreichische Luftschadstoffinventur
Pb.....	Blei
PCDD/F.....	Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane
STAN .....	SToffflussANalyse-Tool ist eine Gratissoftware (Freeware) zur Erstellung von Güter- und Stoffflussanalysen gemäß ÖNORM S 2096
THB.....	Thermischen Abfallbehandlung (Abfallverbrennung)
TM.....	Trockenmasse
UNECE.....	United Nations Economic Commission for Europe
UVP-G.....	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
V.....	Verordnung
VerpackVO.....	Verpackungsverordnung
VO.....	Verordnung
ZementV.....	Zementverordnung

## 12 LITERATURVERZEICHNIS

- ADRIANO, D.C. (2001): Trace elements in terrestrial environments. 2 ed. Springer Verlag, New York.
- ALLOWAY, B.J. (1995): Heavy Metals in Soils. Blackie Academic Press, London, New York.
- ANONYMUS (2006): Eine Frage von Härte und Gewicht – Jagen mit Alternativ Schroten. Jagd in Bayer 7 (2006).
- BACCINI, P. & BADER, H.P. (1996): Regionaler Stoffhaushalt. Spektrum Akad. Verlag Heidelberg.
- BACCINI, P. & BRUNNER, P.H. (1991): The Metabolism of the Anthroposphere. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London.
- BAUER, R. (2005): Konsensloser Schießplatz – Marktgemeinde Lasberg. Volksanwaltschaft Oberösterreich. [http://www.volksanw.gv.at/bericht/oberoesterreich/25\\_26/doc/8.doc](http://www.volksanw.gv.at/bericht/oberoesterreich/25_26/doc/8.doc).  
Berlin (Germany): Springer Verlag, I-58.
- BILITEWSKI, B.; HÄRDLE, G. & MAREK, K. (2000): Abfallwirtschaft – Handbuch für Praxis und Lehre. Springer, Berlin.
- BIO INTELLIGENCE SERVICE (2003): Impact assessment on selected policy options for revision of the battery directive. European Commission, Directorate General Environment, Brussels, 2003.
- BIODIV (2006): Fischerei – Situation der Fischerei in Österreich.  
[www.biodiv.at/chm/situation/fischerei.htm](http://www.biodiv.at/chm/situation/fischerei.htm).
- BMG – Metall und Recycling GmbH (2005): Aktualisierte Umwelterklärung 2005 – Kennzahlen 2004. Version August 2005. Arnoldstein.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2001): Bundes-Abfallwirtschaftsplan – Bundesabfallbericht 2001. Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2005a): Eintrag gefährlicher Stoffe in die Oberflächengewässer Österreichs. Wien. 2005.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hg.) (2005b): Hydrologischer Atlas Österreichs. 2. Lieferung, BMLFUW, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006a): Kommunale Abwasserrichtlinie der EU – 91/271/EWG. Österreichischer Bericht 2006. Wien. 2006.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006b): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Wien. Daten für einzelne Abfallströme dazu auch aus:  
[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik\\_2008/Schlüsselnummern\\_BAWP\\_2006.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik_2008/Schlüsselnummern_BAWP_2006.pdf).
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006c): Holzeinschlagsmeldung über das Jahr 2005. BMLFUW, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2007): Grüner Bericht 2007. BMLFUW, Wien. <http://www.gruenerbericht.at>.

- BMW (2006): Österreichisches Montanhandbuch 2006. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hg.), Wien.
- BOGUČKA, R.; BRUNNER, P.H. (2007): Evaluation of plastic flows and their management in Austria and Poland: Challenges and opportunities – Global oriented evaluation method for assessment of plastics waste management (Projekt KST-APL Part two), TU Wien.
- BRANDL, M. (2008): Der Wettlauf um das beste System. „Alles hat einen Haken“, warnt Akku-Professor Kordesch vor blindem Optimismus rund um den E-Vehikel-Boom. Artikel vom 20.03.2008, Kurier, Wien.  
<http://www.kurier.at/sportundmotor/motor/142494.php>.
- BRANDSTETTER, A. (1995): Abfallwirtschaftliche Aspekte in der Landwirtschaft in Zusammenhang mit dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan (Branchenkonzept Landwirtschaft). Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Schriftenreihe der Sektion V, Band 9. Wien.
- BRUNNER, P.H. & RECHBERGER, H. (2004): Practical Handbook of Material Flow Analysis. CRC Press, Boca Raton.
- CED – Council of European Dentists (2007): Amalgam. CED-Entscheidung Mai 2007.
- CLEEN – Chemical Legislation European Enforcement Network (2001): European Enforcement Project „EuroCad“.  
[www.cleen-europe.eu/projects/EuroCad\\_final%20report.pdf](http://www.cleen-europe.eu/projects/EuroCad_final%20report.pdf).
- CONSULTIC (2004): Plastics Production, Consumption and Recycling Data for Germany, 2003. Consultic GmbH.
- CORN, M. et al. (1993): Handbook of Hazardous Materials. Academic Press, San Diego.
- DAXBECK, H. & BRUNNER, P.H. (1993): Stoffflussanalysen als Grundlagen für effizienten Umweltschutz. Österreichische Wasserwirtschaft: 3/4, 45, S. 90–96.
- DAXBECK, H.; SCHÖNBAUER, A.; BRUNNER, P.H. & MADERNER, W. (1998): Stoffbuchhaltung Österreich Zink (Projekt Stobu-Zn). Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.
- DE VRIES, W.; SCHÜTZE, G.; LOFTS, E.; TIPPING, M.; MEILI, M.; RÖMKENS, P.; GROENENBERG, J.E. (2005): Calculation of critical loads for cadmium, lead and mercury. Alterra Report 1104, Alterra, Wageningen.
- DEFRA – Department for Environmental, Food and Rural Affairs (2005): Additional guidance from the Department for Environmental, Food and Rural Affairs, and from the Welsh Assembly Government – Control of mercury emissions from crematoria. London.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (1999): MAK- und BAT-Werte-Liste 1999 vorgelegt – Zahlreiche Änderungen und Neuaufnahmen. Pressemitteilung Nr. 34 13. Juli 1999.  
[http://www.dfg.de/aktuelles\\_presse/pressemittelungen/1999/presse\\_1999\\_34.html](http://www.dfg.de/aktuelles_presse/pressemittelungen/1999/presse_1999_34.html).
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2004): Liste aller Änderungen und Neuaufnahmen in der MAK- und BAT-Werte-Liste 2004. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn.
- DÖBERL, G. & BRUNNER, P.H. (2001): Geeignete letzte Senken und Endlager als zentrales Ziel einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. SIDAF-Schriftenreihe, 8, 290–305, Freiberg/Sachsen.



- EDER, M; KÖNIG, S. & WINKLER, W. (2004): Verteilung von Stofffrachten in österreichischen Abfällen. Proc. Depotech 2004, Leoben 24. bis 26.11.2004, Verlag Glückauf GMBH, Essen. S. 681–684.
- EEA – European Environment Agency (2006): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2005. Third Edition. Technical Report No. 30. Copenhagen 2006.
- EIS, D. & WOLF, U. (2007): Empfehlungen des Robert Koch-Instituts – Amalgam: Stellungnahme aus umweltmedizinischer Sicht. Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz (2007) 50, S. 1304–1307. Springer Medizin Verlag.
- ENDS-EUROPE-DAILY 2390: Denmark bans lead from building sector. 19/09/2007.
- ENDS-EUROPE-DAILY 2470: EU toy safety directive revision plans floated. 25/01/2008.
- ENDS-EUROPE-DAILY 2486: MEP to re-table tougher EU mercury export ban. 18/02/2008.
- ENDS-EUROPE-DAILY 2546: MEPs back EU mercury and green crime deals. 10/06/2008.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2005a): Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung – Eine thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. KOM (2005)666.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2005b): Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber. Mitteilung der Kommission vom 28. Januar 2005, „Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber“ (KOM(2005) 20) – Amtsblatt C 52 vom 2. März 2005.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT (2006): Entschließung P6 TA (2006)0078 vom März 2006 des Europäischen Parlaments zu der Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber (2005/2050(INI)).
- EUROPEAN COMMISSION (2005): Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste. COM (2005)666, 21.12.2005.
- FEHRINGER, R.; RECHBERGER, H.; BRUNNER, P.H. (1999): Positivlisten in der Zementindustrie: Methoden und Ansätze (Projekt PRIZMA). Vereinigung der österreichischen Zementwerke (VÖZ), Wien.
- FISHER, I.J.; PAIN, D.J. & THOMAS, V.G. (2006): A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* 131: 421–432.
- FLEISCHER, M., SAROFIM, A.F., FASSETT, D.W., HAMMOND, P., SHACKLETTE, H.T., NISBET, I.C.T. & EPSTEIN, S. (1974): Environmental impact of cadmium: a review by the Panel on Hazardous Trace Substances. *Environ. Health Perspect.* 5: 253–323.
- GABRIEL R. (2004): Ermittlung von Verwertungsquoten für Elektro- und Elektronikaltgeräte aus dem kommunalen Bereich der Stadt Wien. Endbericht der Studie im Auftrag der Magistratsabteilung 48 der Stadt Wien.
- GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH (2007): Demontage und Verwertung von Kunststoffstoßfängern. Wien.
- HANKE, M., IHRIG, C. & IHRIG, D.F. (2001): Stoffbelastung beim Elektronikschrott-Recycling. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Berlin.

- HARANT, M. (2001): Verwertung von Elektro- und Elektronikaltgeräten, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg.
- HEDBRANT, J. & SÖRME, L. (2001): Data vagueness and uncertainties in urban heavy-metal data collection. *Water, Air and Soil Pollution* 1: 43–53.
- HELCOM (2008): Helcom Recommendation 29/1 – Reduction of Emissions from Crematoria. Helsinki.
- HIRTENBERGER – Hirtenberger Defence Systems (2008): Company – Company Portrait. Hirtenberg. [www.hirtenberger.at](http://www.hirtenberger.at).
- HÜBNER, C. (2001): Österreichische Emissionsinventur für Cadmium, Quecksilber und Blei 1995–2000. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. FTU – Forschungsgesellschaft Technischer Umweltschutz GmbH, Wien. (unveröffentlicht).
- ILYIN, I.; ROZOVSKAYA, O.; TRAVNIKOV, O.; AAS, W. (2007): Heavy Metals – Transboundary Pollution of the Environment. EMEP Status Report 2/2007, MSC-E, Moskau. <http://www.msceast.org/publications.html>.
- KAISER, G. & TÖLG, G. (1980): Mercury. In: Hutzinger O. (editor). *The handbook of environmental chemistry*. Vol. 3. Part A.
- KEMI – Swedish Chemicals Agency (2004): Mercury – Investigation of a general ban. Report 4/2004, Sundbyberg, Sweden. [http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Rapporter/Rapport4\\_04.pdf](http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Rapporter/Rapport4_04.pdf).
- KEMI – Swedish Chemicals Agency (2005a): Mercury-free Dental Fillings – Phase-out of amalgam in Sweden. Report 9/05, Sundbyberg, Sweden.
- KEMI – Swedish Chemicals Agency (2005b): Mercury-free blood pressure measurement equipment – Experiences in the Swedish healthcare sector. Report 7/05, Sundbyberg, Sweden.
- KEMI – Swedish Chemicals Agency (2006): Konsekvenser av förbud mot bly i ammunition (Folgen eines Verbotes von Blei-Munition). Rapport 5627, Sundbyberg, Sweden.
- KEMI – Swedish Chemicals Agency (2007): Lead in articles – a government assignment reported by the Swedish Chemicals Agency and the Swedish Environmental Protection Agency. Report 5/07, Sundbyberg, Sweden.
- KINSKY, H. (2006): Alternativen mit Abstrichen – Jagten an Gewässern ohne Blei. *Deutsche Versuchs- und Prüf-Anstalt für Jagd- und Sportwaffen*. *Wild und Hund* 2/06-07, S. 16–21.
- KOMMISSION „METHODEN UND QUALITÄTSSICHERUNG IN DER UMWELTMEDIZIN“ DES ROBERT KOCH-INSTITUTS (2007): Materialienband zur Kommissionsmitteilung „Amalgam“. [www.rki.de](http://www.rki.de).
- KÖNIG, ST. (2006): Stoffflussbasiertes Verfahren zur Bestimmung von Metallfrachten in Abfällen. Diplomarbeit, TU-Wien.
- KRONE, O. (2007): Bleivergiftung bei Greifvögeln. Leibniz-Institut für Zoo- und Wildforschung (IZW), Berlin.
- LABO (2000): Cadmiumanreicherung in Böden/einheitliche Bewertung von Düngemitteln, Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz UMK-AMK\_LABO\_AG. <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?jsessionid=2FA0A28D55CFCEE0BE7BE94150804252?ident=8653>.



- LANER, D., FELLNER, J., NEUHOLD, C., KOLESAR, C., SILLER, R. & BRUNNER, P.H. (2008): Gefährdung durch Deponien und Altablagerungen im Hochwasserfall – Risikoanalyse und Minimierung. Dokumentation zu Arbeitspaket 1: Erhebung relevanter Deponie- und Altablagerungsstandorte (inklusive freisetzbarem Stoffpotential). Zwischenbericht des Institutes für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien.
- LANGMAACK, TH. (2008): Jagdmunition. <http://www.langmaack.com/munition.html>.
- LAUBER, W. (1993): Cadmium in Österreich – Umweltbelastung und Umweltschutz. Wien.
- LEBENS MINISTERIUM PRESSESTELLE (2007a): Tag der Apotheke: Quecksilber raus aus dem Haushalt – Austausch von Fieberthermometern.  
[http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS\\_20071008\\_OT0101&ch=politik](http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS_20071008_OT0101&ch=politik).
- LEBENS MINISTERIUM PRESSESTELLE (2007b): Zwischenbilanz: 500.000 Quecksilber-Thermometer in Apotheken abgegeben – Pröll: „Größte Umweltaktion in Österreich“.  
[http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS\\_20071012\\_OT0077&ch=panorama](http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS_20071012_OT0077&ch=panorama).
- LEBENS MINISTERIUM PRESSESTELLE (2007c): Durchschlagender Erfolg: 1 Million Quecksilber-Thermometer von den KonsumentInnen zurückgegeben – Apotheken bewältigen größte Umweltaktion Österreichs.  
[http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS\\_20071107\\_OT0128](http://www.ots.at/presseaussendung.php?schluessel=OTS_20071107_OT0128).
- MEDENTEX (2008): Kosteneinsparung durch Recycling. [www.medentex.de](http://www.medentex.de).
- MERIAN E. (1984): Metalle in der Umwelt – Verteilung, Analytik und biologische Relevanz. Weinheim, Florida & Basel.
- METASYS (2008): ECOTransform – die kostenlose Amalgamsorgung.  
[www.metasys.com/de](http://www.metasys.com/de).
- MIGASZEWSKI, Z.M., GALUSZKA, A. & PASLAWSKI, P. (2002): Polynuclear aromatic hydrocarbons, phenols, and trace metals in selected soil profiles and plant bioindicators in the Holy Cross Mountains, South-Central Poland. *Environment International* 28: 303–313.
- MILDNER, B. (2002): Risikoabschätzung und Verbraucherschutz – Wildbret von jagdlich erlegten Fasanen (*Phasianus colchicus*) bei Verwendung von Blei- und alternativen Schroten. Universität München.  
[http://www.vetmed.uni-muenchen.de/downloads/promotion/ss\\_02/mildner.txt](http://www.vetmed.uni-muenchen.de/downloads/promotion/ss_02/mildner.txt).
- MILLER, B. B., DUGWELL, D. R., KANDIYOTI, R. (2002): Partitioning of trace elements during the combustion of coal and biomass in a suspension-firing reactor. *Fuel* 81: 159–171.
- MORF, L. & TAVERNA, R. (2004): Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott. Schriftenreihe Umwelt Nr. 374, Hg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern.
- MORF, L.; REIL, E. & RITTER, E. (2004): Vier Jahre routinemäßiges Stoffflussmonitoring an der MVA Spittelau – Resultate und Erfahrungen aus der Praxis. Proc. Depotech 2004, Leoben 24. bis 26.11.2004, Verlag Glückauf GmbH, Essen (2004) S. 497–504.
- MORROW, H. (2005): Cadmium Markets and Trends – September 2005.  
[http://www.chem.unep.ch/pb\\_and\\_cd/SR/Files/Submission%20NGO/ICdA/MARKET%20Review%20Sept2005-1.pdf](http://www.chem.unep.ch/pb_and_cd/SR/Files/Submission%20NGO/ICdA/MARKET%20Review%20Sept2005-1.pdf).
- MZ-VERLAG (2008): Naturheilkundlexikon-Datenbank. [www.mz-verlag.de/lexikon](http://www.mz-verlag.de/lexikon).

- NABU – Naturschutzverband Deutschland (2007): Seeadler durch Munition gefährdet – Bleivergiftungen häufigste Todesursache.  
[http://brandenburg.nabu.de/m03/m03\\_01/07221.html#top](http://brandenburg.nabu.de/m03/m03_01/07221.html#top).
- NOREAUS, D. (2000): Substitution of rechargeable NiCd batteries. Stockholm University.  
<http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/batteries/nicd.pdf>.
- NORWEGIAN MINSITRY OF THE ENVIRONMENT (2007): Amendment of regulations of 1 June 2004 no 922 relating to restrictions on the use of chemicals and other products hazardous to health and the environment (Product regulation), adopted by the Ministry of the Environment on 14 December 2007. Oslo.
- OTTO, M. & MÜHLEND AHL, K. E. VON (2007): Quecksilber in Fieberthermometern.  
<http://www.allum.de/noxe/quecksilber-in-fieberthermometern.html>.
- PARZEFALL, W. (2001): Anhang 4: Toxikologische Grundlagen als Hilfe zur Festsetzung von Gewichtungsfaktoren. SUP Wiener Abfallwirtschaftsplan, Magistrat Wien.
- POLCARBON (2006): Analysendaten über zwei Steinkohlen, unveröffentlicht. Zur Verfügung gestellt von POLCARBON AG, Wien.
- REBERNIG, G.; SCHÖLLER, G; MÜLLER, B. & BRUNNER, P. H. (2007): Nachhaltige Urbane Entwicklung – Ideale Oberfläche einer Stadt (Projekt IOS), Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.
- RECKNAGEL, S. & RICHTER, A. (2007): Überprüfung der Schwermetallgehalte von Batterien – Analyse von repräsentativen Proben handelsüblicher Batterien und in Geräten verkaufter Batterien – Erstellung eines Probenahmeplans, Probenbeschaffung und Analytik (Hg, Pb, Cd). Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), i.A. des Umweltbundesamtes. Berlin.
- REGAL, W. & NANUT, M. (2004): Die Feuerbestattung in Österreich. Ärzte Woche 18 (2004) 35..  
[www.aerztewoche.at](http://www.aerztewoche.at).
- RICHAUD, R., HEROD, A. A., KANDIYOTI, R. (2004): Comparison of trace element contents in low-temperature and high-temperature ash from coals and biomass. Fuel 83: 2001–2012.
- ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (1995). [http://phe.rockefeller.edu/ie\\_agenda/ie4.html](http://phe.rockefeller.edu/ie_agenda/ie4.html).
- RUAG AMMOTEC (2006): Rottweil-Broschüre Schrotpatronen & Flinten. Fürth, Deutschland.  
<http://www.rottweil-munition.de/>.
- RUAG AMMOTEC (2008): Vogel, M.: Bleifreie Munition in der Diskussion. Fürth, Deutschland.
- SCHÖFFL, H. (2004); Blei aus Küchen- und Badezimmerarmaturen im Trinkwasser. Erhebung 2004. Arbeiterkammer Wien.
- SCHÖLLER, G.; OBERLEITNER, C.; FEHRINGER, R.; DÖBERL, G. & BRUNNER, P. H. (2006): Verknüpfung Rohstofflager – anthropogene Lager – letzte Senken im Bundesland Steiermark (Projekt RALLES STMK), Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien.
- SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL- UND UMWELTCHEMIE & SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR LEBENSMITTELHYGIENE (2002): Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen 93 (2002) 4. [www.bag.admin.ch/dokumentation/publikation/](http://www.bag.admin.ch/dokumentation/publikation/).
- SEEL, F. (1973): Grundlagen der analytischen Chemie. Verlag Chemie, Weinheim.
- SFT – Statens forurensningstilsyn (Norwegian Pollution Control Authority) (2006): Impact of a General Ban on Mercury Products. Norway.



- SKARUP, S., CHRISTENSEN, C.L., MAAG, J. & HEILEMANN JENSEN, S. (2001): Mass flow analysis of mercury. Danish EPA Environmental Project.
- STATISTIK AUSTRIA (2006): Der Außenhandel Österreichs. Serie 1 – Spezialhandel nach Waren und Ländern. 1. bis 4. Vierteljahr 2005. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2007a): Statistisches Jahrbuch 2008. ISBN 978-3-902587-29-9.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/services/stat\\_jahrbuch/index.html](http://www.statistik.at/web_de/services/stat_jahrbuch/index.html).
- STATISTIK AUSTRIA (2007b): Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung. Erstellt am: 23.05.2007.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/static/gestorbene\\_und\\_saeuglingssterblichkeit\\_seit\\_1946\\_023633.xls](http://www.statistik.at/web_de/static/gestorbene_und_saeuglingssterblichkeit_seit_1946_023633.xls).
- STIFTUNG GEMEINSAMES RÜCKNAHMESYSTEM BATTERIEN (2008): Jahresbericht 2007 – Erfolgskontrolle nach Batterieverordnung. Hamburg.
- THE GREEN LANE (2004): Mercury and the Environment – Sources of mercury – Mercury containing products. Canada. [www.ec.gc.ca/MERCURY/SM/EN/sm-mcp.cfm](http://www.ec.gc.ca/MERCURY/SM/EN/sm-mcp.cfm).
- TOTAL FISHING (2007): European Parliament is seeking lead ban. [www.total-fishing.com](http://www.total-fishing.com).
- Tuebke (2008): Neue Batterie – Durchbruch für Elektroautos. <http://www.elektroautotipp.de/>.
- UMWELTBUNDESAMT (1995a): Pohla, J.: Wurftaubenschießen – Auswirkungen auf die Umwelt. Berichte, Bd. BE-050. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1995b): Boos, R.; Neubacher, F.; Reiter, B. Schindlbauer, H. & Twrdik, F.: Zusammensetzung und Behandlung von Altölen in Österreich. Monographien, Bd. M-054. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1997): Spindler, T.: Fischfauna in Österreich – Ökologie – Gefährdung – Bioindikation – Fischerei – Gesetzgebung. Monographien, Bd. M-087. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1999): Fürhacker, M.A.; Vogel, W.R.; Nagy, M.; Haberbauer, M. & Rupert, A.: NAMEA – Wasser. Monographien, Bd. M-112. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1999b): Angerer, Th.: Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA). Berichte Bd. BE-156. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2000): Zethner G., Götz B. & Amlinger F.: Qualität von Komposten aus der getrennten Sammlung. Monographien, Bd. M-133. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2003): Rolland Ch. & Oliva, J.: Erfassung von Deponiegas – Statusbericht Österreichischer Deponien. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2004): Kutschera, U.; Weiss, P.; Winter, B.; Aichmayer, S.; Böhmer, S.; Karigl, B.; Fallmann, H.; Aschauer, A.; Sebesta, B. et al.: Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten. Monographien, Bd. M-168. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2005a): Obersteiner, E.; Offenthaler, I. & Schwaiger, E: Critical Loads für Schwermetalleinträge in Ökosysteme. Projektbericht im Auftrag des BMLFUW Abt. V/4. Umweltbundesamt, Wien. (unveröffentlicht).
- UMWELTBUNDESAMT (2005b): Winter, B.; Szednyj, I.; Reisinger, H.; Böhmer, S. & Janhsen, Th.: Abfallvermeidung und -verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich. Reports, Bd. REP-0003. Umweltbundesamt, Wien.

- UMWELTBUNDESAMT (2006a): ohne Autor: Das Aufkommen von Abfällen in Österreich gemäß Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Wien.  
[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik\\_2008/Schlueselnummern\\_BAWP\\_2006.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik_2008/Schlueselnummern_BAWP_2006.pdf).
- UMWELTBUNDESAMT (2006b): Neubauer, Ch. & Öhlinger, A.: Ist-Stand der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) in Österreich – Zustandsbericht 2006. Reports, Bd. REP-0071. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007a): Anderl, M.; Kampel, E.; Köther, T.; Muik, B.; Poupa, S.; Schodl, B.; Wappel, D. & Wieser, M.: Austria's Informative Inventory Report 2007. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Report, Bd. REP-0082. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007b): Anderl, M.; Kampel, E.; Köther, T.; Muik, B.; Poupa, S.; Schodl, B.; Wappel, D.: Emissionstrends 1990–2005 Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2007). Reports, Bd. REP-0101. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007c): Müller, D.: Tontaubenschießplatz Treffling. Wien.  
[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at).
- UMWELTBUNDESAMT (2007d): Böhmer, S.; Kügler, I. Stoiber, H. & Walter, B.: Abfallverbrennung in Österreich – Statusbericht 2006. Reports, Bd. REP-0113. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007e): Weißenbach, Th. & Sacher, E.: Erfassung, Eingabe, Auswertung und Dokumentation der gemäß § 21 Abs. 4 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 gemeldeten Daten im Jahr 2005 – Statusbericht 2005. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007f): Weißenbach, Th. & Sacher, E.: Erfassung, Eingabe, Auswertung und Dokumentation der gemäß § 21 Abs. 4 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 gemeldeten Daten im Jahr 2006 – Statusbericht 2006. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT BERLIN (Herausgeber) (2003): Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe. Teil Fünf Hinweise zur Substitution gefährlicher Stoffe. Umweltbundesamt Berlin.
- UMWELTBUNDESAMT BERLIN (2004): Erfassung von Schwermetallströmen in landwirtschaftlichen Tierproduktionsbetrieben und Erarbeitung einer Konzeption zur Verringerung der Schwermetalleinträge durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in Agrarsysteme. Forschungsbericht 299 72 104. Umweltbundesamt Berlin.
- UMWELTSCHUTZ (1999): Bleifrei schießen. Umweltschutz 11 (1999) S. 56–57.
- VOESTALPINE – voestalpine AG (2005): Analysendaten über Steinkohlen, unveröffentlicht. Daten aus dem Seminarbeitrag „Stoffflussanalyse im integrierten Hüttenwerk“ vom 28. November 2005 an der TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft.
- WEINGARTSHOFER, M. (1996): Abfall- und ausgewählte Stoffflüsse der Bezirke Budweis und Neuhaus in Südböhmen. Diplomarbeit TU Wien.
- WIKIPEDIA (2008): Teilmantelgeschoss. <http://de.wikipedia.org/wiki/Teilmantelgeschoss>.
- WIKIPEDIA (2008b): Electric vehicle battery  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_vehicle\\_battery](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery).
- WIKIPEDIA (2008c): Lithium-Ionen-Akkumulator. <http://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Ionen-Akkumulator>.



- WINDSPERGER, A.; MAYR, B.; SCHMIDT-STEJSKAL, H.; ORTHOFER, R. & WINIWARTER, W. (1999): Entwicklung der Schwermetallemissionen – Abschätzung der Emissionen von Blei, Cadmium und Quecksilber für die Jahre 1985, 1990 und 1995 gemäß der CORINAIR-Systematik. Institut für Industrielle Ökologie und Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Wien. (unveröffentlicht).
- WIXSON, B.G., DAVIES, B.E. (1994): Guidelines for lead in soil. Environ Sci Technol.:28 (1): 26A–31A.
- WOLFF, R. (2004): Vor dem Einäschern die Zähne ziehen? TAZ-Bericht Nr. 7388 vom 21.6.2004, S. 8. [www.airplex.com/ama/ama\\_kemi.htm](http://www.airplex.com/ama/ama_kemi.htm).
- WORLD BUREAU OF METAL STATISTICS (WBMS): <http://www.world-bureau.com>. (Zugriff: Mai, 2008).
- www.msceast.org: Homepage des EMEP – Meteorological Synthesizing Centre – East (MSC-E) im Rahmen der Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP).
- ZESSNER, M. (1999): Bedeutung und Steuerung von Nährstoff- und Schwermetallflüssen des Abwassers. Wiener Mitteilungen – Band 157. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien.

## Rechtsnormen

27. BImSch-V: 27. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetz (Artikel 1 der Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung und zur Änderung der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) (Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung – 27. BImSchV).
- Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 459/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 363/2006) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Behandlungspflichten von Abfällen.
- Abfallverbrennungsverordnung (AVV; BGBl. II Nr. 389/2002 i.d.F. BGBl. II Nr. 296/2007): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über die Verbrennung von Abfällen.
- Abfallverzeichnisverordnung (BGBl. II Nr. 570/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 89/2005): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis.
- Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 54/2008): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft erlassen und das Kraftfahrzeuggesetz 1967 und das Immissionsschutzgesetz – Luft geändert werden.
- Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002, BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 43/2007): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft erlassen und das Kraftfahrzeuggesetz 1967 und das Immissionsschutzgesetz – Luft geändert werden.
- AEV Abfallbehandlung (BGBl. II Nr. 9/1999): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung.

- AEV Abluftreinigung (BGBl. II Nr. 218/2000 i.d.F. BGBl. II Nr. 62/2005) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Abluft und wässrigen Kondensaten.
- AEV Anorganische Chemikalien (BGBl. II Nr. 273/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von anorganischen Chemikalien.
- AEV anorganische Düngemittel (BGBl.Nr. 669/1996): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von anorganischen Düngemitteln sowie von Phosphorsäure und deren Salzen.
- AEV anorganische Pigmente (BGBl. II Nr. 6/1999): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von anorganischen Pigmenten.
- AEV Chlor-Alkali-Elektrolyse (BGBl. Nr. 672/1996): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse.
- AEV Deponiesickerwasser (BGBl. II Nr. 263/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 103/2005): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Sickerwasseremissionen aus Abfalldeponien.
- AEV Druck-Foto (BGBl. II Nr. 45/2002): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus grafischen oder fotografischen Prozessen.
- AEV Edelmetalle und Quecksilber (BGBl. II Nr. 348/1997): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung und Weiterverarbeitung von Edelmetallen sowie aus der Herstellung von Quecksilbermetall.
- AEV Eisen-Metallindustrie (BGBl. II Nr. 345/1997): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Eisenerzen sowie aus der Eisen- und Stahlherstellung und –verarbeitung.
- AEV Erdölverarbeitung (BGBl. II Nr. 344/1997): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Erdölverarbeitung.
- AEV Explosivstoffe (BGBl. II Nr. 270/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung und Weiterverarbeitung von Explosivstoffen.
- AEV Fahrzeugtechnik (BGBl. II Nr. 265/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Betankung, Reparatur und Reinigung von Fahrzeugen.
- AEV Glasindustrie (BGBl.Nr. 888/1995): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern.



- AEV Halbleiterbauelemente (BGBl. II Nr. 213/2000): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Halbleitern, Gleichrichtern und Fotozellen.
- AEV Industriemineralien (BGBl. II Nr. 347/1997): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralien einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten.
- AEV Kleb- und Anstrichstoffe (BGBl. II Nr. 5/1999): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Klebstoffen, Druckfarben, Farben und Lacken sowie Holzschutz- und Bautenschutzmitteln.
- AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger (BGBl. II Nr. 266/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Kühlsystemen und Dampferzeugern.
- AEV Kunststoffe (BGBl. II Nr. 8/1999): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen, Gummi und Kautschuk.
- AEV Laboratorien (BGBl. Nr. 887/1995): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Laboratorien.
- AEV Medizinischer Bereich (BGBl. II Nr. 268/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Krankenanstalten, Pflegeanstalten, Kuranstalten und Heilbädern.
- AEV Nichteisen-Metallindustrie (BGBl. Nr. 889/1995): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Blei-, Wolfram- oder Zinkerzen sowie aus der Aluminium-, Blei-, Kupfer-, Molybdän-, Wolfram- oder Zinkmetallherstellung und -verarbeitung.
- AEV Oberflächenbehandlung (BGBl. II Nr. 44/2002): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Behandlung von metallischen Oberflächen.
- AEV Organische Chemikalien (BGBl. II Nr. 272/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von organischen Chemikalien.
- AEV Petrochemie (BGBl. II Nr. 7/1999): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Kohlenwasserstoffen und organischen Grundchemikalien.
- AEV Pflanzenschutzmittel (BGBl. Nr. 668/1996): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln.
- AEV Pharmazeutika (BGBl. II Nr. 212/2000): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Arzneimitteln und Kosmetika und deren Vorprodukten.

- AEV Schmier- und Gießereimittel (BGBl. II Nr. 216/2000): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Schmier- und Gießereimitteln.
- AEV Soda (BGBl.Nr. 92/1996): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Soda nach dem Ammoniak-Soda-Verfahren.
- AEV Textilveredelung und -behandlung (BGBl. II Nr. 269/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Textilveredelung und Behandlung.
- AEV Verbrennungsgas (BGBl. II Nr. 271/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Reinigung von Verbrennungsgas.
- AEV Wasch- und Chemischreinigungsprozesse (BGBl. II Nr. 267/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Wasch- und Chemischreinigungsprozessen von Textilien.
- AEV Wasseraufbereitung (BGBl. Nr. 892/1995): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung.
- Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV, BGBl.Nr. 186/1996): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen.
- Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung (AAV, BGBl.Nr. 218/1983 i.d.F. BGBl. II Nr. 77/2007): Verordnung des Bundesministers für soziale Verwaltung vom 11. März 1983 über allgemeine Vorschriften zum Schutz des Lebens, der Gesundheit und der Sittlichkeit der Arbeitnehmer.
- Allgemeines Sozialversicherungsgesetz (ASVG, BGBl.Nr. 189/1955 i.d.F. BGBl. I Nr. 76/2007): Bundesgesetz vom 9. September 1955 über die Allgemeine Sozialversicherung.
- Altfahrzeugeverordnung (BGBl. II Nr. 407/2002 i.d.F. BGBl. II Nr. 184/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von Altfahrzeugen
- Altlastensanierungsgesetz (ALSAG, BGBl.Nr. 299/1989 i.d.F. BGBl. I Nr. 24/2007): Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung, mit dem das Umwelt- und Wasserwirtschaftsfondsgesetz, BGBl. Nr. 79/1987, das Wasserbautenförderungsgesetz, BGBl. Nr. 148/1985, das Umweltfondsgesetz, BGBl. Nr. 567/1983, und das Bundesgesetz vom 20. März 1985 über die Umweltkontrolle, BGBl. Nr. 127/1985, geändert werden.
- Altölverordnung 2002 (BGBl. II Nr. 389/2002): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Altöle
- Aromenverordnung (BGBl. II Nr. 42/1998): Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über Aromen und deren Ausgangsstoffe.



- Azetylenverordnung (BGBl.Nr. 75/1951 i.d.F. BGBl. II Nr. 164/2000): Verordnung der Bundesministerien für Handel und Wiederaufbau und für soziale Verwaltung vom 20. Dezember 1950 über die gewerbsmäßige Lagerung und Zerkleinerung von Karbid und über die Erzeugung und Verwendung von Azetylen.
- Bäderhygieneverordnung (BGBl. II Nr. 420/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 409/2000): Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales über Hygiene in Bädern, Sauna-Anlagen, Warmluft- und Dampfbädern sowie Kleinbadeteichen und die an Badestellen zu stellenden Anforderungen.
- Basler Übereinkommen (BGBl. Nr. 229/1993 i.d.F. BGBl. III Nr. 6/2000): Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung Gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung.
- Batterienverordnung (BatterienV; BGBl. II 2008/159): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von Altbatterien und -akkumulatoren.
- Bauarbeiterschutzverordnung (BauV; BGBl.Nr. 340/1994 i.d.F. BGBl. II Nr. 13/2007): Verordnung des Bundesministers für Arbeit und Soziales über Vorschriften zum Schutz des Lebens, der Gesundheit und der Sittlichkeit der Arbeitnehmer bei Ausführung von Bauarbeiten.
- BAWP 2001 – Bundes-Abfallwirtschaftsplan – Bundesabfallbericht 2001. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien 30.06.2001
- BAWP 2006 – Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien. Daten für einzelne Abfallströme dazu auch aus:  
[http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik\\_2008/Schlueselnummern\\_BAWP\\_2006.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/abfall/Abfallstatistik_2008/Schlueselnummern_BAWP_2006.pdf).
- Burgenländische Klärschlamm- und Müllkompostverordnung (LGBl. Nr. 82/1991 i.d.g.F.): Verordnung der Burgenländischen Landesregierung über die Aufbringung von Klärschlamm und Müllkompost auf landwirtschaftlichen Böden.
- Burgenländisches Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 87/1990 i.d.g.F.): Gesetz über den Schutz landwirtschaftlicher Böden.
- Cadmiumverordnung 1993 (BGBl. Nr. 855/1993): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über Verbote und Beschränkungen von Cadmium und seinen Verbindungen sowie von Bleiweiß.
- Chemikaliengesetz 1996 (BGBl. I Nr. 53/1997 i.d.F. BGBl. I Nr. 13/2006): Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien.
- Chemikalien-Verbotsverordnung 2003 (Chem-VerbotsV 2003, BGBl. II Nr. 477/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 276/2007): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über weitere Verbote und Beschränkungen bestimmter gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren.

- Chemikalienverordnung 1999 (ChemV 1999, BGBl. II Nr. 81/2000 i.d.F. BGBl. II Nr. 62/2007): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie und – soweit es sich um die Einstufung von gefährlichen Stoffen in Form der Stoffliste gemäß § 21 Abs. 7 ChemG 1996 hinsichtlich der gefährlichen Eigenschaften sehr giftig, giftig und gesundheitsschädlich handelt – der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz betreffend die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen und Zubereitungen sowie das Sicherheitsdatenblatt.
- Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 39/2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien.
- Donauschutzübereinkommen (BGBl. III Nr. 139/1998): Übereinkommen über die Zusammenarbeit zum Schutz und zur verträglichen Nutzung der Donau.
- Düngemittelgesetzes 1994 (BGBl. Nr. 513/1994 i.d.F. BGBl. I Nr. 110/2002): Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln.
- Düngemittelverordnung 2004 (BGBl. II Nr. 100/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 53/2007): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 erlassen werden.
- Elektroaltgeräteverordnung (EAG-VO; BGBl. II Nr. 121/2005 i.d.F. BGBl. II Nr. 48/2007): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten.
- Emissionskatasterverordnung (BGBl. II Nr. 214/2002): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Inhalt und Umfang der Emissionskataster.
- Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K; BGBl. I Nr. 150/2004 i.d.F. BGBl. I Nr. 84/2006): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Emissionen aus Dampfkesselanlagen erlassen wird.
- Entschädigung bei Berufskrankheiten (BGBl. Nr. 278/1936 i.d.F. 39/1964): Entwurf eines Übereinkommens über die Entschädigung bei Berufskrankheiten.
- E-PRTR-Begleitverordnung (E-PRTR-BV; BGBl. II 380/2007) Begleitende Regelungen im Zusammenhang mit der Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters.
- E-PRTR-Verordnung (VO 166/2006/EG): Verordnung (EG) Nr. 166/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Januar 2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG des Rates.
- Extraktionslösungsmittelverordnung (BGBl. Nr. 642/1995 i.d.F. BGBl. II Nr. 465/1998): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Konsumentenschutz über die Verwendung von Extraktionslösungsmitteln bei der Herstellung von Lebensmitteln und Verzehrprodukten.
- Farbstoffverordnung (BGBl. Nr. 541/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 88/2007): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Konsumentenschutz über den Zusatz von Farbstoffen zu Lebensmitteln.



- Festsetzungsverordnung gefährliche Abfälle (BGBl. II Nr. 227/1997 i.d.F. BGBl. II Nr. 178/2000): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Festsetzung von gefährlichen Abfällen und Problemstoffen.
- Forstgesetz 1975 (BGBl. Nr. 440/1975 i.d.F. BGBl. I Nr. 55/2007): Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird.
- Geschirrverordnung (BGBl. Nr. 258/1960 i.d.F. BGBl. I Nr. 13/2006): Verordnung der Bundesministerien für soziale Verwaltung, für Justiz und für Handel und Wiederaufbau vom 15. November 1960 über Herstellung, Verkauf, Zurichtung und Verwendung von Geschirren und Geräten, die mit Lebensmitteln unmittelbar in Berührung kommen, über Kinderspielzeug bestimmter Art sowie über bestimmte Arten der Aufbewahrung und Verpackung von Lebensmitteln.
- Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV; BGBl. II Nr. 479/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern.
- Gewerbeordnung (GewO; BGBl. Nr. 194/1994 i.d.F. BGBl. I Nr. 60/2007): Gewerbeordnung 1994.
- Giftliste-Verordnung 2002 (BGBl. II Nr. 126/2003): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Bezeichnung von sehr giftigen und giftigen Stoffen in einer Giftliste.
- Grenzüberschreitende Luftverunreinigung – Protokoll (6) (BGBl. III Nr. 141/2004): Protokoll zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend Schwermetalle samt Erklärungen.
- Grenzwerteverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 253/2001, i.d.F. BGBl. II Nr. 231/2003): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe.
- Grenzwerteverordnung 2007 (GKV; BGBl. II Nr. 253/2001 i.d.F. BGBl. II Nr. 243/2007): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe.
- Grundwasserschutzverordnung (BGBl. II Nr. 398/2000): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe.
- Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV; BGBl.Nr. 502/1991 i.d.F. BGBl. II Nr. 147/2002): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe.
- Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. BGBl. I Nr. 70/2007): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.
- Indirekteinleiterverordnung (IEV, BGBl. II Nr. 222/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 523/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen.
- IPPC-Richtlinie – Richtlinie 1996/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. (ABl. L 257 vom 10.10.1996, S. 26).

- Kärntner Klärschlamm- und Kompostverordnung (K-KKV; LGBl. Nr. 74/2000 i.d.g.F.): Verordnung der Kärntner Landesregierung über die Aufbringung von behandeltem Klärschlamm, Bioabfall und Grünabfall auf landwirtschaftlich genutzte Böden.
- Keramik-Verordnung (BGBl. Nr. 893/1993 i.d.F. BGBl. II Nr. 259/2006): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz über Gebrauchsgegenstände aus Keramik und Gebrauchsgegenstände mit einem Überzug aus Email.
- Kompostverordnung (BGBl. II Nr. 292/2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen.
- Kosmetikverordnung (BGBl. II Nr. 375/1999 i.d.F. BGBl. II Nr. 199/2007): Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über kosmetische Mittel.
- Kunststoffverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 476/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 452/2006): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Frauen über Gebrauchsgegenstände aus Kunststoff, die für die Verwendung bei Lebensmitteln bestimmt sind.
- Landarbeitsgesetz 1984 (LAG; BGBl. Nr. 287/1984 i.d.F. BGBl. I Nr. 61/2007): Bundesgesetz betreffend die Grundsätze für die Regelung des Arbeitsrechts in der Land- und Forstwirtschaft.
- Lebensmittelgesetz 1975 (LMG; BGBl. Nr. 86/1975 i.d.F. BGBl. I Nr. 69/2003): Bundesgesetz vom 23. Jänner 1975 über den Verkehr mit Lebensmitteln einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln, Zusatzstoffen, kosmetischen Mitteln und Gebrauchsgegenständen.
- Mineralwasser- und Quellwasserverordnung (BGBl. II Nr. 309/1999 i.d.F. BGBl. II Nr. 500/2004): Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über natürliche Mineralwässer und Quellwässer.
- NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG, LGBl. Nr. 58/1988 i.d.g.F.): Gesetz über den Schutz landwirtschaftlicher Böden.
- NÖ Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 80/1994 i.d.g.F.): Verordnung der Niederösterreichischen Landesregierung über die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Böden.
- ÖNORM S 2088-2: Altlasten. Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden. Österreichisches Normungsinstitut. Wien, 01.06.2000.
- ÖNORM S 2096-1: Stoffflussanalyse. Teil 1: Anwendungen in der Abfallwirtschaft – Begriffe. Österreichisches Normungsinstitut. Wien, 2005.
- ÖNORM S 2096-2: Stoffflussanalyse. Teil 2: Anwendung in der Abfallwirtschaft – Methodik. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- OÖ Bodengrenzwerteverordnung (LGBl. Nr. 50/2006): Verordnung der Oberösterreichischen Landesregierung betreffend Bodengrenzwerte.
- OÖ Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 115/1991 i.d.g.F.): Landesgesetz über die Erhaltung und den Schutz des Bodens vor schädlichen Einflüssen sowie über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.
- OÖ Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 62/2006): Verordnung der Oberösterreichischen Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm auf Böden.



- ÖWAV (2003): ÖWAV Regelblatt 514 – Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hg.), Wien.
- Patronenprüfverordnung 1999 (BGBl. II Nr. 388/1999): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Erprobung von Patronen für Handfeuerwaffen 1999.
- Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG; BGBl. II Nr. 96/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer.
- REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission vom 30. Dezember 2006 (AbI. L 396 S. 1).
- Rezeptpflichtverordnung (BGBl. Nr. 475/1973 i.d.F. BGBl. II Nr. 179/2007): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Umweltschutz vom 30. August 1973 über rezeptpflichtige Arzneimittel.
- Richtlinie 1976/769/EWG des Rates vom 27. Juli 1976 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen, ABi. L 262 vom 27.9.1976, S. 201–203.
- Richtlinie 1988/378/EWG des Rates vom 3. Mai 1988 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Sicherheit von Spielzeug.
- Richtlinie 1991/338/EWG des Rates vom 18. Juni 1991 zur zehnten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen.
- Richtlinie 2007/51/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. September 2007 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkung des Inverkehrbringens bestimmter quecksilberhaltiger Messinstrumente. ABi. L 257 vom 3.10.2007, S. 13–15
- Richtlinie für Ersatzbrennstoffe: Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. März 2008.
- Salzburger Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 80/2001): Gesetz zum Schutz der Böden vor schädlichen Einflüssen.
- Salzburger Klärschlamm-Bodenschutzverordnung (LGBl. Nr. 85/2002): Verordnung der Salzburger Landesregierung zum Schutz des Bodens bei der Verwendung von Klärschlamm und klärschlammhaltigen Materialien.
- Schieß- und Sprengmittelmonopolsverordnung (BGBl. Nr. 204/1935 i.d.F. BGBl. I Nr. 113/2006): Verordnung des mit der Leitung des Bundesministeriums für Landesverteidigung betrauten Bundeskanzlers im Einvernehmen mit den beteiligten Bundesministern zur Durchführung des I. Hauptstückes des Schieß- und Sprengmittelgesetzes, BGBl. Nr. 196/35.

- Spielzeugverordnung (BGBl. Nr. 823/1994): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit, Sport und Konsumentenschutz über die Sicherheit von Spielzeug.
- Steiermärkische Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 89/1987 i.d.g.F.): Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung über die Aufbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Böden.
- Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz (LGBl. 66/1987 i.d.g.F.): Gesetz zum Schutz landwirtschaftlicher Böden.
- Süßungsmittelverordnung (BGBl. Nr. 547/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 212/2005): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Konsumentenschutz über den Zusatz von Süßungsmitteln zu Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln.
- Tiroler Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 89/2000): Verordnung der Tiroler Landesregierung, mit der die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Grundflächen näher geregelt wird.
- Trinkwasserverordnung (TWV; BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.F. BGBl. II Nr. 121/2007): Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- Übereinkommen (Nr. 13) über das Verbot der Verwendung von Bleiweiß im Malergewerbe (BGBl. Nr. 226/1924 i.d.F. BGBl. Nr. 39/1964): Entwurf eines Übereinkommens, betreffend das Verbot der Verwendung von Bleiweiß im Malergewerbe.
- Übereinkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung und zu Gerichten (BGBl. III Nr. 88/2005): Übereinkommen von Aarhus über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten samt Erklärung.
- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G 2000; BGBl.Nr. 697/1993 i.d.F. BGBl. I Nr. 89/2000): Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit.
- VDI-Richtlinie 3891: Emissionsminderung Einäscherungsanlagen. Verein der Deutschen Ingenieure: VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3. Mai 2001
- Verordnung Abwasseremissionen aus der Erzeugung pflanzlicher od. tierischer Öle (BGBl. Nr. 1079/1994) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Erzeugung pflanzlicher oder tierischer Öle oder Fette einschließlich der Speiseöl- und Speisefetterzeugung.
- Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Eisen und Stahl) (BGBl. II Nr. 160/1997 i.d.F. 290/2007): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl.
- Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Nichteisenmetalle) (BGBl. II Nr. 1/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 86/2008): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Erzeugung von Nichteisenmetallen.
- Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Gießereien) (BGBl. Nr. 447/1994): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Gießereien.



- Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Glaserzeugung) (BGBl. Nr. 498/1994): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen zur Glaserzeugung.
- Verordnung Belastete Gebiete (Luft) (BGBl. II Nr. 262/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über belastete Gebiete (Luft) zum Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000.
- Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Arbeitnehmerinnen (BGBl. II Nr. 356/2001): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Arbeitnehmerinnen.
- Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche (KJBG-VO; BGBl. II Nr. 436/1998): Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales, des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten und des Bundesministers für Wissenschaft und Verkehr über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche.
- Verordnung Betriebsanlagen –vereinfachtes Genehmigungsverfahren (keinesfalls) (BGBl. II Nr. 265/1998): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten, mit der jene Arten von Betriebsanlagen bezeichnet werden, die keinesfalls dem vereinfachten Genehmigungsverfahren zu unterziehen sind.
- Verordnung Dental-Amalgam (BGBl.Nr. 575/1990): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und öffentlicher Dienst vom 8.August 1990 betreffend Dental-Amalgam.
- Verordnung Europäisches Schadstoffemissionsregister – Meldung von Schadstoffemissionsfrachten (EPER-V, BGBl. II Nr. 300/2002): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit und des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Meldung von Schadstoffemissionsfrachten für die Erstellung eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters.
- Verordnung Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz (VGÜ; BGBl. II Nr. 27/1997 i.d.F. BGBl. II Nr. 22/2006): Verordnung des Bundesministers für Arbeit und Soziales über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz.
- Verordnung Heimarbeit – Verwendung von gefährlichen Stoffen (BGBl. Nr. 178/1983 i.d.F.: BGBl. Nr. 486/1983): Verordnung des Bundesministers für soziale Verwaltung vom 21. Jänner 1983, mit der die Verwendung von gefährlichen Stoffen oder Zubereitung in Heimarbeit verboten wird.
- Verordnung Messkonzept zum Immissionschutzgesetz-Luft (BGBl. II Nr. 263/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 500/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.
- Verordnung Nährkaseine und Nährkaseinate (BGBl. Nr. 548/1996): Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit und Konsumentenschutz über Nährkaseine und Nährkaseinate.
- Verordnung Rücknahme und Schadstoffbegrenzung von Batterien und Akkumulatoren (BGBl. Nr. 514/1990 i.d.F. BGBl. II Nr. 335/2000): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 19. Juli 1990 über die Rücknahme und Schadstoffbegrenzung von Batterien und Akkumulatoren.



- Verordnung Verbot bestimmter Schmiermittelzusätze und Verwendung von Ketten-sägenölen (BGBl. Nr. 647/1990): Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten vom 20. September 1990 über das Verbot bestimmter Schmiermit-telzusätze und die Verwendung von Kettensägenölen.
- Verpackungsverordnung 1996 (VerpackVO 1996; BGBl.Nr. 648/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 364/2006): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Waren-resten und die Einrichtung von Sammel- und Verwertungssystemen.
- Vorarlberger Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 75/1997 i.d.g.F): Verordnung der Vorarl-berger Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm.
- Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV; BGBl. II Nr. 478/2006): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Erhebung des Wasserkreislaufes in Österreich.
- Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959; BGBl. Nr. 215/1959 i.d.F. BGBl. I Nr. 123/2006): Wasserrechtsgesetz 1959.
- Weinverordnung (BGBl. Nr. 630/1992 i.d.F. BGBl. I Nr. 13/2006): Verordnung des Bundes-ministers für Land- und Forstwirtschaft zur Durchführung des Weingesetzes 1985.
- Wiener Klärschlammgesetz (LGBl. Nr. 08/2000): Gesetz über das Verbot der Ausbringung von Klärschlamm.
- Wurfscheibenverordnung (WurfscheibenV; BGBl II Nr. 420/2002): Verordnung des Bundes-ministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Beschränkung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Wurfscheiben.
- Zementverordnung (ZementV; BGBl. II Nr. 60/2007): Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über die Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen aus Anlagen der Zementerzeugung 2007.
- Zusatzstoff-Verordnung (ZuV; BGBl. II Nr. 383/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 364/2005): Verord-nung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über andere Zusatzstoffe als Farbstoffe und Süßungsmittel.

## 13 TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

### 13.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Levels zur Angabe der Datenunsicherheit nach HEDBRANT & SÖRME (2001).....	41
Tabelle 2:	Angenommene Schwankungsbereiche der drei Datenkategorien und Berechnung der Standardabweichung.....	42
Tabelle 3:	Güterauswahl für die Datenerfassung – allgemeine Güter = massenmäßig wichtigste Konsumgüter.....	43
Tabelle 4:	Güterauswahl für die Datenerfassung – spezifische Güter = Konsumgüter mit den höchsten Frachten an Blei, Cadmium oder Quecksilber.....	43
Tabelle 5:	Produktion, Import, Export und Konsum von Energieträgern sowie der Metallfrachten.....	44
Tabelle 6:	Produktion, Import, Export und Konsum von Bergbauprodukten, Holz und Nahrungsmitteln.....	45
Tabelle 7:	Import, Export und Konsum von Fahrzeugen und darin enthaltenen Blei- und Cadmiumfrachten.....	46
Tabelle 8:	Masse an Elektroaltgeräten (EAG), Konsum von Elektrogeräten und der Anteil der Stoffkonzentration von Neugeräten relativ zu Altgeräten.....	47
Tabelle 9:	Bleikonzentration in Elektrogeräten (MORF & TAVERNA 2004, GABRIEL 2004).....	48
Tabelle 10:	Abschätzung der Masse von Röhrenbildschirmen (eigene Schätzung).....	48
Tabelle 11:	Abschätzung der Masse von LCD-Bildschirmen (eigene Schätzung).....	48
Tabelle 12:	Import, Export und Konsum von Elektrogeräten und darin enthaltene Blei-, Cadmium- und Quecksilberfrachten (STATISTIK AUSTRIA 2006 und eigene Berechnungen).....	48
Tabelle 13:	Massen und Stofffrachten von konsumierten Batterien und Akkus in Österreich für das Jahr 2005 (eigene Berechnungen).....	49
Tabelle 14:	Verteilung des Konsums und des Konsumlagers der wichtigsten bleihaltigen Güter in den verschiedenen Prozessen (eigenen Berechnungen).....	50
Tabelle 15:	Importe und Exporte von „Blei und Waren daraus“ für das Jahr 2005 (STATISTIK AUSTRIA 2006, eigene Berechnungen).....	50
Tabelle 16:	Importe, Exporte und Konsum von Bleiakumulatoren für das Jahr 2005 (STATISTIK AUSTRIA 2006 und 2007, eigene Berechnungen).....	51



Tabelle 17:	Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen). .....	52
Tabelle 18:	Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen.....	53
Tabelle 19:	Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Unsicherheiten für den Prozess Privater Haushalt (eigene Berechnungen). .....	55
Tabelle 20:	Bleifrachten des Jahres 2005 und deren Datenunsicherheiten für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigene Berechnungen). .....	62
Tabelle 21:	Einwohnerspezifische Bleiemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Bleieinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	65
Tabelle 22:	Gesamt-Bleieinträge aus Oberflächenabschwemmung in Gewässer aus Trenn- und Mischkanalisation und in Kläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	66
Tabelle 23:	Gesamt-Bleiausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	67
Tabelle 24:	Gesamt-Bleiausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft (BMLFUW 2006a, eigene Berechnungen). .....	67
Tabelle 25:	Gesamt-Bleiausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft (BMLFUW 2006a, eigene Berechnungen). .....	67
Tabelle 26:	Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen). .....	77
Tabelle 27:	Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (eigene Berechnungen). .....	78
Tabelle 28:	Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Privater Haushalt (eigene Berechnungen). .....	79
Tabelle 29:	Cadmiumfrachten des Jahres 2005 für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft (eigenen Berechnungen). .....	80
Tabelle 30:	Einwohnerspezifische Cadmiumemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Cadmiumeinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	83
Tabelle 31:	Gesamt-Cadmiumeinträge aus Oberflächenabschwemmung in Gewässer aus Trenn- und Mischkanalisation und in Kläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	83
Tabelle 32:	Gesamt-Cadmiumausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a). .....	84
Tabelle 33:	Gesamt-Cadmiumausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft.....	84

Tabelle 34:	Gesamt-Cadmiumausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft.....	84
Tabelle 35:	Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft (eigene Berechnungen).....	92
Tabelle 36:	Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (eigenen Berechnungen). ....	93
Tabelle 37:	Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für den Prozess Privater Haushalt (eigenen Berechnungen). ....	94
Tabelle 38:	Quecksilberfrachten des Jahres 2005 für die Ströme des Subsystems Abfallwirtschaft. ....	95
Tabelle 39:	Einwohnerspezifische Quecksilberemissionen über häusliches Abwasser sowie jährliche Gesamt-Quecksilbereinträge in kommunale Kläranlagen und in Senkgruben und Hauskläranlagen in Österreich (BMLFUW 2005a). ....	97
Tabelle 40:	Gesamt-Quecksilberausträge aus Kläranlagen in Gewässer in Österreich (BMLFUW 2005a). ....	98
Tabelle 41:	Gesamt-Quecksilberausträge mit Klärschlamm in die österreichische Landwirtschaft (BMLFUW 2005a, eigene Berechnungen).....	98
Tabelle 42:	Gesamt-Quecksilberausträge mit Klärschlamm in die österreichische Abfallwirtschaft (BMLFUW 2005a, eigene Berechnungen).....	98
Tabelle 43:	Grenzwerte für Cadmium und Quecksilber für verschiedene Batterietypen gemäß Batterienverordnung. ....	109
Tabelle 44:	Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Kompost gemäß Kompostverordnung. ....	110
Tabelle 45:	Emissionsschwellwerte deren Überschreitung gemäß E-PRTR-Verordnung zu melden ist. ....	111
Tabelle 46:	Immissionsgrenzwerte gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft....	111
Tabelle 47:	Maximalkonzentration von Schwermetallen in Abwässern die in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden gemäß .....	112
Tabelle 48:	Grundwasserswellenwerte gemäß Grundwasserswellenwertverordnung.....	113
Tabelle 49:	Vorsorgewerte, Limits für Jahreseintragsfrachten und Prüfwerte gemäß OÖ-Bodengrenzwertverordnung. ....	114
Tabelle 50:	Anwendungsgebiete von Cadmium in den Jahren 1982, 1996 und 2004 in t. ....	119
Tabelle 51:	Importe und Exporte von Ni-Cd-Akkumulatoren in/aus Österreich im Jahr 2005 (Quelle: STATISTIK AUSTRIA, 2006). ....	121



Tabelle 52:	Verkauf (Verbrauch) von Ni-Cd-Akkumulatoren in Österreich im Jahr 2001 (Quelle: TRAR, Risk Assessment Target Report, in Bio Intelligence Service, 2003). .....	122
Tabelle 53:	In Verkehr gebrachte Mengen und Sammelmengen von Ni-Cd-Akkus in Deutschland 2001–2007 (Quelle: STIFTUNG GEMEINSAMES RÜCKNAHMESYSTEM BATTERIEN, 2008).....	122
Tabelle 54:	Konsum-, Abfall- und Sammelmengen und daraus berechnete Sammelraten von tragbaren Ni-Cd-Akkus/Batterien für Österreich (eigene Abschätzung). .....	124
Tabelle 55:	Anwendungsbereiche von Kunststoffen (CONSULTIC 2004, HUTTERER et al. 2000 in BOGUCA & BRUNNER 2007).....	127
Tabelle 56:	Anteil verschiedener Polymere am Verbrauch (PLASTIC EUROPE 2004 in BOGUCA & BRUNNER 2007). .....	127
Tabelle 57:	Anwendungsgebiete verschiedener Polymere (GUA 2005 in BOGUCA & BRUNNER 2007). .....	127
Tabelle 58:	Anteil an Additiven in verschiedenen Kunststoffen (ÖKI, 1996 in BOGUCA UND BRUNNER, 2007). .....	128
Tabelle 59:	Cadmiumgehalt in „alten“ Kunststoffen.....	131
Tabelle 60:	Bleigehalt in „alten“ und „neuen“ Kunststoffen.....	131
Tabelle 61:	Flüsse und Lager von Cadmium und Blei in Kunststoffen (eigene Berechnungen).....	132
Tabelle 62:	Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung des Bleilagers in Wasserleitungsrohren. ....	133
Tabelle 63:	Berechnetes Bleilager in Wasser- und Abwasserleitungen (eigene Berechnungen). ....	134
Tabelle 64:	Bleifrachten in verschossener Munition in Schweden in t/a (gemittelt aus KEMI 2006).....	138
Tabelle 65:	Differenz zwischen Einfuhr und Ausfuhr von Munition für Faustfeuerwaffen und Gewehre errechnet aus Außenhandelsstatistik Österreich für das Jahr 2005.....	139
Tabelle 66:	Bleifrachten in verschossener Munition in Österreich im Jahr 2005 in t/a (eigene Berechnungen). ....	140
Tabelle 67:	Bodenuntersuchungen 2005 für den Tontaubenschießplatz „Treffling“ – Schwermetallbelastung je Tiefenstufe im Vergleich zu den Prüfwerten der ÖNORM S 2088-2 (UMWELTBUNDESAMT 2007c). .....	142
Tabelle 68:	Verbote von Bleischrot in Europa (persönliche Mitteilung: Eva-Maria Reiss, BMLFUW, 4.4.2008, ergänzt, KINSKY 2006). .....	146
Tabelle 69:	Bleifrachten aus Sportschießen, Jagd und Fischerei als Teil des Stromes „Mineraldünger + Munitionsteile“ errechnet für 2005. ....	148
Tabelle 70:	Austrittspfade von Quecksilber aus Zahnamalgam in Norwegen im Jahr 2003 (SFT 2006). .....	151

Tabelle 71:	Verbleib des Quecksilbers aus dem Zahnamalgam der Verstorbenen in Österreich im Jahr 2005 (errechnet aus STATISTIK AUSTRIA 2007b und UMWELTBUNDESAMT 2007a).....	154
Tabelle 72:	Die aus Zahnamalgam im Jahr 2005 freigesetzten Quecksilberfrachten (eigene Berechnungen). .....	155
Tabelle 73:	Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Blei (eigene Berechnungen).....	162
Tabelle 74:	Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Cadmium (eigene Berechnungen). .....	163
Tabelle 75:	Konsumgüter (Top 5) und Lagergüter (Top 3) für Quecksilber (eigene Berechnungen). .....	164
Tabelle 76:	Export- und Konsumflüsse sowie Flüsse in die Abfallwirtschaft für Blei, Cadmium und Quecksilber im Vergleich zum Import für das Jahr 2005. ....	164
Tabelle 77:	Senken für Blei, Cadmium und Quecksilber (eigene Berechnungen).....	171
Tabelle 78:	Blei-, Cadmium- und Quecksilber-Grenzwerte sowie Eluat-Grenzwerte für die Annahme von Abfällen auf Reststoffdeponien (Deponieverordnung). .....	172
Tabelle 79:	Konsum- und Abfallmengen sowie berechnete Recyclingraten für Blei, Cadmium und Quecksilber (eigene Berechnungen). .....	176

## 13.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prozesse des Hauptsystems RUSCH.....	31
Abbildung 2:	Die wichtigsten Güterströme des Hauptsystems RUSCH (Abkürzungen siehe Anhang B). .....	32
Abbildung 3:	Emissionen in die Luft und in Litho- und Hydrosphäre sowie Depositionen aus der Luft und Entnahmen aus Litho- und Hydrosphäre unter Einbeziehung der Abwasser-wirtschaft im Hauptsystem RUSCH (Abkürzungen siehe Anhang B).....	33
Abbildung 4:	Prozesse im Subsystem Abfallwirtschaft. ....	35
Abbildung 5:	Die Abfallströme sowie Emissionen in die Luft und Abwasserströme aus dem Subsystem Abfallwirtschaft. ....	36
Abbildung 6:	Räumlich verteilte Bleideposition in Österreich 2005 (aus: <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> ). .....	71
Abbildung 7:	Nationale Herkunft der Bleideposition in Österreich 2005 (nach <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> ). .....	72
Abbildung 8:	Stoffflussanalyse für Blei – Gesamtsystem Österreich (in kt/a) (eigene Berechnungen). .....	74
Abbildung 9:	Stoffflussanalyse für Blei – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (in kt/a) (eigene Berechnungen).....	75

Abbildung 10: Räumlich verteilte Cadmiumdeposition in Österreich 2005 (aus: <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> )	86
Abbildung 11: Nationale Herkunft der Cadmiumdeposition in Österreich 2005 (nach <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> )	86
Abbildung 12: Stoffflussanalyse für Cadmium – Gesamtsystem Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen)	88
Abbildung 13: Stoffflussanalyse für Cadmium – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen)	90
Abbildung 14: Räumlich verteilte Quecksilberdeposition in Österreich 2005 (aus: <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> )	100
Abbildung 15: Nationale Herkunft der Quecksilberdeposition in Österreich 2005 (nach <a href="http://www.msceast.org">www.msceast.org</a> )	101
Abbildung 16: Stoffflussanalyse für Quecksilber – Gesamtsystem Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen)	102
Abbildung 17: Stoffflussanalyse für Quecksilber – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (in t/a) (eigene Berechnungen)	104
Abbildung 18: Verteilung der weltweiten Cadmium-Produktion nach Regionen in den Jahren 1995 bis 2004 (Quelle: WBMS)	118
Abbildung 19: Verteilung von Ni-Cd-Akkumulatoren nach Hauptanwendungsgebieten (weltweit) – nach TAKESHITA (2003, 2004, 2005) in MORROW (2005)	121
Abbildung 20: Kunststoffflüsse und Kunststofflager in Österreich 2004 (in kt bzw. kt/a) (BOGUCA & BRUNNER 2007)	126
Abbildung 21: Flüsse und Lager von Kunststoffadditiven in Österreich 2004 (in kt bzw. kt/a) (BOGUCA & BRUNNER 2007)	129
Abbildung 22: Aufbau eines Teilmantelgeschosses (1: Bleikern; 2: Runder oder Spitzer Geschosßkopf; 3: Tombakplattierter Stahlmantel) (Invexis 2006)	136
Abbildung 23: Jagdpatrone (Willmann 2006)	137
Abbildung 24: Röntgenaufnahme vom Brustkorb eines erlegten Weißwedelhirsches, welcher mit einem Standard-Teilmantelgeschoss (Kupfermantel mit Bleispitze/Softpoint) beschossen wurde (aus <a href="http://www.projectgutpile.org/archives/pdf/hunt2006.pdf">http://www.projectgutpile.org/archives/pdf/hunt2006.pdf</a> zitiert in LANGMAACK 2008)	138
Abbildung 25: Löslichkeit von Blei als Funktion des pH-Wertes (SEEL 1973)	141
Abbildung 26: Metallgehalte des Oberbodens (0–5 cm) in Abhängigkeit der Entfernung vom Schießstand am Tontaubenschießplatz „Treffling“ (UMWELTBUNDESAMT 2007c)	142
Abbildung 27: Tiefenspezifische Verteilung der Bleigehalte am Tontaubenschießplatz „Treffling“ (Hauptschussrichtung, Entfernung ca. 165 m vom Schießstand) (UMWELTBUNDESAMT 2007c)	143

Abbildung 28: Aufkommen an quecksilberhaltigen Abfällen SN 35326 aus der Zahnmedizin in Österreich gemäß Begleitscheinauswertung (eigene Berechnungen, Datenstand 31.03.2008).....	153
Abbildung 29: Systembild Gesamtsystem „Österreich 2005“.....	161
Abbildung 30: Anthropogene Lagerbestände in IGD, PHH und Deponien für Blei, Cadmium und Quecksilber (IGD = Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, PHH = Private Haushalte, AWS = Abfallwirtschaftssystem) (eigene Berechnungen).....	166
Abbildung 31: Lageränderungen des Gesamtlagers sowie der anthropogenen Lager in IGD, PHH und in Deponien für Blei, Cadmium und Quecksilber (IGD = Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen, PHH = Private Haushalte, AWS = Abfallwirtschaftssystem) (eigene Berechnungen).....	167
Abbildung 32: Atmosphärischen Emissionen von Blei, Cadmium und Quecksilber der verschiedenen Prozesse (eigene Berechnungen).....	169
Abbildung 33: Stoffflüsse für Blei, Cadmium und Quecksilber in den Oberboden.....	170
Abbildung 34: Löslichkeit von Blei-, Cadmium- und Quecksilberkationen als Funktion des pH-Wertes (SEEL 1973) und Eluat-Grenzwerte für die Annahme von Abfällen auf Reststoffdeponien gemäß Deponieverordnung.....	172
Abbildung 35: An- bzw. Abreicherung von Blei, Cadmium und Quecksilber in den Umweltmedien Atmosphäre, Oberboden sowie Litho- und Hydrosphäre.....	173
Abbildung 36: Systembild Blei – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).....	208
Abbildung 37: Systembild Blei – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).....	209
Abbildung 38: Systembild Cadmium – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).....	210
Abbildung 39: Systembild Cadmium – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).....	211
Abbildung 40: Systembild Quecksilber – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).....	212
Abbildung 41: Systembild Quecksilber – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).....	213

## 14 ANHANG A – SYSTEMBILDER

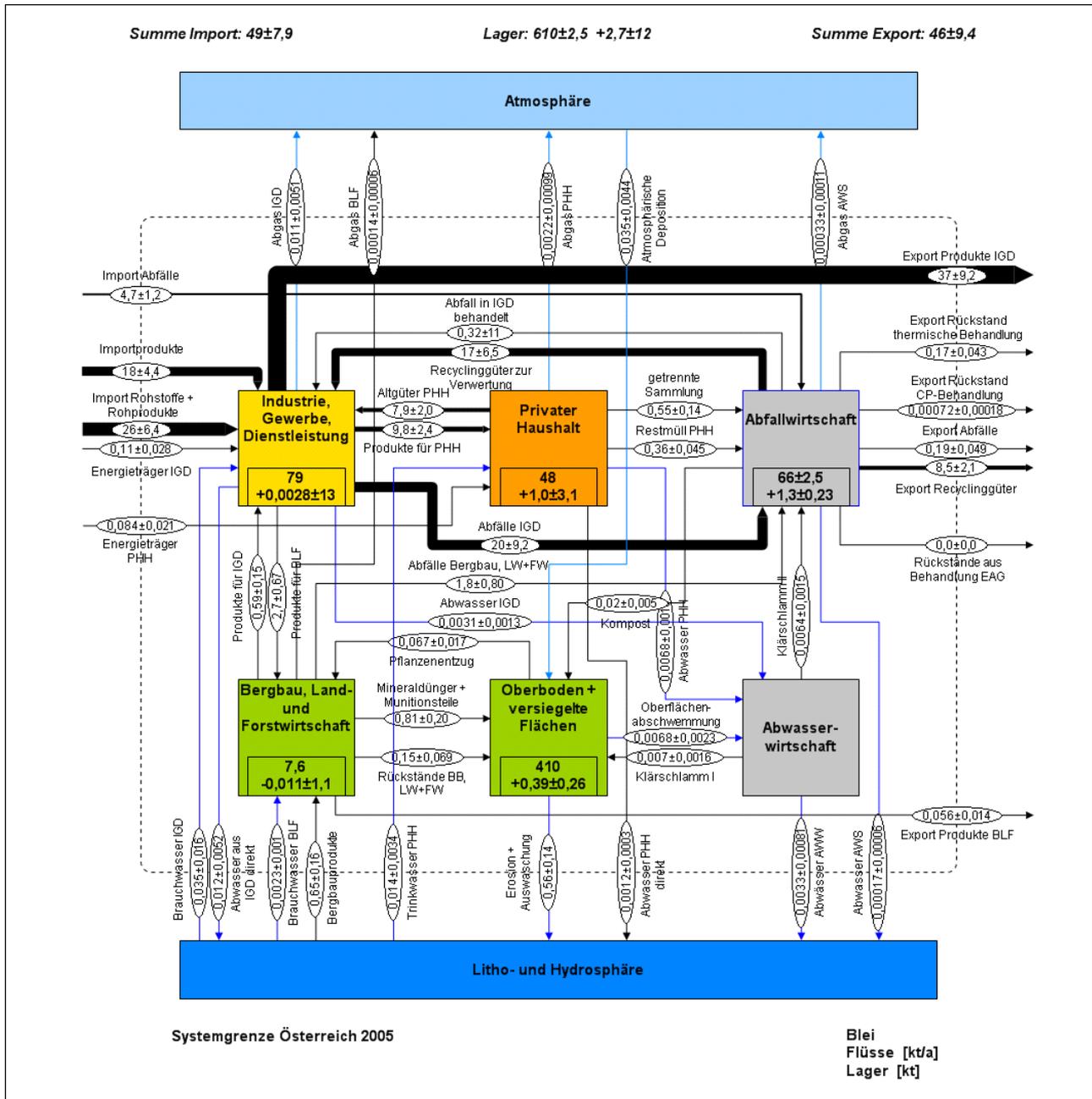


Abbildung 36: Systembild Blei – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).

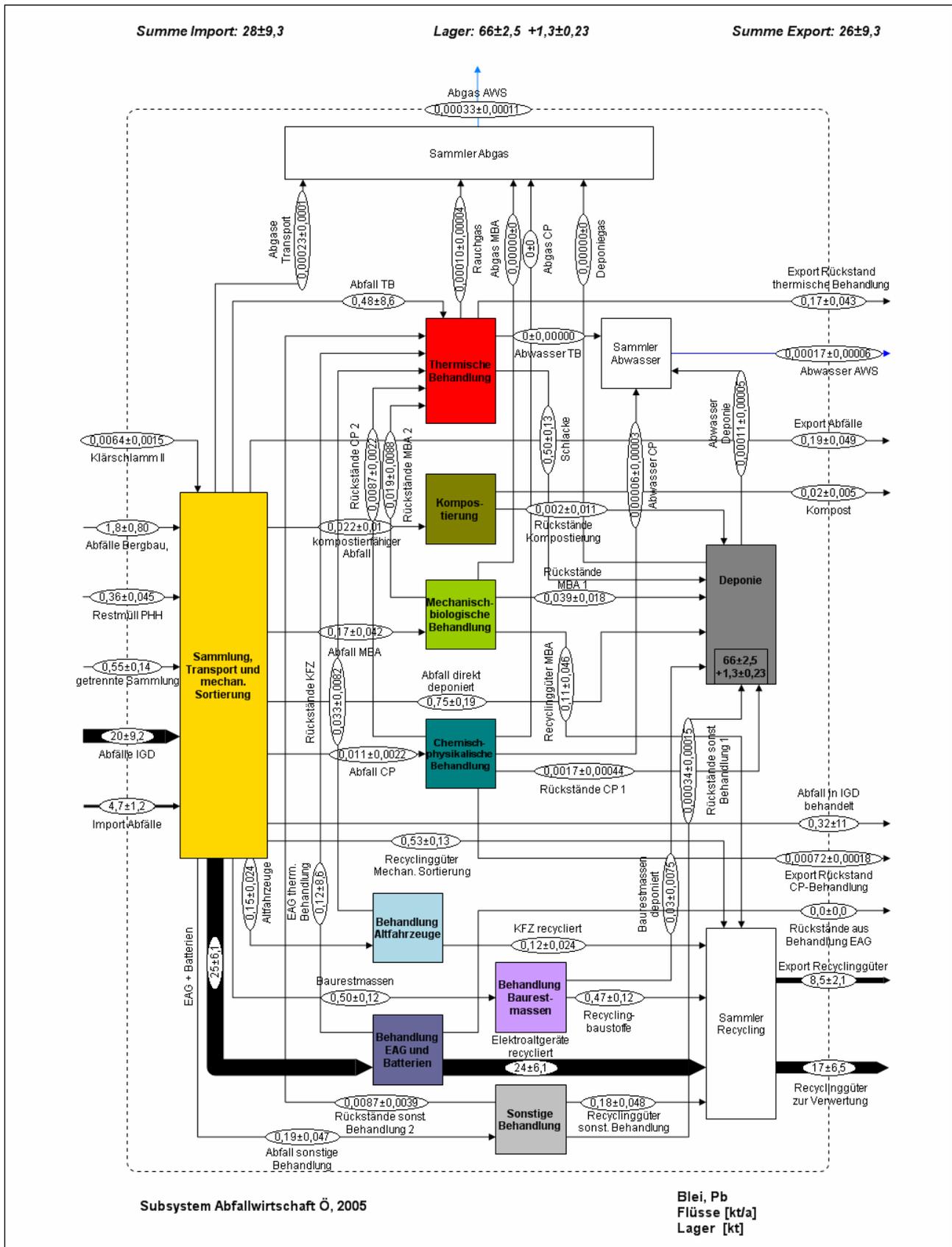


Abbildung 37: Systembild Blei – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).

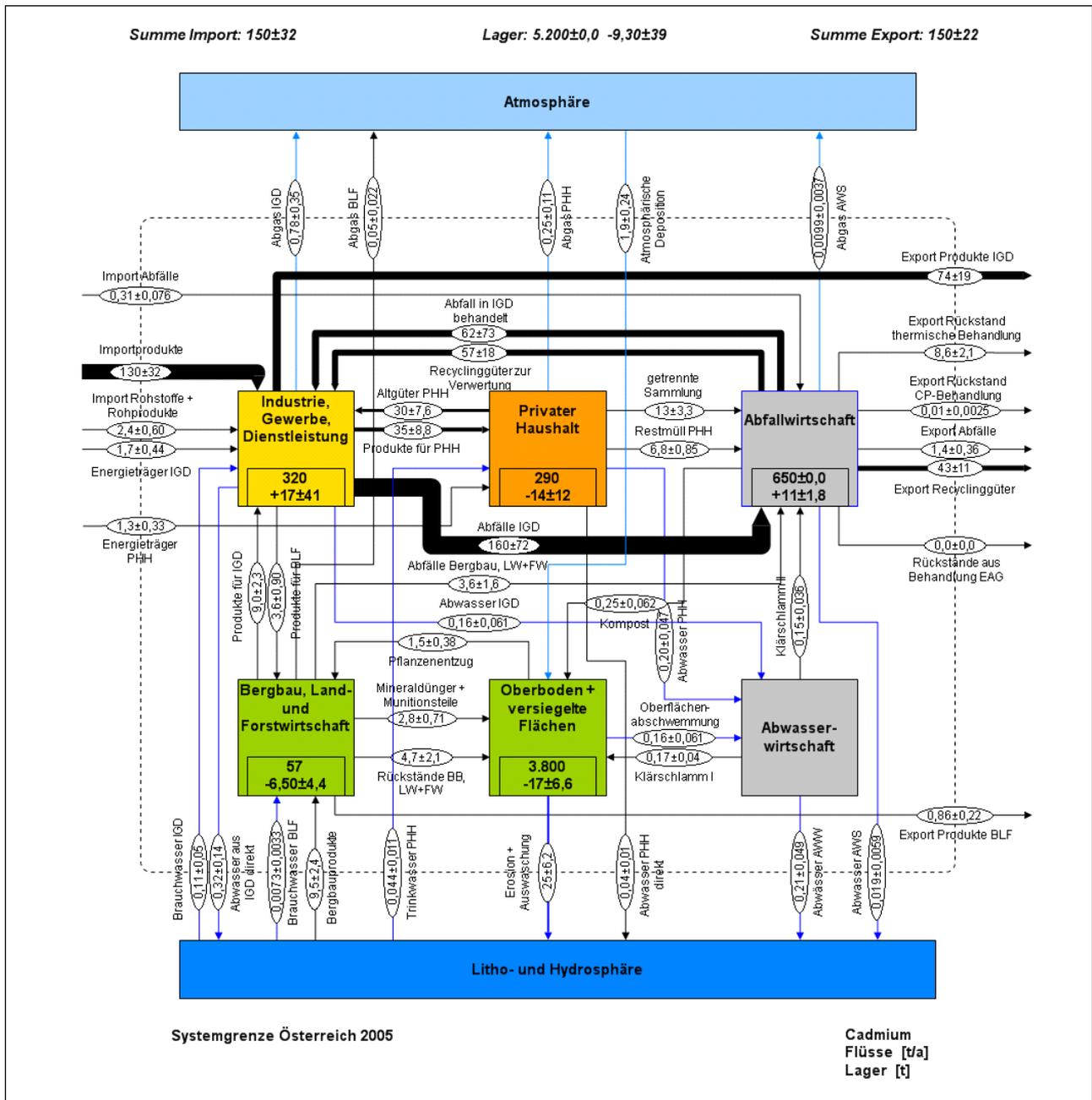


Abbildung 38: Systembild Cadmium – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).

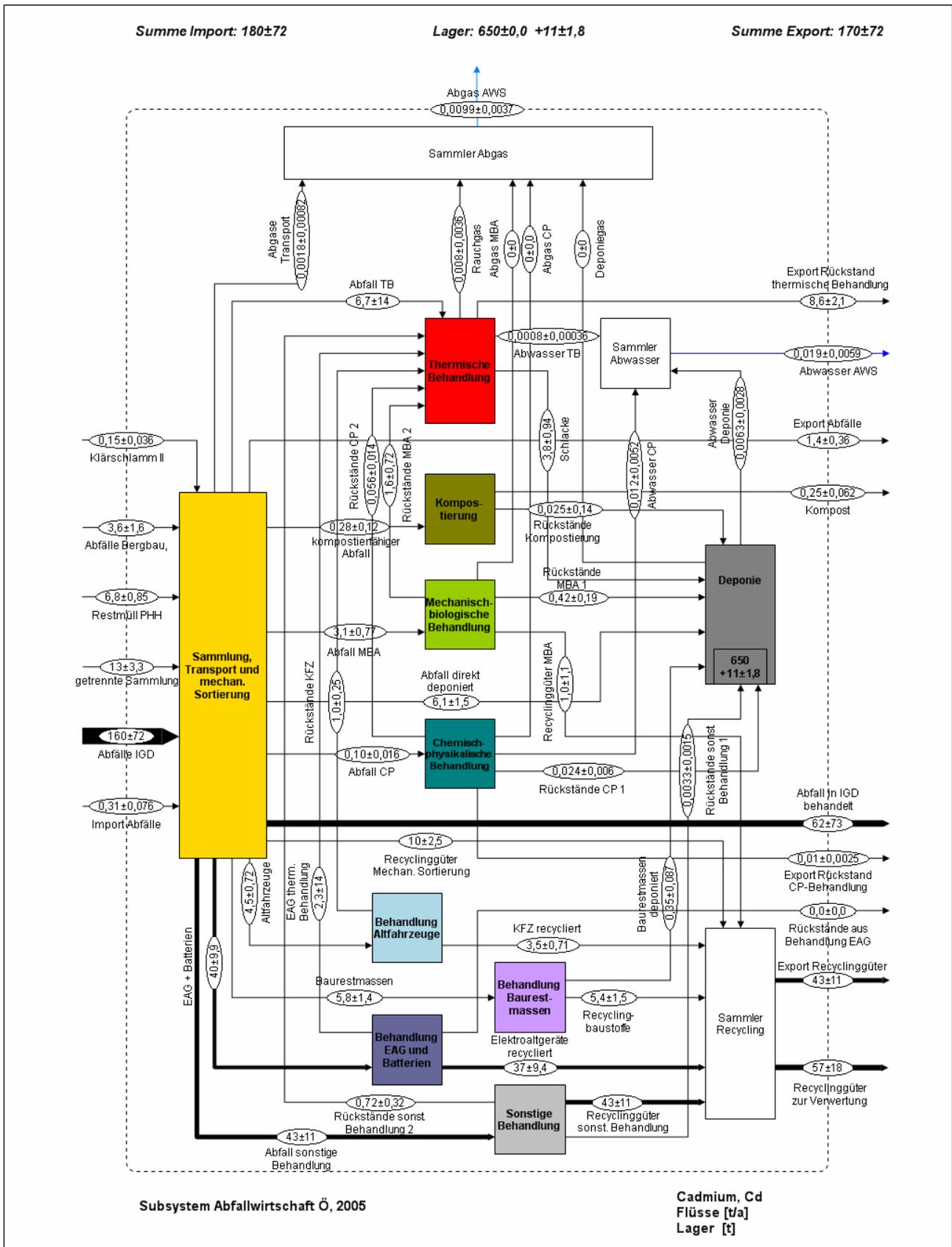


Abbildung 39: Systembild Cadmium – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).

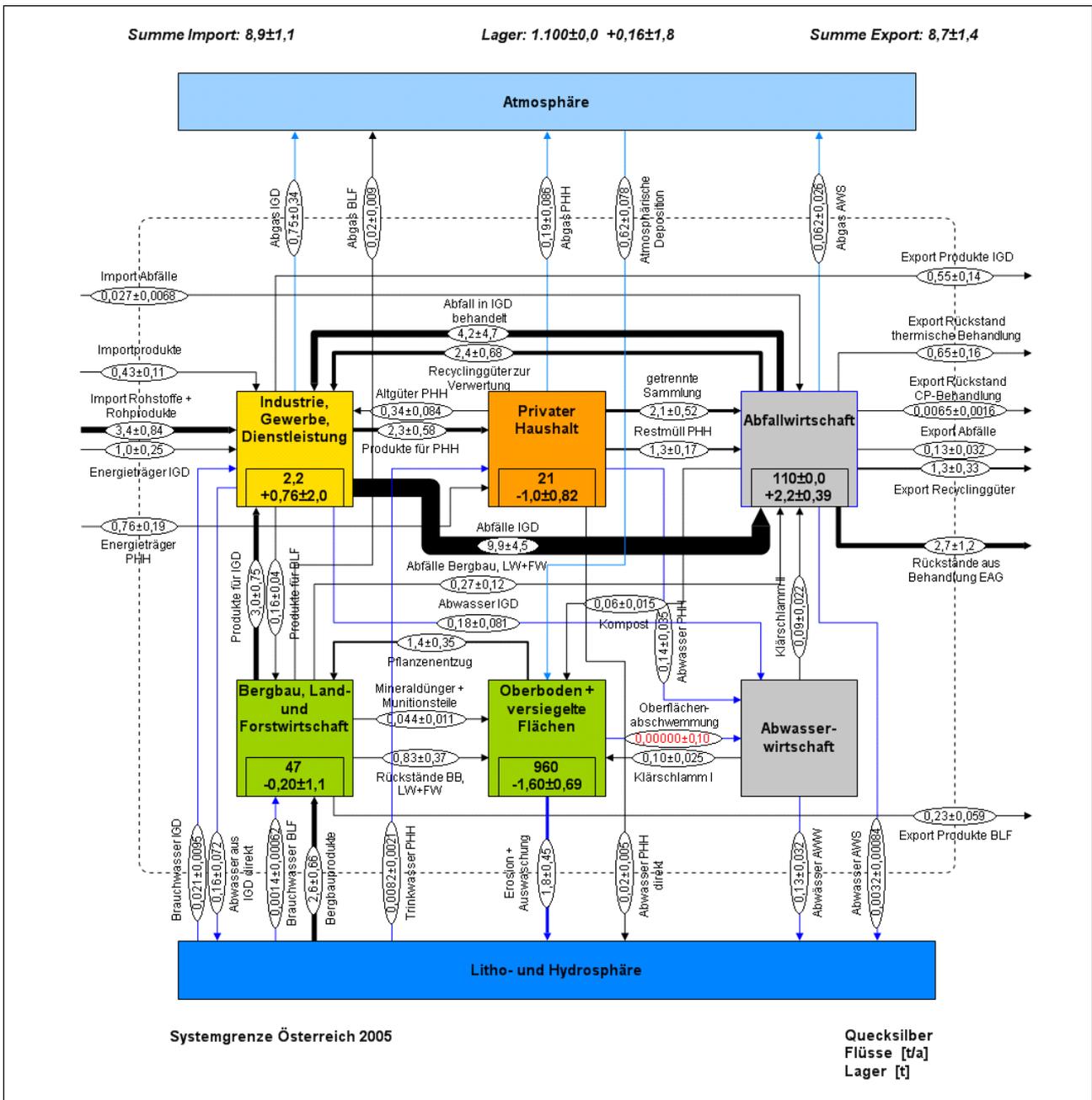


Abbildung 40: Systembild Quecksilber – Gesamtsystem Österreich (eigene Berechnungen).

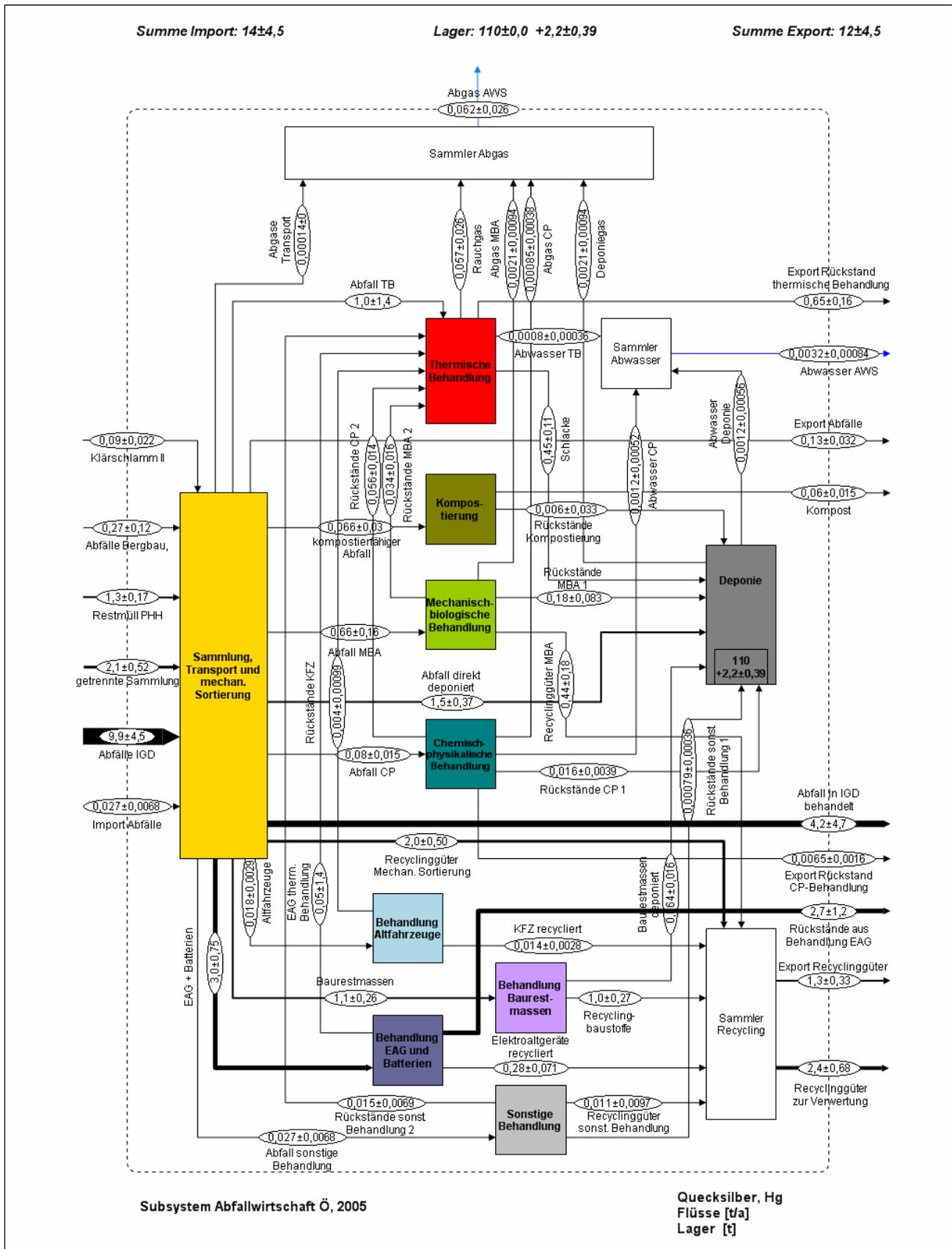


Abbildung 41: Systembild Quecksilber – Subsystem Abfallwirtschaft Österreich (eigene Berechnungen).



## 15 ANHANG B – LISTE DER PROZESSE UND FLÜSSE

### 15.1 Liste der Prozesse

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Prozesses	Lager
<b>Hauptsystem</b>		
ATM	Atmosphäre	
AWS	Abfallwirtschaft	AWS
AWW	Abwasserwirtschaft	
BLF	Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	BLF
E	Export	
I	Import	
IGD	Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen	IGD
LH	Litho- und Hydrosphäre	
OBVF	Oberboden und versiegelte Flächen	BOD
PHH	Private Haushalte	PHH
<b>Subsystem Abfallwirtschaft</b>		
ABG AWS	Sammler für alle Abgase aus der Abfallwirtschaft	
ALT KFZ	Behandlung Altfahrzeuge	
AW AWS	Sammler für alle Abwässer aus der Abfallwirtschaft	
BAU RM	Behandlung Baurestmassen	
CPB	Anlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung	
DEPO	Deponien (alle Klassen)	DEPO
EAG BEH	Behandlung EAG und Batterien	
KOMP	Kompostierung	
MBA	Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung	
REC AWS	Sammler für Recyclinggüter und Materialien für die Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	
SA+TRA+MVB	Sammlung, Transport, mechanische Sortierung, soweit dies nicht in weiteren Behandlungsschritten erfolgt	
SON	Sonstige Behandlung (z. B. von EAG, Altfahrzeugen, Baumaterialien ...)	
TB	Thermische Behandlung von Abfällen, inklusive von gefährlichen Abfällen, exklusive Mitverbrennung	



## 15.2 Liste der Flüsse Hauptsystem

Kürzel	vollständige Bezeichnung/Erläuterungen/Teilströme	Quellprozess	Zielprozess
<b>Input-Ströme in „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen“</b>			
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	PHH	IGD
EN IGD	Energieträger IGD	I (Importe)	IGD
IM PRO	Importprodukte	I (Importe)	IGD
IM ROH	Import Rohstoffe + Rohprodukte	I	IGD
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen	BLF	IGD
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (REC AWS)	IGD
BW IGD	Brauchwasser IGD	LH	IGD
<b>Sonstige Importe</b>			
EN PHH	Energieträger PHH	I (Importe)	PHH
IM ABF	Import Abfälle	I (Importe)	AWS (SA+TRA+MS)
<b>Output-Ströme aus „Atmosphäre“</b>			
ATM DEP	Atmosphärische Deposition	ATM	OBVF
<b>Output-Ströme aus „Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen“</b>			
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWS (SA+TRA+MS)
ABG IGD	Abgase aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (inklusive Mitverbrennung)	IGD	ATM
AW IGD	Abwasser aus IGD, Indirekteinleitungen in Abwasserwirtschaft	IGD	AWW
AW IGDD	Abwasser aus IGD, Direkteinleitungen in Gewässer	IGD	LH
EX PRO IGD	Export Produkte IGD	IGD	E (Exporte)
PRO IGDBLF	Produkte IGD für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	IGD	BLF
PRO PHH	Produkte für private Haushalte	IGD	PHH
<b>Output-Ströme aus „Privaten Haushalten“</b>			
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)
ABG PHH	Abgase aus privaten Haushalten	PHH	ATM
AW PHHD	Abwasser aus PHH in Hydrosphäre	PHH	LH
AW PHH	Abwasser aus PHH in Kläranlagen	PHH	AWW
<b>Output-Ströme aus „Abfallwirtschaft“</b>			
ABG AWS	Abgase aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (ABG AWS)	ATM
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (AW AWS)	LH
EX ABF	Export-Abfälle	AWS (SA+TRA+MS)	E (Exporte)
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Filterstäube, + 3 kt Altöl)	AWS (REC AWS)	E (Exporte)
EX RÜ CP	Export von Rückständen aus der chemisch-physikalischen Behandlung	AWS (CPB)	E (Exporte)



Kürzel	vollständige Bezeichnung/Erläuterungen/Teilströme	Quellprozess	Zielprozess
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	AWS (TB)	E (Exporte)
KOM	Kompost	AWS (KOMP)	OBVF
<b>Output-Ströme aus „Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft“</b>			
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)
ABG BLF	Abgas aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	BLF	ATM
EX PRO BLF	Export Produkte BLF	BLF	E (Exporte)
MD MUN	Mineraldünger + Munitionsteile	BLF	OBVF
RÜ BLF	Rückstände aus Land- und Forstwirtschaft die wieder in den Boden zurückgeführt werden (Abraum, Pflanzenreste, Gülle)	BLF	OBVF
<b>Output-Ströme aus „Oberboden und versiegelte Flächen“</b>			
AW OAB	Abwasser aus Oberflächenabschwemmung	OBVF	AWW
ERO AUS	Erosion & Auswaschung	OBVF	LH
PE	Pflanzenentzug	OBVF	BLF
<b>Output-Ströme aus „Abwasserwirtschaft“</b>			
AW AWW	Abwässer aus der Abwasserwirtschaft	AWW	LH
KS I	Klärschlamm I – Verwendung als Dünger	AWW	OBVF
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	AWW	AWS (SA+TRA+MS)
<b>Output-Ströme aus „Litho- und Hydrosphäre“</b>			
BBP	Erze, Abbaumaterialien aus dem Bergbau (Bergbauprodukte)	LH	BLF
TW PHH	Trinkwasser PHH	LH	PHH
BW BLF	Brauchwasser BLF	LH	BLF



### 15.3 Liste der Flüsse Abfallwirtschaft

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess
<b>Strom außerhalb Abfallwirtschaft</b>			
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	PHH	IGD (HAN)
<b>Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>			
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land-, Forst-, Jagd- und Fischereiwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD (SABF IGD)	AWS (SA+TRA+MS)
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)
IM ABF	Import Abfälle	I (Importe)	AWS (SA+TRA+MS)
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	AWW	AWS (SA+TRA+MS)
<b>Output-Ströme aus „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>			
ABF BIO	kompostierfähiger Abfall	SA+TRA+MS	KOMP
ABF CP	Abfall für die chemisch-physikalische Behandlung	SA+TRA+MS	CPB
ABF DD	Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert	SA+TRA+MS	DEPO
ABF MBA	Abfall zur Behandlung in der MBA	SA+TRA+MS	MBA
ABF SON	Abfall zur sonstigen Behandlung	SA+TRA+MS	SON
ABF TB	Abfall zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung)	SA+TRA+MS	TB
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD (VREC)
ABG TR	Abgase Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung	SA+TRA+MS	ABG AWS
ALT KFZ	Altfahrzeuge	SA+TRA+MS	ALT KFZ
BRM	Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub	SA+TRA+MS	BAU RM
EX ABF	Export-Abfälle	AWS (SA+TRA+MS)	E (Exporte)
EAG BAT	Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren	SA+TRA+MS	EAG BEH
REC MS	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung	SA+TRA+MS	SAM REC
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“</b>			
ABG AWS	Abgase aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (ABG AWS)	ATM
AW TB	Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung)	TB	AW AWS
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	AWS (TB)	E (Exporte)
<b>Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“</b>			
RG	Rauchgas aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	ABG AWS
SCHL	Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	DEPO
<b>Output-Ströme aus der „Kompostierung“</b>			
ABG MBA	Abgas MBA	MBA	ABG AWS
KOM	Kompost	AWS (KOMP)	OBVF



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess
<b>Output-Ströme aus der „MBA“</b>			
REC MBA	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung	MBA	SAM REC
RÜ KOM	Rückstände der Kompostierung zur Deponierung	KOMP	DEPO
RÜ MBA 1	Rückstände der MBA zur Deponierung	MBA	DEPO
RÜ MBA 2	Rückstände der MBA zur Verbrennung	MBA	TB
<b>Output-Ströme aus der „CPB“</b>			
ABG CP	Abgase aus CP-Anlagen	CPB	ABG AWS
AW CP	Abwässer aus der CP Behandlung	CPB	AW AWS
EX RÜ CP	Export von Rückständen aus der chemisch-physikalischen Behandlung	CPB	E (Exporte)
RÜ CP 1	Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen)	CPB	DEPO
RÜ CP 2	Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle)	CPB	TB
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“</b>			
KFZ REC	Altfahrzeug-Fractionen zum Recycling	ALT KFZ	REC AWS
KFZ TB	Altfahrzeug-Fractionen zur thermischen Behandlung	ALT KFZ	TB
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“</b>			
BAU REC	Recyclingbaustoffe	BAU RM	REC AWS
BRM DEP	Baurestmassen deponiert nach Behandlung	BAU RM	DEPO
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von EAG und Batterien“</b>			
EAG REC	EAG und Batterie-Fractionen zum Recyceln	EAG BEH	REC AWS
RÜ EAG	Hg-haltige Rückstände aus der Behandlung von EAG	EAG BEH	E (Export)
EAG TB	Elektroaltgeräte- und Batterie-Fractionen zur thermischen Behandlung	EAG BEH	TB
<b>Output-Ströme aus der „Sonstigen Behandlung“</b>			
REC SON	Recyclinggüter aus der sonstigen Behandlung	SON	REC AWS
RÜ SON 1	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (z. B. behandelte Böden)	SON	DEPO
RÜ SON 2	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (z. B. Schredderleichtfraktion)	SON	TB
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abwasser“</b>			
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (AW AWS)	LH
<b>Output-Ströme aus der „Deponie“</b>			
AW DEP	Deponieabwässer	DEPO	AW AWS
DG	Deponiegas	DEPO	ABG AWS
<b>Output-Ströme aus „Sammler Recycling“</b>			
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Rückstände + Altöl)	AWS (REC AWS)	E (Exporte)
REC	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (REC AWS)	IGD



## 16 ANHANG C – ÜBERBLICK ÜBER RELEVANTE RECHTSNORMEN

Regelung	Was wird geregelt
<b>Chemikalienrecht (ChemG 1996)</b>	
Cadmiumverordnung 1993 (BGBl. Nr. 855/1993)	Die Verwendung von Cadmium und von Cadmiumverbindungen verboten: <ol style="list-style-type: none"> <li>zur Herstellung von Farben, Lacken und Anstrichmitteln, ausgenommen von solchen Zubereitungen, die zur Färbung von Glas, Keramik oder Email mit Hilfe eines Schmelz oder Brennverfahrens bestimmt sind;</li> <li>zur Einfärbung oder Stabilisierung von Kunststoffen (als Kunststoffe gelten nicht Pigmentpräparationen („master batches“));</li> <li>zur Behandlung oder Beschichtung von Metalloberflächen (Vercadmierung).</li> </ol> Die Herstellung und In-Verkehr-Setzung von Bleiweiß ist verboten.
Grenzwertverordnung 2007 (BGBl. II Nr. 253/2001 i.d.F. BGBl. II Nr. 243/2007)	Cadmium und seine Verbindungen sind Stoffe, die sich im Tierversuch als krebserzeugend erwiesen haben. Weiters wird festgelegt welche Bleiverbindungen als krebserregend oder mit einem krebserregenden Potenzial einzustufen sind.
Chemikalienverordnung 1999 (BGBl. II Nr. 81/2000 i.d.F. BGBl. II Nr. 62/2007)	Die Chemikalienverordnung 1999 (legt Regeln für die Verpackung, Kennzeichnung und Dokumentierung (mittels Sicherheitsdatenblatt) von gefährlichen Stoffen fest. Besondere Kennzeichnungspflichten betreffen unter anderem bleihaltige Farben, cadmiumhaltige Lötmittel und quecksilber-, cadmium- oder bleihaltige Batterien bzw. Akkumulatoren.
Chemikalien-Verbotsverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 477/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 276/2007)	Die Chemikalien-Verbotsverordnung 2003 legt im Zusammenhang mit der Chemikalienverordnung Maximalkonzentrationen von krebserzeugenden, erbgutverändernden bzw. fortpflanzungsgefährdenden Verbindungen in Produkten für den Endverbrauch fest. Weiters werden bestimmte Anwendungen generell verboten. Dazu gehören das Verbot der Anwendung <ul style="list-style-type: none"> <li>von Quecksilberverbindungen in Antifouling, zur Aufbereitung von Brauchwasser, zum Holzschutz und zur Textilimprägnierung,</li> <li>von Cadmiumverbindungen als Färbemittel (in bestimmten Kunststoffen), als Stabilisierungsmittel für bestimmte Anwendungen von PVC und als Oberflächenbehandlungsmittel für bestimmte Anwendungen,</li> <li>sowie von Bleicarbonat und Bleisulfat als Farbstoff.</li> </ul>
Giftliste-Verordnung 2002 (BGBl. II Nr. 126/2003)	Legt fest welche Stoffe als Gifte zu betrachten bzw. behandeln sind.
<b>Arzneimittelrecht</b>	
Verordnung Dental-Amalgam (BGBl.Nr. 575/1990)	Die Behältnisse, mit denen Legierungen zur Herstellung von Dental-Amalgam in Verkehr gebracht werden, müssen Angaben unter anderem zum Quecksilbergehalt und zur Behandlung des Amalgams zeigen.
Rezeptpflichtverordnung (BGBl. Nr. 475/1973 i.d.F. BGBl. II Nr. 179/2007)	Quecksilber und seine Verbindungen sind rezeptpflichtig
<b>Lebensmittelrecht</b>	
Aromenverordnung (BGBl. II Nr. 42/1998)	Aromen dürfen nicht mehr als: <ul style="list-style-type: none"> <li>Blei 10,0 mg/kg,</li> <li>Cadmium 1,0 mg/kg,</li> <li>Quecksilber 1,0 mg/kg</li> </ul> enthalten
Extraktionslösungsmittelverordnung (BGBl.Nr. 642/1995 i.d.F. BGBl. II Nr. 465/1998)	Gewisse Extraktionslösungsmittel dürfen im Kilogramm nicht mehr als 1 mg Blei enthalten.



Regelung	Was wird geregelt								
Farbstoffverordnung (BGBl.Nr. 541/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 88/2007)	Regelt unter anderem den maximalen Blei-, Cadmium-, Quecksilbergehalt von Farbstoffen zur Färbung von Lösungsmitteln (wie z. B. E 100 KURKUMIN, E 101 (i) RIBOFLAVIN, E 102 TARTRAZIN usw.)								
Geschirrverordnung (BGBl. Nr. 258/1960 i.d.F. BGBl. I Nr. 13/2006)	Es ist verboten, Geschirre und Geräte die mit Lebensmittel in Berührung kommen aus Blei (mit Ausnahme von Blei-Zinn-Legierungen) oder Cadmium herzustellen, gewerbsmäßig feilzuhalten, zu verkaufen oder zu gebrauchen.								
Keramik-Verordnung (BGBl. Nr. 893/1993 i.d.F. BGBl. II Nr. 259/2006)	Die Keramik-Verordnung legt Höchstwerte für Blei- und Cadmium fest, wie viel mg dieser Schwermetall auf Lebensmittel übergehen dürfen, die in Gebrauchskeramiken aufbewahrt werden.								
Kosmetikverordnung (BGBl. II Nr. 375/1999 i.d.F. BGBl. II Nr. 199/2007)	In kosmetischen Mitteln sind unter anderem verboten: <ul style="list-style-type: none"><li>● Blei und dessen Verbindungen</li><li>● Cadmium und seine Verbindungen</li><li>● Quecksilber und seine Verbindungen, ausgenommen Thiomersal und Phenylquecksilber.</li></ul>								
Kunststoffverordnung 2003 (BGBl. II Nr. 476/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 452/2006)	Die Kunststoffverordnung 2003 beschränkt den Bleigehalt in einem bestimmten Kunststoff (3-Hydroxybuttersäure-3-Hydroxyvaleriansäure-Copolymer)								
Mineralwasser- und Quellwasserverordnung (BGBl. II Nr. 309/1999 i.d.F. BGBl. II Nr. 500/2004)	Grenzwerte für natürlich vorkommende Bestandteile in natürlichen Mineralwässern: <table border="1"><thead><tr><th></th><th>mg/l</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pb</td><td>0,01</td></tr><tr><td>Cd</td><td>0,003</td></tr><tr><td>Hg</td><td>0,001</td></tr></tbody></table>		mg/l	Pb	0,01	Cd	0,003	Hg	0,001
	mg/l								
Pb	0,01								
Cd	0,003								
Hg	0,001								
Spielzeugverordnung (BGBl. Nr. 823/1994)	Es dürfen täglich höchstens folgende Mengen infolge des Umgangs mit Spielzeug biologisch verfügbar sein: <table border="1"><thead><tr><th></th><th>µg/d</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pb</td><td>0,7</td></tr><tr><td>Cd</td><td>0,6</td></tr><tr><td>Hg</td><td>0,5</td></tr></tbody></table>		µg/d	Pb	0,7	Cd	0,6	Hg	0,5
	µg/d								
Pb	0,7								
Cd	0,6								
Hg	0,5								
Süßungsmittelverordnung (BGBl.Nr. 547/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 212/2005)	Definiert unter anderem Grenzwerte für den Blei- und Schwermetallgehalt verschiedener Süßungsmittel.								
Trinkwasserverordnung (BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.F. BGBl. II Nr. 121/2007)	Grenzwerte für die Nutzung von Wasser als Trinkwasser: <table border="1"><thead><tr><th></th><th>µg/l</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pb</td><td>10</td></tr><tr><td>Cd</td><td>5</td></tr><tr><td>Hg</td><td>1</td></tr></tbody></table>		µg/l	Pb	10	Cd	5	Hg	1
	µg/l								
Pb	10								
Cd	5								
Hg	1								
Verordnung Nährkaseine und Nährkaseinate (BGBl. Nr. 548/1996)	Nährkasein darf höchstens 1 mg/kg Blei enthalten								
Weinverordnung (BGBl. Nr. 630/1992 i.d.F. BGBl. I Nr. 13/2006)	Regelt unter anderem den maximalen Blei- und Quecksilbergehalt bei Weinzusatzstoffen.								
Zusatzstoff-Verordnung (BGBl. II Nr. 383/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 364/2005)	Begrenzt unter anderem den maximalen Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalt von über 100 Lebensmittelzusatzstoffen wie z. B. E 200 SORBINSÄURE.								
<b>Sprengmittel, Waffen, Munition</b>									
<a href="#">Patronenprüfverordnung 1999</a> (BGBl. II Nr. 388/1999)	Kennzeichnungspflichten bei Patronen, die mit Bleischrot geladen sind								



Regelung	Was wird geregelt								
Schieß- und Sprengmittelmonopolverordnung (BGBl. Nr. 204/1935 i.d.F. BGBl. I Nr. 113/2006)	Pflicht bei der Nitrierung zur Sprengmittelherstellung Bleigefäße und einen Fußbodenbelag aus Blei, Linoleum oder einem ähnlichen fugenlosen Stoff zu verwenden.								
<b>Abfallrecht (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002)</b>									
Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 459/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 363/2006)	Legt fest: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wie Elektroaltgeräte (EAG) zu lagern, zu behandeln bzw. nicht zu behandeln sind. Eigene Behandlungsgrundsätze für z. B. Hochdruckquecksilberdampf lampen, quecksilberhaltige Bauteile, cadmiumhaltige Fotoleitertrommeln, bleigalshaltige Glasfraktionen, Batterien, Bleiakumulatoren, Nickel-Cadmium-Akkumulatoren und Amalgamreste werden festgelegt.</li> </ul>								
Abfallverbrennungsverordnung (BGBl. II Nr. 389/2002 i.d.F. BGBl. II Nr. 296/2007)	Die Abfallverbrennungsverordnung beschränkt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber aus Abfallverbrennungsanlagen, Mitverbrennungsanlagen und aus Anlagen zur Zementerzeugung.  Die anzuwendenden Messverfahren zur Bestimmung der Emissionen werden festgelegt. Für die Verbrennung von gefährlichem Abfall muss unter anderem der maximale Quecksilbergehalt im Anlagengenehmigungsantrag angeführt werden.								
Abfallverzeichnisverordnung (BGBl. II Nr. 570/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 89/2005)	Die Abfallverzeichnisverordnung definiert wann ein blei-, cadmium- bzw. quecksilberhaltiger Abfall als gefährlicher Abfall einzustufen und dementsprechend zu behandeln ist.								
Altfahrzeugeverordnung (BGBl. II Nr. 407/2002 i.d.F. BGBl. II Nr. 184/2006)	Die legt ein generelles Blei-, Cadmium- und Quecksilberverbot für alle neuen PKW und LKW bis 3,5 t fest, und listet gleichzeitig welche Werkstoffe und Bauteile von diesem Verbot ausgenommen sind.								
Altölverordnung 2002 (BGBl. II Nr. 389/2002)	Motoröle dürfen nicht in den gewerblichen Verkehr gebracht werden wenn sie unter anderem Cadmium, Quecksilber oder deren Verbindungen als Zusätze enthalten.								
Basler Übereinkommen (BGBl. Nr. 229/1993 i.d.F. BGBl. III Nr. 6/2000)	Definiert, welche blei-, cadmium- oder quecksilberhaltigen Abfälle gefährlich und damit bei der grenzüberschreitenden Verbringung notifikationspflichtig sind.								
Batterienverordnung (BatterienV, BGBl. II 2008/159)	Setzt Cadmium- und Quecksilbergrenzwerte für verschiedene Batterietypen/Anwendungen fest. Rücknahmeverpflichtungen und Einrichtung von Sammel- und Verwertungssystemen für Batterien.								
Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 39/2008)	Legt für die verschiedenen Deponietypen unter anderem fest welchen maximalen Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte und –eluatlöslichkeiten die abgelagerten Abfälle haben dürfen								
Elektroaltgeräteverordnung (BGBl. II Nr. 121/2005 i.d.F. BGBl. II Nr. 48/2007)	Die Elektroaltgeräteverordnung beschränkt den Blei- und Quecksilbergehalt auf 0,1 Masseprozent bzw. den Cadmiumgehalt auf 0,01 Masseprozent in Elektro- und Elektronikgeräten sowie in Leuchten. In Anhang 2 werden für bestimmte Anwendungen höhere Grenzwerte bzw. die Verwendung dieser Schwermetalle zugelassen.								
Kompostverordnung (BGBl. II Nr. 292/2001)	Grenzwerte für Schlamm als Ausgangsmaterial für Kompost <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>mg/kg TM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		mg/kg TM	Pb	200	Cd	3	Hg	5
	mg/kg TM								
Pb	200								
Cd	3								
Hg	5								
Verpackungsverordnung 1996 (BGBl. Nr. 648/1996 i.d.F. BGBl. II Nr. 364/2006)	Gemäß Verpackungsverordnung 1996 ist die Blei-, Cadmium- und Quecksilberkonzentration in Verpackungen mit 0,01 Massenprozent limitiert (Eine Ausnahme betrifft Bleikristall).								
<b>Gewerberecht (GewO) und Luftreinhaltung</b>									
Azetylenverordnung (BGBl.Nr. 75/1951 i.d.F. BGBl. II Nr. 164/2000)	Pflicht beim Schweißen allenfalls entstehende Bleidämpfe abzusaugen.								



Regelung	Was wird geregelt																					
Gewerbeordnung 1994 (BGBl.Nr. 194/1994 i.d.F. BGBl. I Nr. 60/2007)	Zu den IPPC-Anlagen zählen alle Anlagen für die Gewinnung von Nichteisenmetallen aus Erzen, Konzentraten oder sekundären Rohstoffen, sowie Schmelzanlagen/Gießereien mit einer Kapazität von mehr als 4 t/d Blei oder Cadmium bzw. 20 t/d sonstiger Metalle.																					
Verordnung Betriebsanlagen – vereinfachtes Genehmigungsverfahren (keinesfalls) (BGBl. II Nr. 265/1998)	Gibt an, dass Gießereien und Schmelzanlagen, in denen täglich mehr als 10 t Blei oder Cadmium umgesetzt werden, keinesfalls dem vereinfachten Genehmigungsverfahren zu unterziehen sind.																					
Emissionskatasterverordnung (BGBl. II Nr. 214/2002)	Im Fall der Überschreitung der Immissionsgrenzwerte für Blei im PM10 sowie Staubniederschlag und dessen Inhaltsstoffe (Anlage 2 IG-L) beschränkt sich die Erstellung des Emissionskatasters auf die Beschreibung derjenigen Quellen, welche erfahrungsgemäß als Verursacher der Überschreitung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten in Frage kommen.																					
Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (BGBl. I Nr. 150/2004 i.d.F. BGBl. I Nr. 84/2006)	<p>Grenzwerte für Emissionen in die Luft aus Dampfkesselanlagen der Müllverbrennung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Kleinanlagen</th> <th>Großanlagen</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="2">in mg/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb+Cr+Zn</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Grenzwerte für Emissionen von mit Altöl befeuerten Dampfkesselanlagen:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>mg/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb+Cr+Zn</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>		Kleinanlagen	Großanlagen		in mg/m <sup>3</sup>		Pb+Cr+Zn	5	4	Cd	0,1	0,1	Hg	0,1	0,1		mg/m <sup>3</sup>	Pb+Cr+Zn	4	Cd	0,1
	Kleinanlagen	Großanlagen																				
	in mg/m <sup>3</sup>																					
Pb+Cr+Zn	5	4																				
Cd	0,1	0,1																				
Hg	0,1	0,1																				
	mg/m <sup>3</sup>																					
Pb+Cr+Zn	4																					
Cd	0,1																					
Grenzüberschreitende Luftverunreinigung – Protokoll (6) (BGBl. III Nr. 141/2004)	<p>Österreich verpflichtet sich zu einer Verringerung der Blei-, Cadmium und Quecksilberemissionen in die Luft gegenüber 1990 (bzw. gegenüber dem Zeitraum 1985 bis 1995).</p> <p>Es wird festgelegt, dass zur Minderung der Emissionen in die Luft die bestverfügbaren Techniken anzuwenden sind. Für einige dieser Techniken werden Standards festgelegt. Für verschiedene Anlagentypen bzw. Produktionen werden Emissionsgrenzwerte unter anderem für Partikel bzw. für Pb und Hg festgelegt.</p>																					
Immissionsschutzgesetz – Luft (BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. BGBl. I Nr. 70/2007)	<p>Als Immissionsgrenzwerte der gelten</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Deposition µg/(m<sup>2</sup> * d)</th> <th>Konzentration in ng/m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>100</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		Deposition µg/(m <sup>2</sup> * d)	Konzentration in ng/m <sup>3</sup>	Pb	100	500	Cd	2	5												
	Deposition µg/(m <sup>2</sup> * d)	Konzentration in ng/m <sup>3</sup>																				
Pb	100	500																				
Cd	2	5																				
Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Gießereien) (BGBl. Nr. 447/1994)	begrenzt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Luft aus Gießereien																					
Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Eisen und Stahl) (BGBl. II Nr. 160/1997 i.d.F. 290/2007)	begrenzt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Luft aus Anlagen zur Erzeugung von Eisen und Stahl.																					
Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Nichteisenmetalle und Refraktärmetalle) (BGBl. II Nr. 86/2008)	begrenzt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Luft aus Anlagen zur Erzeugung von Nichteisenmetallen.																					



Regelung	Was wird geregelt																			
Verordnung Begrenzung der Emission von luftverunreinigenden Stoffen (Glaserzeugung) (BGBl. Nr. 498/1994)	begrenzt die Emission unter anderem von Blei und Cadmium in die Luft aus Anlagen zur Glaserzeugung.																			
Zementverordnung (BGBl. II Nr. 60/2007)	Die Zementverordnung begrenzt die Emission unter anderem von Blei, Cadmium und Quecksilber in die Luft aus Ofenanlagen der Zementklinkererzeugung.																			
EU-Verordnung über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (E-PRTR-Verordnung 166/2006/EG)	Emissionsschwellwerte deren Überschreitung zu melden ist: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Emissionen in kg/a</th> </tr> <tr> <th>in die Luft</th> <th>in Gewässer</th> <th>in den Boden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>200</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Emissionen in kg/a			in die Luft	in Gewässer	in den Boden	Pb	200	20	20	Cd	10	5	5	Hg	10	1	1
	Emissionen in kg/a																			
	in die Luft	in Gewässer	in den Boden																	
Pb	200	20	20																	
Cd	10	5	5																	
Hg	10	1	1																	
Verordnung Messkonzept zum Immissionschutzgesetz-Luft (BGBl. II Nr. 263/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 500/2006)	Legt die Analysemethode zur Bestimmung der Deposition bzw. Immissionskonzentration fest.																			
Verordnung Belastete Gebiete (Luft) (BGBl. II Nr. 262/2006)	In Arnoldstein und Brixlegg wurden wiederholt oder über längere Zeit Überschreitungen des Blei- und Cadmiumgrenzwertes im Staubbiederschlag gemäß Immissionschutzgesetz Luft gemessen.																			
<b>Wasserrechtsgesetz 1959</b>																				
AEV Abfallbehandlung (BGBl. II Nr. 9/1999)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus physikalisch-chemischen bzw. biologischen Abfallbehandlungsanlagen.																			
AEV Abluftreinigung (BGBl. II Nr. 218/2000 i.d.F. BGBl. II Nr. 62/2005)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Abluftreinigungsanlagen.																			
AEV Anorganische Chemikalien (BGBl. II Nr. 273/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Anlagen zur Erzeugung anorganischer Chemikalien																			
AEV anorganische Düngemittel (BGBl. Nr. 669/1996)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Anlagen zur Erzeugung anorganischer Düngemittel (nicht enthalten sind von der AAEV abweichende Bleigrenzwerte)																			
AEV anorganische Pigmente (BGBl. II Nr. 6/1999)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Anlagen zur Erzeugung anorganischer Pigmente																			
AEV Chlor-Alkali-Elektrolyse (BGBl. Nr. 672/1996)	Quecksilberverbot für Abwässer aus Anlagen der Chlor-Alkali-Elektrolyse.																			
AEV Deponiesickerwasser (BGBl. II Nr. 263/2003 i.d.F. BGBl. II Nr. 103/2005)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Deponien																			
AEV Druck-Foto (BGBl. II Nr. 45/2002)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus grafischen oder fotografischen Prozessen																			
AEV Edelmetalle und Quecksilber ((BGBl. II Nr. 348/1997)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung und Weiterverarbeitung von Edelmetallen sowie aus der Herstellung von Quecksilbermetall.																			
AEV Eisen-Metallindustrie (BGBl. II Nr. 345/1997)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Eisen- und Stahlindustrie.																			
AEV Erdölverarbeitung (BGBl. II Nr. 344/1997)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Erdölverarbeitung (keine gesonderte Beschränkung für Cadmium).																			
AEV Explosivstoffe (BGBl. II Nr. 270/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung und Weiterverarbeitung von Explosivstoffen (keine gesonderte Beschränkung für Cadmium).																			
AEV Fahrzeugtechnik (BGBl. II Nr. 265/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus aus der Betankung, Reparatur und Reinigung von Fahrzeugen.																			
AEV Glasindustrie (BGBl. Nr. 888/1995)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung und Verarbeitung von Glas und künstlichen Mineralfasern (keine gesonderte Beschränkung für Quecksilber).																			



<b>Regelung</b>	<b>Was wird geregelt</b>
AEV Halbleiterbauelemente (BGBl. II Nr. 213/2000)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Halbleitern, Gleichrichtern und Fotozellen (keine gesonderte Beschränkung für Quecksilber).
AEV Industriemineralien (BGBl. II Nr. 347/1997)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Industriemineralien einschließlich der Herstellung von Fertigprodukten (keine gesonderte Beschränkung für Quecksilber).
AEV Kleb- und Anstrichstoffe (BGBl. II Nr. 5/1999)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Klebstoffen, Druckfarben, Farben und Lacken sowie Holzschutz- und Bautenschutzmitteln.
AEV Kühlsysteme und Dampferzeuger (BGBl. II Nr. 266/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Kühlsystemen und Dampferzeugern. Die Einleitung von anorganischen Verbindungen des Quecksilber ist gänzlich verboten.
AEV Kunststoffe (BGBl. II Nr. 8/1999)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen, Gummi und Kautschuk.
AEV Laboratorien (BGBl. Nr. 887/1995)	Empfehlung einer vom Abwasser getrennte Entsorgung von Schwermetallen aus Laboratorien.
AEV Medizinischer Bereich (BGBl. II Nr. 268/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Krankenanstalten, Pflegeanstalten, Kuranstalten und Heilbädern (keine gesonderte Beschränkung für Blei und Cadmium).
AEV Nichteisen-Metallindustrie (BGBl. Nr. 889/1995):	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Aufbereitung, Veredelung und Weiterverarbeitung von Blei-, Wolfram- oder Zinkerzen sowie aus der Aluminium-, Blei-, Kupfer-, Molybdän-, Wolfram- oder Zinkmetallherstellung und -verarbeitung
AEV Oberflächenbehandlung (BGBl. II Nr. 44/2002)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Behandlung von metallischen Oberflächen.
AEV Organische Chemikalien (BGBl. II Nr. 272/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von organischen Chemikalien.
AEV Petrochemie (BGBl. II Nr. 7/1999)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Kohlenwasserstoffen und organischen Grundchemikalien (keine gesonderte Beschränkung für Cadmium).
AEV Pflanzenschutzmittel (BGBl. Nr. 668/1996)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (keine gesonderte Beschränkung für Blei).
AEV Pharmazeutika (BGBl. II Nr. 212/2000)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Arzneimitteln und Kosmetika und deren Vorprodukten (keine gesonderte Beschränkung für Blei und Cadmium).
AEV Schmier- und Gießereimittel (BGBl. II Nr. 216/2000)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Schmier- und Gießereimitteln (keine gesonderte Beschränkung für Quecksilber).
AEV Soda (BGBl. Nr. 92/1996)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Herstellung von Soda nach dem Ammoniak-Soda-Verfahren.
AEV Textilveredelung und -behandlung (BGBl. II Nr. 269/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Textilveredelung und Behandlung (keine gesonderte Beschränkung für Cadmium). Quecksilber aus Konservierungsmitteln ist im Abwasser gänzlich verboten.
AEV Verbrennungsgas (BGBl. II Nr. 271/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Reinigung von Verbrennungsgas.
AEV Wasch- und Chemischreinigungsprozesse (BGBl. II Nr. 267/2003)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus Wasch- und Chemischreinigungsprozessen von Textilien.
AEV Wasseraufbereitung (BGBl. Nr. 892/1995)	Schadstoffgrenzwerte für Abwässer aus der Wasseraufbereitung.



Regelung	Was wird geregelt															
Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV, BGBl.Nr. 186/1996)	Die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung beschränkt die Konzentration in Abwässern die in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden unter anderem von <ul style="list-style-type: none"> <li>● Blei mit 0,5 mg/l</li> <li>● Cadmium mit 0,1 mg/l</li> <li>● Quecksilber mit 0,01 mg/l.</li> </ul> Für eine Reihe von Prozessen und Branchen wurden davon abweichende Emissionsgrenzwerte in speziellen Abwasseremissionsverordnungen festgelegt.															
Donauschutzübereinkommen (BGBl. III Nr. 139/1998)	Blei, Cadmium und Quecksilber sind gefährliche Stoffe die im grenzüberschreitenden Wasserschutz besonders zu berücksichtigen sind.															
Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (BGBl. II Nr. 479/2006)	Legt die analytischen Verfahren unter anderem zur Bestimmung des Schwermetallgehalts von Oberflächengewässern und Grundwasser fest.															
Grundwasserschutzverordnung (BGBl. II Nr. 398/2000)	Die direkte Einbringung von Cadmium und Quecksilber in das Grundwasser ist verboten. Die Einbringung von Blei in das Grundwasser bedarf einer Bewilligung															
Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl.Nr. 502/1991 i.d.F. BGBl. II Nr. 147/2002)	Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0,003</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>0,001</td> </tr> </tbody> </table>		mg/l	Pb	0,03	Cd	0,003	Hg	0,001							
	mg/l															
Pb	0,03															
Cd	0,003															
Hg	0,001															
Indirekteinleitungsverordnung (BGBl. II Nr. 222/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 523/2006)	Eine Indirekteinleitung in eine öffentliche Kanalisation bedarf der wasserrechtlichen Bewilligung, wenn einer der nachstehend genannten Schwellenwerte überschritten wird: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>g/d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>		g/d	Pb	1	Cd	0,2	Hg	0,02							
	g/d															
Pb	1															
Cd	0,2															
Hg	0,02															
Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 96/2006)	Legt die Umweltqualitätsnormen für den Zielzustand von Oberflächengewässern fest.															
Verordnung Abwasseremissionen aus der Erzeugung pflanzlicher oder tierischer Öle (BGBl. Nr. 1079/1994)	Die Verordnung Abwasseremissionen aus der Erzeugung pflanzlicher oder tierischer Öle beschränkt die Quecksilberkonzentration für Abwasser aus Betrieben bzw. Anlagen zur Speiseöl- bzw. Speisefetterzeugung mit 0,005 mg/l.															
Wasserkreislaufferhebungsverordnung (BGBl. II Nr. 478/2006)	Der normalerweise beim Hydrographischen Dienst in Verwendung stehende Messfühler zur Messung der Lufttemperatur ist das Quecksilberthermometer.															
Wasserrechtsgesetz 1959 (BGBl. Nr. 215/1959 i.d.F. BGBl. I Nr. 123/2006)	Blei-, Cadmium und Quecksilber zählen zu den prioritären Schadstoffen die im Wasser auf die natürliche Hintergrundbelastung zurückgeführt werden sollen.															
<b>Bodenschutz</b>																
Alllastensanierungsgesetz (BGBl.Nr. 299/1989 i.d.F. BGBl. I Nr. 24/2007)	Definiert unter anderem Höchstkonzentrationen für Blei, Cadmium und Quecksilber in Rekultivierungsschichten für Altlasten.															
Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP 2006)	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Grenzwerte in mg/kg TM</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Für uneingeschränkte (auch landwirtschaftliche) Verwendung in mittelschweren Böden</th> <th>Für eingeschränkte Verwendung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pb</td> <td>50</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td>0,7</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td>0,3</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>		Grenzwerte in mg/kg TM			Für uneingeschränkte (auch landwirtschaftliche) Verwendung in mittelschweren Böden	Für eingeschränkte Verwendung	Pb	50	100	Cd	0,7	1,1	Hg	0,3	0,7
	Grenzwerte in mg/kg TM															
	Für uneingeschränkte (auch landwirtschaftliche) Verwendung in mittelschweren Böden	Für eingeschränkte Verwendung														
Pb	50	100														
Cd	0,7	1,1														
Hg	0,3	0,7														



<b>Regelung</b>	<b>Was wird geregelt</b>
Düngemittelverordnung 2004 (BGBl. II Nr. 100/2004 i.d.F. BGBl. II Nr. 53/2007)	Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Pflanzenhilfsmittel dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn folgende Schwermetallfrachten gemäß der in der Kennzeichnung angegebenen maximalen Aufwandmenge auf landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht überschritten werden:  Blei 600; Cadmium 10; Quecksilber 10 jeweils g/ha in einem Zeitraum von zwei Jahren.
Burgenländisches Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 87/1990 i.d.g.F.) NÖ Bodenschutzgesetz (NÖ BSG, LGBl. Nr. 58/1988 i.d.g.F.) OÖ Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 115/1991 i.d.g.F.) Salzburger Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 80/2001) Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz (LGBl. 66/1987 i.d.g.F.)	Allgemeine Grundsätze zum Bodenschutz
Oberösterreichische Bodengrenzwerteverordnung (LGBl. Nr. 50/2006)	legt fest, dass ab einem bestimmten Vorsorgewert die jährlichen Frachten über alle Eintragspfade limitiert werden und ab einem Prüfwert festzustellen ist, ob eine Beeinträchtigung der Gesundheit vorliegt.
Burgenländische Klärschlamm- und Müllkompostverordnung (LGBl. Nr. 82/1991 i.d.g.F.) Kärntner Klärschlamm- und Kompostverordnung (K-KKV; LGBl. Nr. 74/2000 i.d.g.F.) NÖ Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 80/1994 i.d.g.F.) OÖ Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 62/2006) Salzburger Klärschlamm-Bodenschutzverordnung (LGBl. Nr. 85/2002) Steiermärkische Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 89/1987 i.d.g.F.) Tiroler Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 89/2000) Vorarlberger Klärschlammverordnung (LGBl. Nr. 75/1997 i.d.g.F.) Wiener Klärschlammgesetz (LGBl. Nr. 08/2000)	Legen fest, ob bzw. unter welchen Umständen das Aufbringen von Klärschlamm auf Böden erlaubt ist.
<b>ArbeitnehmerInnen- und Gesundheitsschutz</b>	
Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung (BGBl.Nr. 218/1983 i.d.F. BGBl. II Nr. 77/2007)	Das Auftragen von Farben und Lacken, die einen Masseanteil von mehr als zwei Prozent Blei enthalten, ist im Spritzverfahren, ausgenommen in geschlossenen Apparaten, nicht zulässig.
Allgemeines Sozialversicherungsgesetz (BGBl.Nr. 189/1955 i.d.F. BGBl. I Nr. 76/2007)	Nimmt Erkrankungen durch Blei, Cadmium oder Quecksilber oder ihrer Verbindungen in die Liste der Berufskrankheiten auf.
Bauarbeiterschutzuverordnung (BGBl. Nr. 340/1994 i.d.F. BGBl. II Nr. 13/2007)	Das Auftragen von Farben und Lacken, die einen Massenanteil von mehr als 2 % Blei enthalten ist im Spritzverfahren nicht zulässig.  Arbeiten, bei denen Bleistaub frei wird erfordern eine persönliche Schutzausrüstung.



<b>Regelung</b>	<b>Was wird geregelt</b>
Entschädigung bei Berufskrankheiten (BGBl.Nr. 278/1936 i.d.F. 39/1964)	Definition von Blei- bzw. Quecksilbervergiftungen als Berufskrankheiten für die Entschädigung zusteht.
Landarbeitsgesetz 1984 (BGBl. Nr. 287/1984 i.d.F. BGBl. I Nr. 61/2007)	Bei Arbeiten mit Quecksilber ist alle 6 Monate eine Gesundenuntersuchung durchzuführen.
Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Arbeitnehmerinnen (BGBl. II Nr. 356/2001)	Arbeitnehmerinnen dürfen mit Arbeiten, bei denen eine Bleiexposition am Arbeitsplatz über 0,02 mg/m <sup>3</sup> beträgt, nicht beschäftigt werden.
Verordnung Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche (BGBl. II Nr. 436/1998)	Verboten sind Arbeiten, bei denen weibliche Jugendliche der Einwirkung von Blei, seinen Legierungen und Verbindungen in einem Maße ausgesetzt sind, dass Eignungsuntersuchungen und Folgeuntersuchungen nach der Verordnung über die Gesundheitsüberwachung (VGÜ), BGBl. II Nr. 27/1997, notwendig wären.
Verordnung Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz (BGBl. II Nr. 27/1997 i.d.F. BGBl. II Nr. 22/2006)	ArbeitnehmerInnen dürfen mit Tätigkeiten, bei denen sie Einwirkungen von Pb, Cd oder Hg ausgesetzt sind, nur beschäftigt werden, wenn vor Aufnahme der Tätigkeit Eignungsuntersuchungen durchgeführt wurden und bei Fortdauer der Tätigkeit in regelmäßigen Zeitabständen Folgeuntersuchungen durchgeführt werden.
Verordnung Heimarbeit – Verwendung von gefährlichen Stoffen (BGBl.Nr. 178/1983 i.d.F. BGBl. Nr. 486/1983)	Die Ausführung von Arbeiten mit Blei, Quecksilber und ihren Verbindungen durch Heimarbeiter ist verboten.
Bäderhygieneverordnung (BGBl. II Nr. 420/1998 i.d.F. BGBl. II Nr. 409/2000)	Gibt an, unter welchen Umständen und wie das Wasser von Badestellen auf Blei, Cadmium oder Quecksilber zu untersuchen ist.

## 17 ANHANG D – SCHWERMETALLFRACHTEN

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Blei-, Cadmium- und Quecksilber-Konzentrationen bzw. –Frachten der untersuchten Materialströme Österreichs. Farblich hinterlegt bzw. kursiv sind die Teilströme wiedergegeben aus denen sich der darüber liegende Gesamtstrom zusammensetzt. Unter Bemerkung/Quellen sind jene Literaturstellen bzw. Annahmen zu finden, die Basis für die Berechnung der Schwermetallfrachten sind.

### 17.1 Gesamtsystem

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Input-Ströme zu „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>											
IM PRO	Import von Produkten	I (Importe)	IGD				17.616	128	0,43	± 50 %	
	<i>Fahrzeuge (exkl. Akkus &amp; Wuchtgew.)</i>			0	2,4	0	0	1,4	0,0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Cd-Konzentration: Schätzung basierend auf: (BÄTCHER et al. 1992) in (LAUBER 1993); Altz-VO BMLFUW 2002; (BACCINI & BRUNNER 1991); siehe Datei: „Berechnungen Cd.xls“
	<i>Nahrungsmittel</i>			0	0,010	0,00086	0	0,056	0,0046		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Dateien: „LW_FW.xls“, „Nahrungsmittel.xls“
	<i>Düngemittel</i>			7	3,4	0,055	4	2,0	0,032		Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
	<i>Elektrogeräte</i>			177	117	0,51	99	66	0,29		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	<i>Batterien (inkl. sonstiger Akkus)</i>			26	1,1	44	0	0,0027	0,11		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	<i>Kunststoffe Produkte</i>			458	0	0	347	0	0		Gesamtfluss: (BOGUCA & BRUNNER 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Detailstudie Kunststoffe.xls“
	<i>Blei-Akkumulatoren (extra &amp; in Fz)</i>			550.000	0	0	16.266	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme; siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Import_Export Güter.xls“
	<i>Wuchtgewichte (in Fahrzeugen)</i>			550.000	0	0	19	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme; siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Munition			1.000.000	0	0	880	0	0		Gesamtfluss: STATISTIK AUSTRIA; siehe Detailstudie „Blei in Jagd, Schießsport und Fischerei“
	Ni-Cd-Akkumulatoren			70	113.260	0	0,036	58	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: eigene Berechnungen siehe Dateien: „NiCd Akkus.xls“, „Import_Export Güter.xls“
IM ROH	Import von Rohstoffen und Rohprodukten	I (Importe)	IGD				25.637	2,4	3,4	± 50 %	
	Bergbauprodukte (mineral. Rohstoffe)			11	0,54	0,044	48	2,4	0,20		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: verschiedene Autoren in Adriano, 2001; siehe Datei: „Bergbau.xls“
	Holz (exkl. Brennholz)			1,8	0,034	0,038	0,21	0,0039	0,0044		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Kunststoffe Rohprodukte			458	0	0	1.190	0,0	0,0		Gesamtfluss: (BOGUCA & BRUNNER 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Detailstudie Kunststoffe.xls“
	Blei (und Waren daraus)			934.633	0	0	24.398	0,0	0,0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme
	Amalgam (Zahnmedizin)			0	0	500.000	0	0,0	3,2		Gesamtfluss aus Abfallmenge: Begleitscheinwertung 2005 – SN35326; siehe Detailstudie „Quecksilber in der Zahnmedizin“
EN IGD	Import Energieträger für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	I (Importe)	IGD	6,6	0,10	0,06	112	1,7	1,0	± 50 %	Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007), Berechnungen und Konzentrationen siehe Datei: „Energieträger.xls“
BW IGD	Brauchwasser für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	LH	IGD	0,025	0,000080	0,000015	35	0,11	0,021	± 90 %	siehe Datei: „Wasserverbrauch.xls“
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	BLF	IGD	6,1	0,094	0,031	587	9,0	3,0	± 50 %	siehe Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (SAM REC)	IGD	0	0	0	17.272	57	2,4	± 50 %	Output= Summe Input-Exporte
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						ABFB IGD = Summe Input (SA+TRA+MS) - Summe alle anderen Outputs (SA+TRA+MS)	



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
AG PHH	Allgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	AWS (SAM REC)	IGD				7.901	30	0,34	± 50 %	siehe Prozess „Private Haushalte“
<b>Output-Ströme aus „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“</b>											
EX PRO IGD	Exportprodukte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	E (Export)				36.616	74	0,55	± 50 %	siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“
	<i>Energieträger (inkl. Brennholz)</i>			2	0	0	6	0	0		siehe Datei: „Energieträger.xls“
	<i>Fahrzeuge (exkl. Akkus &amp; Wuchtgew.)</i>			0	2	0	0	1	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Cd-Konzentration: Schätzung basierend auf: (BÄTCHER et al. 1992) in (LAUBER 1993); AltzVO BMLFUW 2002; (BACCINI & BRUNNER 1991); siehe Datei: „Berechnungen Cd.xls“
	<i>Düngemittel</i>			9	3	0	10	4	0		Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
	<i>Elektrogeräte</i>			177	117	1	79	52	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	<i>Batterien (inkl. sonstiger Akkus)</i>			24	1	151	0	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	<i>Kunststoffe Rohprodukte</i>			458	0	0	715	0	0		Gesamtfluss: (BOGUCA & BRUNNER 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Detailstudie Kunststoffe.xls“
	<i>Kunststoffe Produkte</i>			458	0	0	358	0	0		Gesamtfluss: (BOGUCA & BRUNNER 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Detailstudie Kunststoffe.xls“
	<i>Blei (und Waren daraus)</i>			910.080	0	0	12.594	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme
	<i>Blei-Akkumulatoren (extra &amp; in Fz)</i>			550.000	0	0	21.414	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme; siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Import_Export Güter.xls“
	<i>Wuchtgewichte (in Fahrzeugen)</i>			356.365	0	0	1.366	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme; siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Munition			1.000.000	0	0	75	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA); siehe Detailstudie „Blei in Jagd, Schießsport und Fischerei“
	Ni-Cd-Akkumulatoren			70	129.537	0	0	17	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: eigene Berechnungen siehe Dateien: „NiCd Akkus.xls“, „Import_Export Güter.xls“
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	IGD	PHH				9.811	35	2,3	± 50 %	
	Energieträger			15	0,089	0,32	25	0,15	1		Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007), Berechnungen und Konzentrationen siehe Datei: „Energieträger.xls“
	Mineralische Rohstoffe			11	0,16	0,044	109	1,6	0,44		Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007, MONTANHANDBUCH 2005); Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „Bergbau.xls“
	Holz (exkl. Brennholz)			1,6	0,030	0,033	9	0,18	0,20		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Fahrzeuge (exkl. Akkus)			0	2,4	0	0	0,43	0		Gesamtfluss: berechnet aus 26.05.2008 (STATISTIK AUSTRIA 2006), siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“; Cd-Konzentration: Schätzung basierend auf: (BÄTCHER et al. 1992) in (LAUBER 1993); Altz-VO BMLFUW 2002; (BACCINI & BRUNNER 1991); siehe Datei: „Berechnungen Cd.xls“
	Nahrungsmittel			0,034	0,010	0,00086	0	0,038	0,0032		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Dateien: „LW_FW.xls“, „Nahrungsmittel.xls“
	Elektrogeräte			177	117	0,51	9	5,8	0,026		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	Batterien (inkl. sonstiger Akkus)			63	0,74	38	0	0,00090	0,046		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“
	Kunststoffprodukte			458	0	0	147	0	0		Gesamtfluss: berechnet aus: (BOGUČKA & BRUNNER 2007), siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“; Konzentrationen siehe Dateien: „Berechnungen Pb.xls“, „Berechnungen Cd.xls“, „Berechnungen Hg.xls“



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Blei (und Waren daraus)			982.508	0	0	1.808	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme
	Blei-Akkumulatoren			550.000	0	0	7.666	0	0		Gesamtfluss: berechnet aus: (STATISTIK AUSTRIA 2006), siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“; Konzentration: Annahme, siehe Datei: „Berechnungen Pb.xls“
	Wichtgewichte (in Fahrzeugen)			550.000	0	0	37	0	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: Annahme; siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“
	Ni-Cd-Akkumulatoren			70	150.000	0	0	27	0		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2006); Konzentration: eigene Berechnungen siehe Dateien: „NiCd Akkus.xls“, „Import_Export Güter.xls“
	Amalgam (Zahnmedizin)			0	0	500.000	0	0	1,1		Gesamtfluss aus Abfallmenge: Begleitschein-auswertung 2005 – SN35326; siehe Detailstudie „Quecksilber in der Zahnmedizin“
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	IGD	BLF				2.662	4	0,16	± 50 %	
	Energieträger			5,9	0,093	0,05	6	0,10	0		Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007), Berechnungen und Konzentrationen siehe Datei: „Energieträger.xls“
	Fertigprodukte			29.303	2,3	0,47	2.644	0,21	0		siehe Datei: „Import_Export Güter.xls“
	Futtermittel			0,90	0,12	0,00	4	0,46	0		Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Düngemittel			9,5	3,8	0,06	7	2,82	0		Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWS (SA+TRA+MS)	0,0000	0,0000	0,0000	20.396	159	10	± 50 %	Frachten aus: Frachten Gesamtabfallaufkommen minus (Frachten aus Restmüll private Haushalte, getrennt gesammelte Abfälle private Haushalte, Abfälle Bergbau-Land-Forst-Jagd-Fischereiwirtschaft, Klärschlamm II)



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
AW IGD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWW	0,0000	0,0000	0,0000	3,1	0,16	0,18	± 90 %	Quelle: Bilanzierung des Gesamt-Schwermetalleintrages in den Zuläufen zu den Kläranlagen (Stofffluss AAWW) minus der Summe aus - spezifischem Schwermetalleintrag aus privaten Haushalten (Stofffluss AWWPHH-AWW) und - spezifischem Schwermetalleintrag aus Oberflächenabschwemmungen in Misch- und Trennkanalisation (AWOBVF)
AW IGDD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen (Direkteinleiter)	IGD	LH	0,0000	0,0000	0,0000	12	0,32	0,16	± 90 %	Quelle: (UMWELTBUNDESAMT 1999a) M-112; grobe Abschätzung über Anteil Direkteinleiter an Gesamtemissionen und SM-Frachten aus einzelnen Industriebranchen gemäß Monographie; Abwassermenge für Direkteinleiter gegenwärtig nur für 50 % der Betriebe verfügbar
ABG IGD	Abgas aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	ATM	0,0000	0,0000	0,0000	11	0,78	0,75	± 90 %	OLI-2006
<b>Input-Ströme zu „Private Haushalte“</b>											
EN PHH	Import Energieträger für private Haushalte	I (Importe)	PHH	6,6	0,11	0,060	84	1,3	0,76	± 50 %	Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007), Berechnungen und Konzentrationen siehe Datei: „Energieträger.xls“
PRO PHH	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für private Haushalte	IGD	PHH	447	1,6	0,11	9.811	35	2,3	± 50 %	siehe Prozess „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“
TW PHH	Trinkwasser für private Haushalte	LH	PHH	0,025	0,000080	0,000015	14	0,044	0,0083	± 50 %	siehe Datei: „Wasserverbrauch.xls“
<b>Output-Ströme aus „Privaten Haushalten“</b>											
AG PHH	Altgüter private Haushalte (Altfahrzeuge, Elektroaltgeräte, Altbatterien)	PHH	IGD (HAN)				7.901	30	0,34	± 50 %	
	<i>Altautos PHH</i>			1.666	50	0,20	1.375	10	0,040		Masse: BAWP 2006 S. 60; Konzentration: König; Pb: errechnet aus Akku-Masse für 200.000 Fz
	<i>Elektroaltgeräte PHH</i>			791	120	2,7	36	5,4	0,12		Masse: BAWP 2006: ca. 72.000 t EAG aus Haushalten, davon 26.724 t getrennt gesammelt => 45.300 t gehen an Handel zurück; Konzentrationen: TU-Tabelle 22.1.2008



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Altbatterien PHH (ohne NiCd)			98	0	134	0,13	0	0,17		(BIO INTELLIGENCE SERVICE 2003) in (UMWELTBUNDESAMT 2005b S.86); KÖNIG SN 35338
	NiCd-Akkumulatoren PHH			70	150.000	0,20	0,0070	15	0,000020		BAWP 2006: 80,5 t
	Altbleiakumulatoren PHH			550.000	0,10	0,20	6.490	0,0010	0,0020		Pb: 40 % aller Altbleiakkus; Cd, Hg: 60 % von KÖNIG SN 35322
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	260	4,9	1,0	360	6,8	1,3	< ± 25 %	Konzentrationen: (MORF et al. 2004), Masse = bisher unveröffentlichte U Zahl
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	260	4,9	1,0	554	13	2,1	± 50 %	Elektroaltgeräte + sonstige getrennt gesammelte
AW PHH	Abwasser aus privaten Haushalten	PHH	AWW	0	0	0	6,8	0,20	0,14	< ± 50 %	über einwohnerspezifische Schwermetallemissionen aus Haushalten und den Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an die Kanalisation abgeschätzt (BMLFUW 2005a).
AW PHHD	Abwasser aus privaten Haushalten in Hydrosphäre	PHH	LH	0	0	0	1,2	0,04	0,02	< ± 50 %	über einwohnerspezifische Schwermetallemissionen aus Haushalten und den Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an die Kanalisation abgeschätzt (BMLFUW 2005a).
ABG PHH	Abgas aus privaten Haushalten	PHH	ATM	0	0	0	2,2	0,25	0,19	± 90 %	OLI-2006
<b>Input-Ströme zu „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>											
BBP	Bergbauprodukte	LH	BLF	11	0	0	649	10	2,6	± 50 %	Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007, MONTANHANDBUCH 2005); Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „Bergbau.xls“
PE	Pflanzenentzug	OBVF	BLF	1,4	0	0	67	2	1,4	± 50 %	Gesamtfluss: eigene Berechnungen basierend auf Daten von: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
BW BLF	Brauchwasser für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	LH	BLF	0,050	0,00016	0,000030	2,3	0,0073	0,0014	± 90 %	siehe Datei: „Wasserverbrauch.xls“
PRO IGDBLF	Produkte aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen für Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	IGD	BLF	448	0,61	0	2.662	3,6	0,16	± 50 %	siehe Prozess „Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen“



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Output-Ströme aus „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“</b>											
EX PRO BLF	Exportprodukte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	E (Export)				56	0,86	0,23	± 50 %	
	<i>Bergbauprodukte (mineral. Rohstoffe)</i>			11	0,16	0,044	55	0,81	0,22		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: verschiedene Autoren in Adriano, 2001; siehe Datei: „Bergbau.xls“
	<i>LW Güter</i>			0,034	0,010	0,00086	0,16	0,050	0,0041		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Dateien: „LW_FW.xls“, „Nahrungsmittel.xls“
	<i>Holz (exkl. Brennholz)</i>			1,8	0,034	0,038	0,28	0,0054	0,0060		Gesamtfluss: (STATISTIK AUSTRIA 2007), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
PRO BLFIGD	Produkte aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	BLF	IGD				587	9,0	3,0	± 50 %	
	<i>Erntegüter (pflanzl. Produktion)</i>			0,021	0,0095	0,00026	0,44	0,20	0,0057		Gesamtfluss: berechnet aus (GRÜNER BERICHT 2006), Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „LW_FW.xls“
	<i>tierische Produktion</i>			0,11	0,016	0,0040	0,44	0,065	0,016		Gesamtfluss: berechnet aus (STATISTIK AUSTRIA 2007), Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „LW_FW.xls“
	<i>Holzeinschlag</i>			1,8	0,034	0,038	36	0,67	0,75		Gesamtfluss: berechnet aus (GRÜNER BERICHT 2006), Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „LW_FW.xls“
	<i>Bergbauprodukte</i>			11	0,16	0,044	551	8,1	2,2		Gesamtfluss: berechnet aus Daten von (STATISTIK AUSTRIA 2007, MONTANHANDBUCH 2005); Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „Bergbau.xls“
MD MUN	Mineraldünger und Munitionsteile	BLF	OBVF	1.080	3,8	0,059	812	2,8	0,044	± 50 %	Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
RÜ BLF	Rückstände aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (Abraum, Ernterückstände)	BLF	OBVF				153	4,7	0,83	± 90 %	



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Ernterückstände			0,030	0,0075	0,00020	0,24	0,059	0,0016		Gesamtfluss: berechnet aus (GRÜNER BERICHT 2006), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Wirtschaftsdünger			1,1	0,092	0	35	2,9	0		Gesamtfluss: berechnet aus (GRÜNER BERICHT 2006), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Holzrückstände			1,8	0,034	0,038	20	0,38	0,43		Gesamtfluss: berechnet aus (GRÜNER BERICHT 2006), Konzentrationen: siehe Datei: „LW_FW.xls“
	Abraum			11	0,16	0,044	98	1,4	0,40		Gesamtfluss: (MONTANHANDBUCH 2005); Konzentration: ADRIANO 2001; siehe Datei: „Bergbau.xls“
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)	374	3,3	0,25	1.783	3,6	0,27	± 90 %	Meldung gemäß Statistikverordnung, Studie Schachermayer zu Landwirtschaft (persönliche Mitteilung Doujak, K. 2007); Konzentrationen aus (KÖNIG 2006) + 1.375 t Blei aus 2.500 t Bleiakkus (BRANDSTETTER 1995)
ABG BLF	Abgas aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	ATM	0,00	0,00	0,00	0,14	0,050	0,020	± 90 %	OLI-2006
<b>Input-Ströme zur „Abwasserwirtschaft“</b>											
AW IGD	Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD	AWW	0	0	0	3,1	0,16	0,18	± 90 %	Quelle: Bilanzierung des Gesamt-Schwermetalleintrages in den Zuläufen zu den Kläranlagen (Stofffluss AAWW) minus der Summe aus - spezifischem Schwermetalleintrag aus privaten Haushalten (Stofffluss AWPHH-AWW) und - spezifischem Schwermetalleintrag aus Oberflächenabschwemmungen in Misch- und Trennkanalisation (AWOBVF)
AW PHH	Abwasser aus privaten Haushalten	PHH	AWW	0	0	0	6,8	0,20	0,14	< ± 50 %	über einwohnerspezifische Schwermetallemissionen aus Haushalten und den Anschlussgrad der österreichischen Bevölkerung an die Kanalisation abgeschätzt (BMLFUW 2005a).
AW OAB	Abwasser aus Oberflächenabschwemmung	OBVF	AWW	0	0	0	6,8	0,16	>0	± 90 %	errechnet aus (BMLFUW 2005a)

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Output-Ströme aus der „Abwasserwirtschaft“</b>											
AW AWW	Abwässer aus der Abwasserwirtschaft	AWW	LH	0	0	0	3,3	0,21	0,13	± 50 %	Ausgehend von den im Jahr 2004 angefallenen Gesamt-Klärschlammengen (BMLFUW 2006) für Österreich [t TS/a] wurden über mittlere Schwermetallgehalte im Klärschlamm [mg/kg TS] die jährlichen Schwermetallfrachten im Klärschlamm [t/a] abgeschätzt. Über Rückhaltegrade für die einzelnen Schwermetalle in Kläranlagen, welche aus zahlreichen Untersuchungen (ZESSNER 1999) bekannt sind, wurden die entsprechenden Schwermetallfrachten im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen berechnet (BMLFUW 2005a).
KS I	Klärschlamm I – Verwendung als Dünger	AWW	OBVF	0	0	0	7,0	0,17	0,10	± 50 %	Quelle: (BMLFUW 2005a) und (BMLFUW 2006); Abschätzung aus Gesamt-Klärschlamm-Anfallmengen und prozentualer Verteilung der spezifischen Entsorgungs- und Verwertungswege
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	AWW	AWS (SA+TRA+MS)	0	0	0	6,4	0,15	0,09	± 50 %	Quelle: (BMLFUW 2005a) und (BMLFUW 2006); Abschätzung aus Gesamt-Klärschlamm-Anfallmengen und prozentualer Verteilung der spezifischen Entsorgungs- und Verwertungswege
<b>Input-Ströme zu „Oberboden + versiegelte Flächen“</b>											
ATM DEP	Atmosphärische Deposition	ATM	OBVF	0	0	0	35	1,9	0,6	< ± 25 %	EMEP-StatusReport 2007 (ILYIN et al. 2007)
MD MUN	Mineraldünger und Munitionsteile	BLF	OBVF	1.080	3,8	0,059	812	2,8	0,044	± 50 %	Gesamtfluss: (GRÜNER BERICHT 2006); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
RÜ BLF	Rückstände aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft (Abraum, Ernterückstände)	BLF	OBVF	2,6	0,080	0,014	153	4,7	0,83	± 90 %	siehe Prozess „Bergbau, Land- und Forstwirtschaft“
KOM	Kompost	AWS (KOMP)	OBVF	0	0	0	20	0,25	0,060	< ± 50 %	
KS I	Klärschlamm I – Verwendung als Dünger	AWW	OBVF	0	0	0	7,0	0,17	0,10	± 50 %	Quelle: (BMLFUW 2005a) und (BMLFUW 2006); Abschätzung aus Gesamt-Klärschlamm-Anfallmengen und prozentualer Verteilung der spezifischen Entsorgungs- und Verwertungswege

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Output-Ströme aus „Oberboden + versiegelte Flächen“</b>											
BBP	Bergbauprodukte	OBVF	BLF	11	0,16	0,044	649	10	2,6	± 50 %	Gesamtfluss: berechnet aus Daten von ( <i>STATISTIK AUSTRIA 2007, MONTANHANDBUCH 2005</i> ); Berechnungen und Konzentrationen siehe Dateien: „Import_Export Güter.xls“, „Bergbau.xls“
PE	Pflanzenentzug	OBVF	BLF	1,4	0,031	0,029	67	1,5	1,4	± 50 %	Gesamtfluss: eigene Berechnungen basierend auf Daten von: ( <i>GRÜNER BERICHT 2006</i> ); Konzentrationen siehe Datei: „LW_FW.xls“
AW OAB	Abwasser aus Oberflächenabschwemmung	OBVF	AWW	0,00	0,000	0,000	6,8	0,16	>0	± 90 %	errechnet aus ( <i>BMLFUW 2005a</i> )
ERO AUS	Erosion und Auswaschung	OBVF	LH	0	0	0	564	25	1,8	< ± 50 %	( <i>UMWELTBUNDESAMT 2005a</i> ), Errechnet aus Erosion, Auswaschung von Boden und Abschwemmung von versiegelten Flächen

## 17.2 Subsystem Abfallwirtschaft

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Input-Ströme zu „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>											
KS II	Klärschlamm II – zur Behandlung	AWW	AWS (SA+TRA+MS)				6,4	0,15	0,090	± 50 %	Quelle: (BMLFUW 2005a) und (BMLFUW 2006); Abschätzung aus Gesamt-Klärschlamm-Anfallmengen und prozentualer Verteilung der spezifischen Entsorgungs- und Verwertungswege
ABF BLF	Abfälle aus Bergbau, Land- und Forstwirtschaft	BLF	AWS (SA+TRA+MS)	374	3,3	0,25	1.783	3,6	0,27	± 90 %	Meldung gemäß Statistikverordnung, Studie Schachermayer zu Landwirtschaft (persönliche Mitteilung Doujak, K. 2007); Konzentrationen aus (KÖNIG 2006) + 1.375 t Blei aus 2.500 t Bleiakkus (BRANDSTETTER 1995)
ABF PHH RM	Restmüll aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)	260	4,9	0,97	360	6,8	1,3	< ± 25 %	Konzentrationen: (MORF et al. 2004), Masse = bisher unveröffentlichte U Zahl
ABF PHH TR	getrennt gesammelte Abfälle aus privaten Haushalten	PHH	AWS (SA+TRA+MS)				554	13	2,1	± 50 %	Elektroaltgeräte + sonstige getrennt gesammelte
	<i>Elektroaltgeräte</i>			791	120	2,7	21	3,2	0,072		<i>Masse = bisher unveröffentlichte U Zahl; Konzentration aus TU-Tabelle (22.1.2008)-Elektronikgeräte alt</i>
	<i>sonstige getrennt gesammelte</i>			260	4,9	1,0	533	10	2,0		<i>Masse = bisher unveröffentlichte U Zahl; Konzentration Annahme gleich wie für Restmüll (MORF et al. 2004)</i>
ABF IGD	Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen	IGD (SABF IGD)	AWS (SA+TRA+MS)				20.396	159	10	± 50 %	Frachten aus: Frachten Gesamtabfallaufkommen minus (Frachten aus Restmüll private Haushalte, getrennt gesammelte Abfälle private Haushalte, Abfälle Bergbau-Land-Forst-Jagd-Fischereiwirtschaft, Klärschlamm II)
	<i>Gesamtabfallaufkommen</i>			420	3,3	0,25	23.100	183	14		<i>Konzentrationen aus Frachten (KÖNIG 2006) extrapoliert von Gesamtabfallaufkommen 48,3 Mt auf 55 Mt für das Jahr 2005; bei Blei sind noch 2.542 t berücksichtigt die gemäß BMG-Umwelterklärung 2005 sonst fehlen würden</i>
IM ABF	Import Abfälle	I (Import)	AWS (SA+TRA+MS)	374	2,8	0,25	4.723	0,31	0,027	< ± 50 %	Masse: BAWP 2006 S. 133, Konzentrationen: für Bleiakkuimporte Blei = 55 % der Bleiakkuumasse, für alle anderen Fraktionen Durchschnittskonzentrationen aus Gesamtabfallaufkommen nach (KÖNIG 2006)

Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Output-Ströme aus „Sammlung Transport und mechanische Sortierung“</b>											
ABG TR	Emissionen in die Luft aus Sammlung, Transport, Mechanische Vorbehandlung, Sortierung	SA+TRA+MS	ABG AWS	0,0000	0,0000	0,0000	0,23	0,0018	0,00014	± 90 %	0,001 % vom Gesamtaufkommen (geschätzt)
ABF TB	Abfall zur thermischen Behandlung (nicht Mitverbrennung)	SA+TRA+MS	TB	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>							Abf TB = Summe Output THB - Summe andere Inputs THB
EX ABF	Export-Abfälle	AWS (SA+TRA+MS)	E (Exporte)	374	2,8	0,25	195	1,4	0,13	± 50 %	Masse = Gesamtmasse Abfallexporte BAWP 2006 S.134 - Massen der anderen Exporte aus dem Subsystem Abfallwirtschaft; Annahme: Konzentration gleiche, wie Konzentration Gesamtabfallaufkommen (KÖNIG 2006)
ABF BIO	kompostierfähiger Abfall	SA+TRA+MS	KOMP	0,000	0,000	0,000	22	0,28	0,066	± 90 %	Frachten errechnet aus dem Output-Kompost: nach Bilitewsky 2000 S. 303 ist das Verhältnis zwischen Output Kompost und Output-Siebresten 9,4:1. Unter der Annahme, dass die Konzentration in beiden Outputströmen gleich ist, und ergibt sich für die Inputfracht ein Wert der 1,1 mal der Outputfracht Kompost ist.
ABF MBA	Abfall zur Behandlung in der MBA	SA+TRA+MS	MBA				167	3,1	0,66	± 50 %	Masse 2005: BAWP 2006, S. 94; Konzentration der Teilfraktionen nach (MORF et al. 2004), KS II, KÖNIG 2006 SN 91401
	<i>Restmüll</i>			260	4,9	1,0	125	2,4	0,47		<i>BAWP 2006 S. 94, (MORF et al. 2004)</i>
	<i>Gewerbeabfälle</i>			260	4,9	1,0	13	0,25	0,049		<i>BAWP 2006 S. 94, (MORF et al. 2004)</i>
	<i>Klärschlamm</i>			143	3,0	1,8	5	0,10	0,061		<i>BAWP 2006 S. 94, errechnet aus KS II</i>
	<i>Spermmüll</i>			600	9,0	2,0	20	0,30	0,066		<i>BAWP 2006, KÖNIG 2006 SN 91401</i>
	<i>Sonstige Abfälle</i>			260	4,9	1,0	3	0,06	0,013		<i>(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31625</i>
ABF DD	Abfall direkt (ohne Behandlung) deponiert	SA+TRA+MS	DEPO				747	6,1	1,5	± 50 %	
	<i>Bodenaushub 31411</i>			30	0,29	0,070	212	2,0	0,49		<i>(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31411</i>
	<i>Hütten- Gießereischutt 31111</i>			1.500	1,0	0,50	183	0,12	0,061		<i>(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31111</i>



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	<i>Erdschlamm 31625</i>			50	0,10	0,20	10	0,020	0,041		(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31625
	<i>Siedlungabfälle 91101</i>			810	11	1,8	173	2,4	0,39		(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 91101
	<i>Hausmüll 91105</i>			810	11	1,8	108	1,5	0,24		(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 91105
	<i>Sonstige Abfälle</i>			50	0,10	0,20	61	0,12	0,24		(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31625
ABF CP	Abfall für die chemisch-physikalische Behandlung	SA+TRA+MS	CPB	0	0,0	0,00	10	0,092	0,074	± 50 %	Frachten = Summe aus Output
REC MS	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der mechanischen Vorbehandlung	SA+TRA+MS	SAM REC	260	4,9	0,97	533	10	2,0	± 50 %	entspricht getrennt gesammelten Abfällen aus PHH (ABF PHH TR) ohne Elektroaltgeräte
ALT KFZ	Altfahrzeuge	SA+TRA+MS	ALT KFZ	1.666	50	0,20	152	4,6	0,018	± 50 %	BAWP 2006 S.60, KÖNIG 2006 SN 35203+35204
BRM GES	Baurestmassen und verunreinigter Bodenaushub	SA+TRA+MS	BAU RM				498	5,8	1,1	± 50 %	
	<i>Bodenaushub</i>			30	0,29	0,070	30	0,29	0,070		BAWP 2006 S.90, KÖNIG 2006 SN 31411
	<i>Baurestmassen</i>			85	1,0	0,18	468	5,5	1,0		BAWP 2006 S.92; KÖNIG 2006 SN 31409
EAG BAT	Elektroaltgeräte + Batterien inklusive Akkumulatoren	SA+TRA+MS	EAG BEH				24.508	40	3,0	± 50 %	
	<i>Elektroaltgeräte PHH+Gewerbe/Industrie</i>			791	120	2,7	95	14	0,32		BAWP 2006 S. 62; Tabelle TU-Wien 22.1.2008
	<i>Hg-Dampflampen 35 326</i>			70	0,10	7.049	0,014	0,000020	1,4		(KÖNIG 2006)
	<i>Gasentladungslampen 35339</i>			50	1,0	1.100	0,050	0,0010	1,1		(KÖNIG 2006)
	<i>Blei 35302</i>			900.000	0,10	0,20	4.753	0,00052	0,0010		(KÖNIG 2006)
	<i>Bleischlamm 35503</i>			5.000	50	0,20	6,5	0,065	0,00026		(KÖNIG 2006)
	<i>Altbleiakkumulatoren 35322 inklusive Importe</i>			550.000	0,10	0,20	18.954	0,0034	0,0069		Masse: BAWP 2006 S. 74 + S. 133, Konzentrationen (KÖNIG 2006) + 55 % von Bleiakkuimporten = Blei
	<i>Bleisalze 51524</i>			700.000	0,10	0,20	700	0,00010	0,00020		(KÖNIG 2006)



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
	Batterien unsortiert 35338			98	10	134	0,13	0,013	0,17		(BIO INTELLIGENCE SERVICE 2003) in (UMWELTBUNDESAMT 2005b) S.86; KÖNIG SN 35338
	Ni-Cd-Akkus 35323			70	110.000	0,20	0,016	25	0,000046		(KÖNIG 2006)
ABF SON	Abfall zur sonstigen Behandlung	SA+TRA+MS	SON				190	43	0,027	± 50 %	
	Al-Salzschlacke 31211			10	0,50	0,10	0,25	0,013	0,0025		BAWP 2001, KÖNIG 2006 SN 31211
	Sonstige Gef Abfälle			706	5,0	0,22	47	0,33	0,015		BAWP 2001, KÖNIG 2006
	PVC-Abfälle 57116			6.334	1.900	0,45	143	43	0,010		Masse: BAWP 2001, Konzentration: TU-Tabelle 22.1.2008
ABFB IGD	Abfall der direkt in IGD behandelt wird	AWS (SA+TRA+MS)	IGD	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						ABFB IGD = Summe Input (SA+TRA+MS) - Summe alle anderen Outputs (SA+TRA+MS)	
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abgas Abfallwirtschaft“</b>											
ABG AWS	Abgase aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (ABG AWS)	ATM	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						Output = Summe der für die einzelnen in der Abfallwirtschaft errechneten Emissionen (nach Oli 2006 wären es: 0,009 t Pb, 0,0015 t Cd und 0,02 t Hg)	
<b>Output-Ströme aus der „Thermischen Behandlung“</b>											
RG	Rauchgas aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	ABG AWS	0,054	0,0045	0,032	0,10	0,0080	0,057	± 90 %	Masse (Input): (UMWELTBUNDESAMT 2007d); Konzentration aus Umweltbundesamt 2005b, S.56 Konzentration = mg Emissionen in Luft je kg/Input
EX RÜ TB	Export von Rückständen aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	AWS (TB)	E (Exporte)	4.505	224	17	173	8,6	0,65	< ± 50 %	Masse: Auswertung „abfall“ aus Bilbes-Datenbank 2005 für BAWP-Zwischenbericht/Datenstand: 1.10.2007 Konzentrationen: (UMWELTBUNDESAMT 2005b)
AW TB	Abwässer aus der Thermischen Behandlung (ohne Mitverbrennung)	TB	AW AWS	0,010	0,0010	0,0010	0,0080	0,00080	0,00080	± 90 %	Masse errechnet aus: Spittelau 415 kg Wasser/t Abfall: (UMWELTBUNDESAMT 2005b) S. 65; Konzentration: Spittelau in (UMWELTBUNDESAMT 2005b) S. 57
SCHL	Schlacken, Aschen, Stäube aus der thermischen Behandlung von Abfällen (ohne Mitverbrennung)	TB	DEPO	1.336	10	1,2	504	3,8	0,45	± 50 %	Masse: (UMWELTBUNDESAMT 2007a) S.12; Konzentration: (UMWELTBUNDESAMT 2005b)



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
<b>Output-Ströme aus der „Kompostierung“</b>											
KOM	Kompost	AWS (KOMP)	OBVF	0,0000	0,0000	0,0000	20	0,25	0,060	< ± 50 %	
RÜ KOM	Rückstände der Kompostierung zur Deponierung	KOMP	DEPO	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>							Fracht = Input Kompostierung - Output Kompost
<b>Output-Ströme aus der „MBA“</b>											
ABG MBA	Abgas MBA	MBA	ABG AWS	0,00062	0,00004 1	0,0057	0,00023	0,000015	0,0021	± 90 %	BAWP 2006, S. 94 Massen behandelt im Jahr 2005 in MBA; (UMWELTBUNDESAMT 1999b), S. 11: Emittierte Frachten je Tonne Abfall
RÜ MBA 1	Rückstände der MBA zur Deponierung	MBA	DEPO	513	5,5	2,4	39	0,42	0,18	± 90 %	Masse: (UMWELTBUNDESAMT 2006b) S. 38 zu deponierende Fraktion = 12,5 % des Inputs; Konzentration: (BILITEWSKY 2000) S. 317
RÜ MBA 2	Rückstände der MBA zur Verbrennung	MBA	TB	254	21	0,45	19	1,6	0,034	± 90 %	Masse: (UMWELTBUNDESAMT 2006b) S. 38 Heizwertreiche Fraktion = 12,5 % des Inputs; Konzentration: KÖNIG 2006 SN 57119 (Kunststofffolien)
REC MBA	Recyclinggüter/Material für die Verwertung in IGD aus der MBA-Behandlung	MBA	SAM REC	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>							(Dies ist der Defaultfluss für die MBA, er ergibt sich aus der Bilanzierung der In- und Outputs der MBA) Fracht RECF MBA = Summe Fracht Input - Summe Fracht anderer Outputs
<b>Output-Ströme aus der „CPB“</b>											
ABG CP	Abgase aus CP-Anlagen	CPB	ABG AWS	0,00062	0,00004 1	0,0057	0,000092	0,0000062	0,00085	± 90 %	Fracht/Inputmasse wie bei MBA (UMWELTBUNDESAMT 1999b), S. 11
AW CP	Abwässer aus der CP Behandlung	CPB	AW AWS	0,50	0,10	0,010	0,058	0,012	0,0012	± 90 %	Masse bilanziert aus Input minus andere Outputs; Konzentrationen gemäß AAEV (BMLF 1996) in (UMWELTBUNDESAMT 2005b) S. 57
RÜ CP 1	Rückstände aus CP-Anlagen zur Deponierung (Niederschläge aus Neutralisation, Filterkuchen)	CPB	DEPO	290	4,0	2,6	1,7	0,024	0,016	± 50 %	BAWP 2001 S.60, KÖNIG 2006 SN 94801
RÜ CP 2	Rückstände aus CP-Anlagen zur Verbrennung (Altöle)	CPB	TB	310	2,0	2,0	8,7	0,056	0,056	± 50 %	BAWP 2001 S.60, (UMWELTBUNDESAMT 1995b) S. 67
EX RÜ CP	ERÜ CP CP, Export Rückstände CP	CPB	E (Exporte)	290	4,0	2,6	0,73	0,010	0,0065	< ± 50 %	BAWP 2001 S.60, KÖNIG 2006 SN 94801

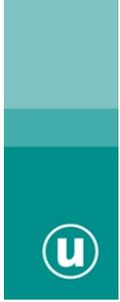


Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle	
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Altfahrzeugen“</b>												
KFZ REC	Altfahrzeug-Fractionen zum Recycling	ALT KFZ	SAM REC	1.666	50	0,20	118	3,5	0,014	± 50 %	BAWP 2006 S.60, KÖNIG 2006 SN 35203+35204	
KFZ TB	Altfahrzeug-Fractionen zur thermischen Behandlung	ALT KFZ	TB	1.666	50	0,20	33	1,0	0,0040	± 50 %	BAWP 2006 S.60, KÖNIG 2006 SN 35203+35204	
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von Baurestmassen“</b>												
BAU REC	Recyclingbaustoffe	BAU RM	SAM REC	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						Frachten errechnet aus Fracht Input minus Fracht anderer Output		
BRM DEP	Baurestmassen deponiert nach Behandlung	BAU RM	DEPO				30	0,35	0,064	± 50 %		
	<i>Bodenaushub</i>			30	0,29	0,070	1,8	0,017	0,0042		BAWP 2006 S.90, KÖNIG 2006 SN 31411	
	<i>Bauschutt</i>			85	1	0,18	28	0,33	0,059		(UMWELTBUNDESAMT 2007e) S.12, KÖNIG 2006 SN 31409	
<b>Output-Ströme aus der „Behandlung von EAG und Batterien“</b>												
EAG REC	EAG und Batterie-Fractionen zum Recyclen	EAG BEH	SAM REC	0,0000	0,0000	0,0000	24.386	37	0,28	± 50 %	GUA 2007 Demontage und Verwertung von Kunststoffstoßfängern: 85 % der Gesamtmasse der gesammelten Elektroaltgeräten werden stofflich verwertet. => Annahme: Pb zu 99,5 % stofflich verwertet, restliches Pb nach THB; Cd aus Batterien zu 99,5 % aus restlichen Fractionen zu 85 % stofflich verwertet, restliches Cd nach THB; Hg aus Batterien und Lampen in Form von Behandlungsrückständen exportiert, restliches Hg zu 85 % stofflich zu 15 % thermisch verwertet.	
RÜ EAG	Hg-haltige Rückstände aus der Behandlung von EAG	EAG BEH	E (Export)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,7	± 90 %	Hg aus Batterien und Lampen in Form von Behandlungsrückständen exportiert,	
EAG TB	Elektroaltgeräte- und Batterie-Fractionen zur thermischen Behandlung	EAG BEH	TB	0,0000	0,0000	0,0000	123	2,3	0,050	± 50 %	Rest zwischen Input und Output	
<b>Output-Ströme aus der „Sonstigen Behandlung“</b>												
REC SON	Recyclinggüter aus der sonstigen Behandlung	SON	SAM REC	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						Bilanz für SON		
RÜ SON 1	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Deponierung (z. B. behandelte Böden)	SON	DEPO	30	0,29	0,070	0,34	0,0033	0,00079	± 90 %	Masse: geschätzt, 10 % des Inputs sonstige Behandlung, Konzentrationen: KÖNIG 2006 SN 31411 Bodenaushub	



Kurzbezeichnung	Bezeichnung des Stromes	Quellprozess	Zielprozess	Konz Pb (mg/kg)	Konz Cd (mg/kg)	Konz Hg (mg/kg)	Pb-Fracht (t/a)	Cd-Fracht (t/a)	Hg-Fracht (t/a)	Datenunsicherheit	Bemerkung/Quelle
RÜ SON 2	Rückstände aus der sonstigen Behandlung zur Verbrennung (z. B. Schredderleichtfraktion)	SON	TB	254	21	0,45	8,7	0,72	0,015	± 90 %	Masse: geschätzt, 30 % des Inputs sonstige Behandlung, Konzentrationen: KÖNIG 2006 SN 57119 (Kunststofffolien)
<b>Output-Ströme aus „Sammler Abwasser“</b>											
AW AWS	Abwässer aus dem Abfallwirtschaftssystem	AWS (AWS)	(AW) LH	0,0000	0,0000	0,0000	0,27	0,060	0,0038	± 90 %	Output = Input
<b>Output-Ströme aus der „Deponie“</b>											
DG	Deponiegas	DEPO	ABG AWS	0,0000	0,0000	0,0000	0,00023	0,000015	0,0021	± 90 %	von den 2005 abgelagerten Abfällen sollte kein Deponiegas mehr entstehen; Deponiegas kann noch aus den Ablagerungen der letzten 5 bis 10 Jahre entstehen, es wird angenommen, dass diese in der Größenordnung der Emissionen der MBAs von 2005 liegen sollten
AW DEP	Deponieabwässer	DEPO	AW AWS	0,16	0,038	0,0015	0,20	0,048	0,0019	± 90 %	Masse: in UMWELTBUNDESAMT 2003 für 39 Deponien 591.000 m <sup>2</sup> offene Fläche, für alle 167 Deponien mit Deponiesickerwasser (UMWELTBUNDESAMT 2007f) ergibt das 2,52 Mio. m <sup>2</sup> offene Fläche, bei 1.000 mm Niederschlag/a bzw. 1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> => 2,5 Mio. m <sup>3</sup> Deponiesickerwasser/a ; Konzentrationen gemäß (BILITEWSKI et al. 2000) S.161;
<b>Output-Ströme aus der „Sammler Recycling“</b>											
EX REC	Exporte Recyclingmaterialien, Exporte zur Verwertung (Metallhaltige Filterstäube, + 3 kt Altöl)	AWS (REC)	(SAM) E (Exporte)	4.505	224	17	8.522	43	1,3	< ± 50 %	a) Masse: BAWP 2006 S. 78 (SN 31217 + SN 31223); Annahme: gleiche Konzentration wie Flugaschen aus therm. Behandlung (UMWELTBUNDESAMT 2005b) + b) Cd aus Batterien (50,7 t)+ c) 1/3 Blei aus Bleirecycling
REC VERW	Recyclinggüter, Materialien für die stoffliche Verwertung außerhalb der Abfallwirtschaft	AWS (REC)	(SAM) IGD	<b>Wert mit STAN berechnet!</b>						Output= Summe Input-Exporte	





**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

[office@umweltbundesamt.at](mailto:office@umweltbundesamt.at)

[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)

Der vorliegende Bericht des Umweltbundesamt zeigt mit der Stoffflussanalyse Ströme, Frachten und Lager der Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber in Österreich. Diese Methode ermöglicht die Bilanzierung der Ressourcen, die Abschätzung der Frachten in den Abfallströmen und Analysen der Auswirkungen auf die Umwelt. Ergänzt wird diese Systemanalyse durch produktbezogene Detailuntersuchungen, z. B. für Cadmium in Akkumulatoren, Schwermetalle in Kunststoffen, Blei in Rohren und Munition oder Quecksilber in der Zahnmedizin und in Thermometern. Bestehende nationale und internationale Maßnahmen sind ebenfalls dargestellt.

Folgende Empfehlungen wurden u. a. abgeleitet:

- Verbot von Bleischrot in der Jagd und beim Sportschießen,
- Phase Out von Zahnamalgam ,
- Rückführung von Quecksilberthermometern aus Haushalten und
- Beschränkung der Emissionen aus Krematorien.