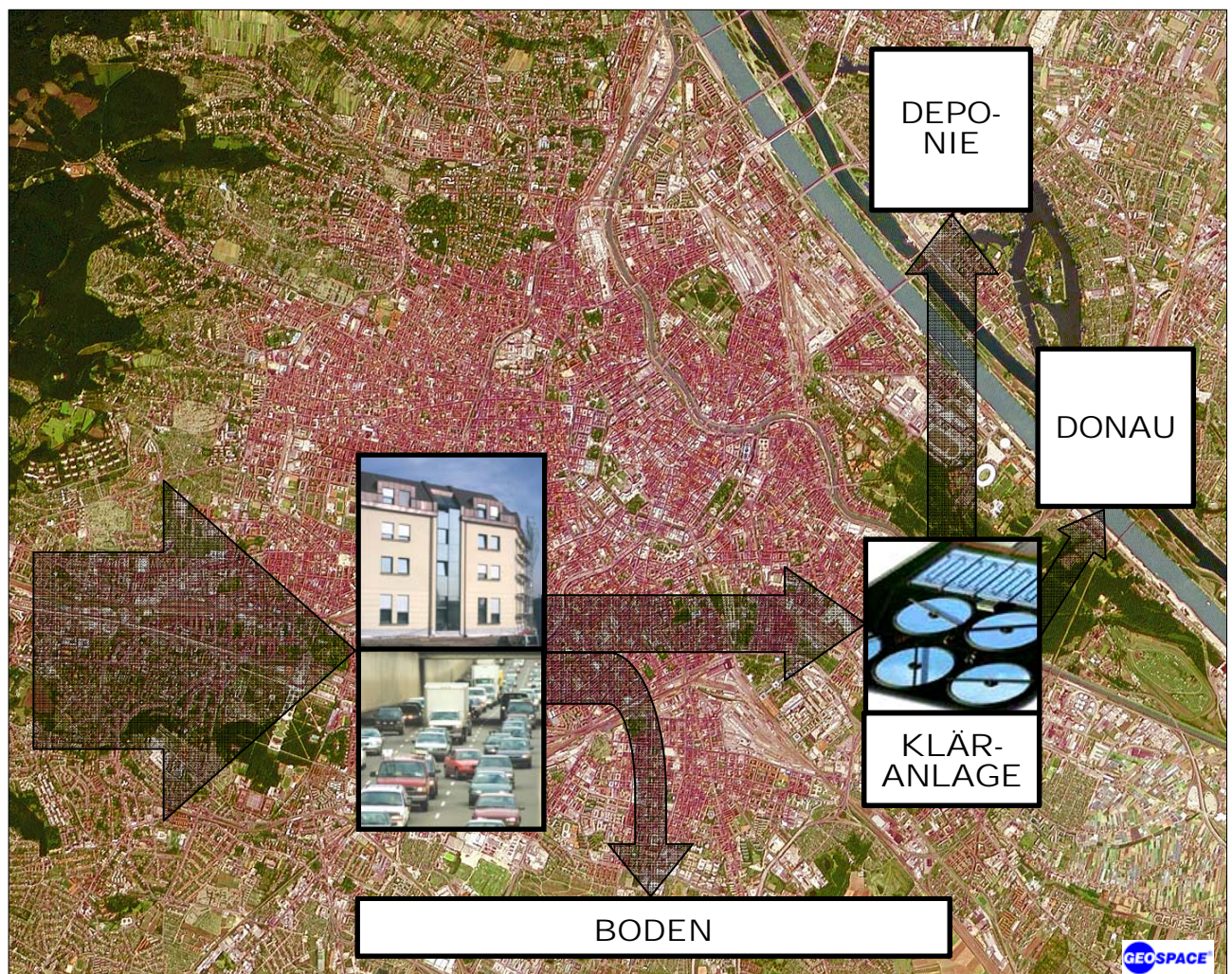


Urbanes Ressourcen Management: Fallstudie Wien. Teilbereich Schadstoffmanagement diffuser Metallemissionen

(Projekt ÖKOPOLIS)

ZUSAMMENFASSUNG



Urbanes Ressourcen Management: Fallstudie Wien. Teilbereich Schadstoff- management diffuser Metallemissionen

Minimierung von flächenhaften diffusen Metalleinträgen aus der Anthroposphäre in die Umwelt am Beispiel der Stoffe Kupfer, Zink, Aluminium und Blei. Vorschläge zur Implementierung eines Ressourcenmanagements in der Stadt Wien.

Projekt ÖKOPOLIS

Zusammenfassung

(Version: ÖKOPOLIS Zusammenfassung 2.03.doc)

Autoren

Richard Obernosterer

Iris Reiner

Roman Smutny

Auftraggeber

Bundesministeriums für Bildung,
Wissenschaft und Kultur,
Abteilung Umweltwissenschaften
und

Magistrat der Stadt Wien,
MA 22 – Umweltschutz

bm:bwk

DAS ZUKUNFTSMINISTERIUM



Stadt Wien
Wien ist anders.

Projektleitung:

Richard Obernosterer

Projektsachbearbeitung:

Richard Obernosterer

Iris Reiner

Roman Smutny

Grafische Gestaltung und Layout:

Richard Obernosterer, Roman Smutny

Titelblatt:

Hintergrundbild mit freundlicher Genehmigung von Geospace 

Copyright Geospace/Eurimage/Spot Image 2004

Zur Information: Neuerscheinung Österreich Satellitenbild Atlas. Österreich und seine Landeshauptstädte präsentieren sich in einzigartigen Realbildern aus 700 km Höhe.

Zu bestellen um € 32,90.- zum einmaligen Subskriptionspreis bis 15. August 2004

GEOSPACE, Jakob-Haringer-Strasse 1, A-5020 Salzburg

Tel: 0662/ 45 81 15 Fax: 0662/ 45 81 15-4 e-mail: office@geospace.at

Impressum:

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinerstrasse 48 / 2. Stock

A-1040 Wien

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

Fax: +43 (0)1 / 913 22 52-22

office@rma.at

Kurzfassung

Die These aus der Humanmedizin, dass die Gesundheit eines Patienten nur durch die Kenntnis des gesamten Stoff- und Energiewechsels erreichbar ist, ist auf Städte übertragbar. Auch für Städte stellt sich die Frage nach der Optimierung des Stoff- und Energiewechsels. Wie beim Menschen spielt die gesunde Ernährung und die Vorsorgemedizin eine zentrale Rolle. Städte müssen vermehrt darauf achten, welche Stoffe sie nutzen und wie sie diese Stoffe nach der Nutzung wieder ressourcenschonend und umweltverträglich wiederverwerten oder der Natur zurückgeben können ohne deren Selbstreinigungskraft zu überbeanspruchen.

Städte sind heute rund um den Globus mit dem Faktor Wachstum konfrontiert. Wohnbauten, Geschäfts- und Gewerbezentren entstehen, Infrastruktur wird bereitgestellt, Nahrungsmittel und Produkte des täglichen Bedarfs werden konsumiert. In Wien sind pro Einwohner insgesamt 350 Tonnen fester Materialien akkumuliert und 200 Tonnen an festen, flüssigen und gasförmigen Materialien werden jährlich von einem Wiener Bewohner umgesetzt. Städte wachsen um 1-3 % pro Jahr. Ballungszentren stehen deshalb auch vermehrt im Fokus von Umwelt- und Ressourcenfragen. Durch das kontinuierliche Wachstum steigt das Potenzial negativer Einwirkungen auf Mensch und Umwelt. Viele Emissionen in der Stadt stammen aus vielen, teilweise schwer identifizierbaren und weit verstreuten Quellen. Diese werden als diffuse Emissionen bezeichnet. Laut einer Untersuchung der EU-Kommission sollen zukünftig Reduktionsmaßnahmen für Metallimmissionen (Kupfer und Zink) in Oberflächengewässer bei diesen diffusen Quellen ansetzen.

Vorliegende Studie zeigt am Beispiel ausgewählter Metalle, dass diffuse Emissionen aus der Nutzung von Produkten problematische Umweltbelastungen hervorrufen können. Ziel des Projektes war die Erfassung und Bewertung diffuser Metallemissionen aus Korrosions- und Verschleißvorgängen von Baumaterialien aus Zink, Kupfer, Blei und Aluminium.

Die wichtigsten problematischen Emissionsquellen wurden identifiziert und deren Belastungspotential bestimmt. Die Bewertung hinsichtlich Umweltverträglichkeit erfolgte mittels Szenarien, Grenzwerten und verträglichen Grenzfrachten. Auch verträgliche Einsatzgebiete und verträgliche Einsatzmengen wurden aufgezeigt. Für das Management problematischer diffuser Emissionen wurden Strategien erstellt, die wichtigsten Steuerschrauben erkannt, Maßnahmen entworfen und erste Schritte sowie Handlungsempfehlungen für die Umsetzung ausgearbeitet und eingeleitet. Dazu wurde das Stoffhaushaltssystem mit relevanten Kernakteuren, Aktivitäten und Programmen der Stadt Wien, Gesetzen und Verordnungen sowie mit möglichen technischen Maßnahmen verknüpft. Darauf aufbauend wurde ein Ressourcenmanagement für diffuse Verluste abgeleitet, welches ein Vorgehen zeigt wie diffuse Metalleinträge kontinuierlich reduziert werden können um den Zielen einer ökologischen nachhaltigen Entwicklung gerecht werden zu können. Dieser Ansatz wurde bereits im Strategieplan der Stadt Wien etabliert, soll im Umweltleitbild weitergeführt werden und stellt einen weiteren Baustein für eine nachhaltige Entwicklung der Stadt Wien dar. Dabei wurde ein Vorgehen entwickelt, dass einen verträglichen Einsatz der Metalle ermöglicht. Stoffverbote sind nicht notwendig. Für alle untersuchten Baumaterialien wurde ein verträglicher Metalleinsatz abgeleitet. Damit wurden Möglichkeiten für effektive Maßnahmen aufgezeigt und erste Schritte in die Richtung gesetzt, diffuse Metallemissionen in der ökologischen Planung von Bauwerken zu berücksichtigen, wie dies in manchen europäischen Ländern (Deutschland, Schweiz, Niederlande, Schweden) bereits ansatzweise der Fall ist.

Ausgewählte Ergebnisse

Diffuse Emissionen aus der Nutzung von Bauwerken stellen eine der wichtigsten Emissionsquellen einzelner Metalle (Zink und Kupfer) in Städten dar. In Summe gesehen sind diffuse Emissionen heute oft wichtiger als punktförmige Emissionen. Die jährlichen Metallverluste sind gering. Die Umweltbelastungen werden vorwiegend erst durch die lange Aufenthaltszeit der Metalle in der Siedlung hervorgerufen. Für die menschliche Gesundheit bilden die bilanzierten diffusen Emissionen keine direkte Gefahr. Dies gilt jedoch nicht für den Altbestand an Trinkwasserleitungen aus Bleirohren.

Es zeigte sich, dass von Aluminiumoberflächen hinsichtlich diffuser Verluste in keinem einzigen Fall der Bewertung ein Problem zu erwarten ist. Diffuse Aluminiumemissionen aus Bauwerken sind für die Umwelt verträglich. Ein ökologischer Nachteil ist der im Vergleich zu anderen Metallen relativ hohe Primärenergiebedarf pro Tonne Aluminium für die Herstellung. Allerdings liegt der flächenbezogene Primärenergiebedarf von Aluminiumblech, bei einer sehr hohen Rezyklierungsrate von Aluminium in selber Höhe wie bei Kupferblech (80 % Rezyklierungsrate).

Für Zink und Kupfer ist der Grad der Problematik vom Regenwassermanagement abhängig. So führt selbst bei maximal möglichem Metalleinsatz für alle untersuchten Metalle eine Schachtversickerung mit vorgeschaltetem Filter mit einem Wirkungsgrad von min. 98% zu keiner Überschreitung der Grenzwerte hinsichtlich Pflanzenverträglichkeit des Bodens. Hingegen ist bei anderen Systemen der Abwasserbewirtschaftung mit Überschreitungen von Richtwerten zu rechnen. Beispielsweise zeigt ein Früherkennungsszenario, dass der Grenzwert der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV: 2,0 mg Zink und 0,5 mg Kupfer pro Liter) durch die mittlere Konzentration im Dachablaufwasser überschritten werden kann, wenn mehr als etwa 20 % der Dachfläche mit unbeschichtetem Zinkblech bzw. mehr als etwa 15 % der Dachfläche mit unbeschichtetem Kupferblech gedeckt wird. Wird der Regenwasserablauf des Daches versickert oder als Gießwasser verwendet, besteht die Gefahr der Kontamination des lokalen Erdreichs. Der Orientierungswert für pflanzenverträglichen Boden (300 mg Zink und 100 mg Kupfer pro kg Trockensubstanz [ÖN S 2088-2, 1993] und [ÖN L 1075, 1993]) kann innerhalb der Lebenszeit der Bauwerke überschritten werden, falls mehr als 10 % der Dachfläche mit unbeschichtetem Zink- oder Kupferblech gedeckt wird oder Dachrinnen und Fallrohre mit diesen Materialien ausgeführt werden.

Bei Sanierungsvorhaben z.B. beim Abschleifen eines Altanstriches ist unbedingt auf eine umweltverträgliche Entsorgung des Abschleifrückstandes zu achten. Wird dieser Rückstand, wie in der Praxis oft üblich, in die Regenwasserableitung entsorgt, so entspricht diese Menge den diffusen Abschwemmungen eines unbeschichteten Zinkdaches in einem Zeitraum von etwa 20 Jahren.

Auch andere bedenkliche Anwendungsgebiete wurden identifiziert: Fassadenverkleidungen und Trinkwasserrohre mit unbeschichteten Zink- oder Kupferoberflächen; erdverlegte Energie- und Telekommunikationskabel mit Bleiumhüllung. Außerdem kann PVC zu diffusen Metallemissionen beitragen, da Bleistabilisatoren evaporieren und abgeschwemmt werden können.

Executive Summary

Background

Since several decades the metabolism of cities is investigated in terms of inputs and outputs of materials and energy in order to derive policies for minimising the impact on the environment and human health. In Vienna, for instance, the phenomenon of the accumulation of materials was quantified: in total, per inhabitant 350 tonnes of solid materials are accumulated in 1991. This stock of resources increases by 1-3 % per year. Due to this continuous augmentation the potential of material recovery, but also the impact of emissions resulting from the use of accumulated resources is rising. These emissions emanate from many, partially hardly identifiable and widespread sources and are therefore called nonpoint emissions or diffuse emissions.

Diffuse emissions are also subject of investigations in other urban areas: Substance balances have been accounted in Amsterdam and Stockholm in order to reduce the metal loading of marine sediments. A major action developed from these balances was the reduction of diffuse emissions by limiting the use of exposed metallic building materials (e.g. zinc and copper roofing). A study on behalf of the European Commission on pollutants in waste water and sewage sludge concludes that copper and zinc should be included in the list of priority substances in the field of water policy and proposes to take actions at the biggest sources of emissions particularly at diffuse sources. These studies have motivated the city of Vienna to investigate this topic more in detail and develop actions.

Project ÖKOPOLIS has been funded by the Austrian Federal Ministry for Education, Science and Culture - Department Environmental Science and the City of Vienna, Municipal Department 22 - Environmental Protection.

Objective and methodology

The objective was to survey and assess diffuse metal emissions and develop a pollutant management based on ecologically sustainable development. By means of the methodology of Material Flow Analysis, the employment of building materials containing zinc, copper, lead and aluminium and diffuse emissions of the most important applications have been accounted in a representative housing settlement. The most important application areas are building coverings, sanitary installations, outside facilities (e.g. fences) and supply networks. The assessment of diffuse metal emissions was conducted by comparison with other emission sources (road traffic and point sources) and with mandatory limiting values, guideline values and environmentally compatible loads. Compatible loads have been recalculated on the basis of regional carrying capacities of environmental media.

Results

The results show that building materials can represent a major emission source for zinc, copper and lead. There was no detection of a problem regarding diffusive emissions from the use of Aluminium.

The Austrian limiting value for the discharge into the sewer (AAEV-value: 2,0 mg zinc and 0,5 mg copper per litre) can be exceeded by the annual average concentration in the runoff water of roofs if more than approx. 20 % of the roof area is covered with uncoated zinc or more than approx. 15 % with uncoated copper. If the roof runoff is percolated in a seepage facility over ground or used for watering the local soil may be contaminated. The guideline values for the compatibility of the soil for plants (300 mg zinc and 100 mg copper per kg dry

substance) may be exceeded within the lifetime of the building, in case that more than approx. 10 % of the roof area is covered with uncoated zinc or uncoated copper or if gutters are used with this materials. Other problematic applications have been identified: facade coverings and drinking water pipes with uncoated zinc or copper surfaces; earth-laid power and telephone supply cables with lead coating. Furthermore, PVC might contribute to diffuse metal emissions because of evaporating lead stabilisers.

Strategies and actions

Management strategies have been developed by means of material balances and consultations with key-players. The strategies focus on a compatible use of metals instead of a ban. First steps have been taken to implement actions in Vienna within existing programs (ÖKOKAUF – ecological supply of the municipality; criteria for housing aids; etc.), legislation and cooperations of research and education.

Conclusions

Material balances have been used successfully for deriving compatible loads, for early detection of environmental problems and as a basis for developing a pollutant management. The study provides systematic information of the potential for diffuse emissions of metallic building materials. Environmental product declarations and eco labels have to consider the potential for diffuse emissions in order to protect the quality of the environment (surface water, ground water, sediments, soil, indoor air, etc.).

Danksagung

Der besondere Dank gilt den folgenden Personen, die durch Ihr Spezialwissen einen wesentlichen Beitrag zur Qualität des Berichtes beigetragen haben (in alphabetischer Reihenfolge):

Dr. Thomas Belazzi MAS, Mischek Ziviltechniker GmbH, BauXund Forschung und Beratung AG, Wien

Dr. Karin Deutsch, Abteilung Nationale Wasserwirtschaft, BMLFUW - VII/1a

Dr. Markus Faller, Abteilung Korrosionsschutz/Oberflächenschutz, EMPA, Schweiz

DI Otto Frey, Gruppe Planung, MD-BD Stadtbaudirektion, Stadt Wien

Firma GEOSPACE, Verlag für „Österreich Satellitenbild Atlas“, Salzburg

DI Gordana Janak, MA 22 - Umweltschutz, Stadt Wien

Peter Kastl, Funke Kunststoffe GmbH (D-Rainclean)

Dr. Christoph Lampert, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU-Wien

Hr. Lazar, Brema - Bauspengler GmbH, Gerasdorf bei Wien

Prof. Dr. Peter Maydl, Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie, TU-Graz

DI Adolf Merl, Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau, TU-Wien

Ulf Mohlander, Department of Environment Monitoring, Environmental & Health Administration of Stockholm

Mag. Hildegund Mötzl, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie - IBO

DI Stefan Neumayer, Ressourcen Management Agentur, Wien

DI Manfred Schönfeld, Dezernat Service und Steuerung B, MA 21 B - Stadtteilplanung und Flächennutzung Süd-Nordost, Stadt Wien

Dr. Martin Smejkal, Abteilung Naturwissenschaften, Umweltwissenschaften und technische Wissenschaften, BMBWK - VI/4

DI Elisabeth Toth, Dezernat Service und Steuerung B, MA 21 B - Stadtteilplanung und Flächennutzung Süd-Nordost, Stadt Wien

Abkürzungen

/a	pro Jahr (annum)
/cap	pro Kopf (capita)
AAEV	allgemeine Abwasseremissionsverordnung
AEV	Abwasseremissionsverordnung (betrifft die Verordnungen für einzelne Sparten)
ARA	Abwasserreinigungsanlage
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGF	Bruttogeschoßfläche: Entspricht der nach den Außenmaßen der Gebäude in allen Vollgeschoßen über Niveau ermittelten Fläche.
FS	Feuchsubstanz
IEV	Indirekteinleiterverordnung
KFZ	Kraftfahrzeug
l _{fm}	Laufmeter
LKW	Lastkraftwagen
M%	Gewichtsprozent
MVA	Müllverbrennungsanlage
PB	Polybutylen
PE	Polyethylen
PHH	Privathaushalt
PKW	Personenkraftwagen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
RM	Ressourcenmanagement
SHH	Stoffhaushalt
t	Tonnen (1 t = 1.000 kg)
TS	Trockensubstanz
V%	Volumenprozent
WE	Wohnungseinheiten

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	V
AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE	VII
EXECUTIVE SUMMARY.....	IX
DANKSAGUNG.....	XI
ABKÜRZUNGEN.....	XIII
INHALTSVERZEICHNIS	XV
1 ZUSAMMENFASSUNG.....	1
1.1 Stand des Wissens	2
1.2 Ziele und Fragestellungen.....	4
1.3 Methodik.....	4
1.4 Resultate	7
1.4.1 Differenzierung zwischen Korrosions- und Abschwemmraten.....	7
1.4.2 Einfluss des Regenwassermanagements auf die Bewertung.....	9
1.4.3 Ergebnisse der Stoffbilanz.....	11
1.4.4 Interpretation der Ergebnisse - Bewertung	13
1.4.5 Bedenkliche und unbedenkliche diffuse Emissionen bei intensivem Metalleinsatz.....	16
1.4.6 Problematische und unproblematische Einsatzgebiete hinsichtlich diffuser Emissionen.....	18
1.5 Entwurf von Managementszenarien.....	22
1.6 Ressourcenmanagement.....	25
1.7 Handlungsempfehlungen und Implementierung	28
1.7.1 Weitere Handlungsempfehlungen an den Gesetzgeber.....	30
1.7.2 Allgemeine Handlungsempfehlungen an Bauherrn und Planer.....	30
2 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	33
2.1 Schlussfolgerungen aus der Erfassung	33
2.2 Schlussfolgerungen aus der Bewertung	34
2.3 Schlussfolgerungen aus der Steuerung.....	36
3 LITERATURVERZEICHNIS.....	39

1 Zusammenfassung

Das heutige Wirtschaftssystem in den Industrie- und Dienstleistungsgesellschaften ist geprägt durch einen hohen Ressourcenverbrauch. Dieser immer rascher werdende Materialumsatz hat sowohl bei der Entnahme von Ressourcen aus der Umwelt, deren Einsatz als auch bei der Rückführung der Restflüsse in die Umwelt zu Problemen geführt. Beispiele dafür sind Landschaftszerstörung, kontaminierte Böden, Oberflächenversiegelung, Ozonschichtabbau, Treibhauseffekt, verschmutzte Gewässer oder die Reduktion der Biodiversität. Zukünftig sollte unser Handeln danach ausgerichtet sein derartige Probleme zu vermeiden. Ein nachhaltiges Ressourcenmanagement setzt deshalb bereits bei der Entnahme von Materialien aus der Natur an, setzt einen Fokus auf ein effizientes Management der Energie- und Materialressourcen innerhalb der Stadt und hat zum Ziel nur umweltverträgliche Restflüsse in die Umwelt abzugeben. Die in der Stadt akkumulierten Güter, das „Lager Stadt“ ist in diese umfassende Betrachtung einzuschließen. Diese Mengen stellen einerseits eine zukünftige Rohstoffquelle dar (recycling, city mining), andererseits bedroht dieses Lager langfristig die Qualität von Wasser, Boden und Luft, falls es nicht nach umweltverträglichen Gesichtspunkten bewirtschaftet wird.

Ein Management der Energie- und Materialressourcen ist zentraler Bestandteil einer nachhaltigen Entwicklung, da es im Kern der Problematik und damit auch der Möglichkeiten ansetzt, nämlich bei den Produkten und Dienstleistungen zur Befriedigung unserer Bedürfnisse selbst. Die Wiener Wirtschaft und die Verwaltung beziehen vermehrt die Strategie eines haushälterischen Umganges mit den vorhandenen Ressourcen als eine Rahmenbedingung in ihre Aktivitäten ein. Zur Umsetzung werden inter- und transdisziplinäre Lösungen erarbeitet. Deshalb erfordert ein nachhaltiges Ressourcenmanagement fächerübergreifende und partizipative Maßnahmen.

Wien ist eine der ersten Städte Europas, die Stoff- und Energiebilanzen für eine gesamte Stadt durchgeführt haben. Im Zuge des Projektes „Ökopolis“ werden diese Arbeiten auf städtischer Ebene weitergeführt und umgesetzt. Die Stadt Wien leistet damit bei der Optimierung des urbanen Ressourcenhaushaltes Pionierarbeit. Das Verstehen des Stoffwechsels der Stadt Wien ist notwendig, um die Ver- und Entsorgungsprobleme, die sich bei großen Ballungsräumen ergeben, frühzeitig erkennen und lösen zu können. Das Wissen um den urbanen Metabolismus ist für die Entscheidungsträger in der Stadtverwaltung wichtig, um ein effizientes Management für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung nach den Zielen "langfristige Umweltverträglichkeit" und "optimale Ressourcennutzung" auszurichten, wobei unter Ressource in der vorliegenden Studie Energie, Materie, Raum und Umweltmedien verstanden werden. Diese Strategie erlaubt der Stadtverwaltung, komplementär zu den "end-of-pipe" Lösungen, vorsorgende Maßnahmen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu treffen.

Die Stadt Wien bekennt sich in ihrem Strategieplan ausdrücklich sowohl zu einer Schonung als auch zu einem aktiven Management ihrer Ressourcen. Durch die Implementierung bzw. Weiterentwicklung eines Ressourcenmanagements in der Stadt Wien wird die Möglichkeit geschaffen, die gegenwärtige IST-Situation zu erfassen und zu beurteilen und in weiterer Folge eine gewünschte SOLL-Situation zu erreichen. Mit Hilfe dieses Ressourcenmanagements kann eine kontinuierliche Verbesserung des Stoffhaushaltes der Stadt Wien gesteuert und dokumentiert und damit eine ökologisch nachhaltige Entwicklung verfolgt werden.

Das Projekt ÖKOPOLIS basiert auf dem Strategieplan der Stadt Wien und baut auf den bestehenden Stoffbilanzen der Städte Wien, Stockholm und Amsterdam sowie mehrjährigen Korrosionsmessungen in Deutschland, Schweden und der Schweiz auf. Die Studie soll als Grundlagenprojekt für eine ökologisch nachhaltige Entwicklung verstanden werden und trägt einen weiteren Mosaikstein zur Bewältigung dieser Herausforderung bei. Es wurde ein methodisches Vorgehen entwickelt, um die bereits bestehenden Teile eines umfassenden Ressourcenmanagements der Stadt Wien (z.B. Oberflächengewässer, Boden, Klimaschutz) mit dem Aufgabenkreis Materialmanagement zu ergänzen. Ein weiterer wesentlicher Impuls dieses Projektes war das Setzen konkreter Schritte für die Umsetzung der Ergebnisse in der Stadt Wien.

1.1 Stand des Wissens

Urbaner Metabolismus

Um den Ressourcenbedarf von Städten zu kennen und möglichen Auswirkungen auf Umwelt und menschliche Gesundheit entgegenwirken zu können, wird seit einigen Jahrzehnten der Metabolismus von Städten in Form von Input-Outputanalysen erforscht. Grundsätzlich bestehen zwei unterschiedliche Ansätze den Materialhaushalt von Regionen zu untersuchen:

- **Die Synthese:** Materialflüsse werden zu „Megaflüssen“ summiert, um beispielsweise den Gesamtbedarf an materiellen Ressourcen zu berechnen (Materialintensitäten bzw. MIPS [Schmidt-Bleek, 1994] oder TMR - Total Material Requirement [Adriaanse et al., 1997], [Eurostat, 2001], [Schandl et al., 2002], [Fischer-Kowalski & Haberl, 1993], u.a.) und Konzepte zu dessen Reduktion zu verfolgen (z.B. Entkopplung des Materialbedarfs vom Wirtschaftswachstum, Faktor 4 [Wezsäcker et al., 1995], Faktor 10 [Schmidt-Bleek, 1998]).
- **Die Analyse:** Materialflüsse werden in ihre chemischen Bestandteile - also in Stoffflüsse – zerlegt, um beispielsweise Rohstoffpotenziale oder Gefahrenpotenziale für Mensch und Umwelt aufzuzeigen und um Maßnahmen für ein verträgliches Management abzuleiten (z.B. [Lohm et al., 1994], [Bergbäck et al., 1989], [Brunner et al., 1990], [Voet & Kleijn, 1998], [Daxbeck et al., 1994], [Obernosterer et al., 2001]).

Materialhaushalt der Stadt Wien

In einer Reihe von Studien wurde der Stoffhaushalt der Stadt Wien untersucht (siehe z.B. [Daxbeck et al., 1996], [Paumann et al., 1997], [Obernosterer et al., 1998], [Daxbeck et al., 2001]) und im Besonderen das Phänomen der Akkumulation von Materialien erforscht [Daxbeck et al., 1996]: Im Jahr 1991 waren pro Einwohner insgesamt 350 Tonnen fester Materialien akkumuliert. Dieses Lager an Ressourcen wächst um 1-3 % pro Jahr. Durch dieses kontinuierliche Wachstum steigen einerseits das Potenzial der Rückgewinnung von Materialien und andererseits die Auswirkung von Emissionen, die aus der Nutzung dieser Ressourcen resultieren. Die Emissionen stammen aus vielen, teilweise schwer identifizierbaren und verstreuten Quellen und werden daher auch als diffuse Emissionen bezeichnet. Auf die vielen anderen Erkenntnisse, die aus den Stoffhaushaltsstudien hervorgegangen sind wird im Folgenden nur insofern eingegangen, als es für die Zielerreichung der vorliegenden Arbeit relevant ist.

Punktförmige Emissionen versus diffuse Emissionen

Die größten Erfolge im Umweltschutz in den vergangenen Jahrzehnten waren drastische Reduktionen punktförmiger Emissionen aus dem Produktions- und Entsorgungssektor, die mittels Einsatz effizienter Filterstrategien erzielt wurden. Ein bedeutendes gegenwärtiges Aufgabengebiet des Umweltschutzes sind Emissionen aus der Nutzung von Ressourcen (z.B. Studien der KEMI in Schweden [Lighthart et al., 2001], eigener Fachbereich in der U.S. Environmental Protection Agency [EPA, 2004], jährliche internationale Konferenzen [Bruen, 2004], etc.). Durch steigenden Materialkonsum und wachsende Materiallager können diffuse Emissionsquellen größere Umweltbelastungen als punktförmige Emissionsquellen verursachen [Bergbäck et al., 1989], [Lohm et al., 1994]. Eine Lösung des Problems mit klassischen end-of-pipe Technologien ist meist nicht möglich. Hier ist langfristige, vorsorgende Planung und frühzeitige Steuerung notwendig, um die Nutzung und Schonung von Ressourcen verträglich und nachhaltig zu gestalten.

Auch von der EU-Kommission werden diffuse Emissionen thematisiert [Mitteilung (EG) 572, 2003] und deren Auswirkungen auf Oberflächengewässer untersucht [Thornton et al., 2001]. Letztere Studie empfiehlt die Einbeziehung von Kupfer und Zink in die EC-Liste prioritärer Wasserschadstoffe. Sie nennt als Schwerpunkt von Maßnahmen die Reduktion von Kupfer- und Zinkeinträgen in die Umwelt. Als Ansatzpunkt von Maßnahmen werden die größten Schadstoffquellen, im Besonderen die diffusen Quellen genannt. Es wird prognostiziert, dass der Beitrag der Privathaushalte an der Schadstofffracht im kommunalen Abwasser zukünftig steigt und daher industrielle und gewerbliche Quellen - relativ gesehen - weniger wichtig werden.

Diffuse Metallemissionen in Städten

Diffuse Emissionen von urbanen Regionen wurden bereits in mehreren europäischen Städten untersucht. Impuls gebend für diese Studien war zumeist eine bedenkliche Anreicherung von Schadstoffen in Umweltmedien, wie z.B. im Boden, in Sedimenten oder in Oberflächengewässern. Um Schritte zur Lösung dieser Problematik einzuleiten, wurde als Grundlage oftmals eine Stoffbilanz durchgeführt. Dadurch konnten einerseits die Ursachen identifiziert und andererseits effiziente Maßnahmen entwickelt werden. Eine wesentliche Maßnahme war die Reduktion diffuser Emissionen mittels Einschränkung der Verwendung exponierter Baumaterialien.

In der Region Stockholm wurde durch eine Kupferbilanz festgestellt, dass die Korrosionsfrachten der Kupferdächer der Stadt hauptverantwortlich für die Kupferanreicherung in den umliegenden Meeressedimenten sind [Burström et al., 1997]. Als Konsequenz daraus, ergriff die Stadtverwaltung Maßnahmen, um den Einsatz von Kupferblech (und Zinkblech) als Baumaterial für Fassaden und Dachdeckung bei Neu- und Umbauarbeiten zu minimieren [Mohlander, 2003].

Auch in Holland wurden Metallemissionen untersucht. Da die Deponierung von stark mit Zink belasteten Sedimenten etwa die 10-fachen Kosten verursacht als von weniger belasteten Sedimenten und weil als Hauptquelle der Zinkfrachten die diffusen Emissionen von Dachdeckung und Regenrinnen aus Zinkblech identifiziert wurden, erließ die Stadt Amsterdam für Neubauten und Umbauten ein Einsatzverbot für unbeschichtete Zinkdachdeckungen [Gouman, 2004].

Neben metallischen Dachdeckungen wurde als weiteres typisches Beispiel, bei dem bereits eine Umweltgefährdung nachgewiesen werden konnte, bleiummantelte Energieträgerkabel erkannt [Oberosterer & Brunner, 2001].

1.2 Ziele und Fragestellungen

Das Ziel des Projektes ÖKOPOLIS ist es, die flächenhaften diffusen Metalleinträge aus einem ausgewählten Siedlungsgebiet der Stadt Wien in die Umwelt, am Beispiel der Stoffe **Kupfer, Zink, Aluminium und Blei**, zu erheben und Vorschläge zu einer Minimierung der Stoffflüsse zu erarbeiten. Auf Basis der Stoffflussanalyse soll eine Methodik erarbeitet werden, um diffuse Metallemissionen aus Siedlungsgebieten zu erfassen und frühzeitig unverträgliche Stoffflüsse zu identifizieren (Stoffmanagementstrategie und Frühwarnsystem). Weiters sollen erste Schritte für die Implementierung der Ergebnisse im Ressourcenmanagement für die Stadt Wien - Teilbereich „Schadstoffe - Metalle“ - gesetzt werden und damit ein Beitrag zur ökologischen Dimension der nachhaltigen Entwicklung geleistet werden.

1.3 Methodik

Erfassung

Mittels der Methodik der Stoffflussanalyse [Baccini & Brunner, 1991], [ÖWAV, 2003] wurden die Metallflüsse und -lager in einer typischen Wiener Wohnsiedlung erfasst. Die Datenerhebung erfolgte durch Auswertung von Planungsunterlagen (für Materiallager) und durch eine Literaturrecherche (für Emissionen).

Die Grundlage für die Auswahl der Prozesse, Güter und Metalle wurde durch eine Grobanalyse von Metalleinträgen in das Abwasser der Stadt Wien geschaffen. Das System der Stoffflussanalyse wird durch die Grundstücksgrenze einer mehrgeschossigen Wohnsiedlung in gekoppelter Bauweise räumlich fixiert. Die zeitliche Grenze entspricht einem Jahr in der Nutzungsperiode der Bauwerke. Das System wurde auf eine überschaubare Siedlung eingeschränkt, um die einzelnen Planungsentscheidungen und beteiligten Akteure hinsichtlich Entwicklung von Managementszenarien und Maßnahmen zu untersuchen.

Das System enthält die Prozesse Gebäudehülle, Sanitärinstallationen, Ver- und Entsorgungsnetze, versiegelte und unversiegelte Flächen und Außenanlagen. Die bilanzierten Güter sind Abschwemmungen von Gebäudehülle, Sanitärinstallationen und Außenanlagen, atmosphärische Deposition, Abrieb aus dem Straßenverkehr sowie Migration von erdverlegten Leitungsnetzen. Die Stofflager und -flüsse von Kupfer, Zink, Aluminium und Blei wurden als chemische Elemente und ohne Berücksichtigung der molekularen Verbindungen untersucht. Das System ist in Abbildung 5-3 und vereinfacht in Abbildung 1-5 dargestellt.

Bewertung

Der Zweck der Bewertung für die vorliegende Studie liegt in der Identifikation problematischer Einsatzgebiete und der Abschätzung eines verträglichen Ausmaßes der Verwendung der untersuchten Baumaterialien. Dabei galt es, ein allgemein gültiges Vorgehen zur Bewertung diffuser Verluste aus Siedlungen (Gebäude und Ver- und Entsorgungsnetze) zu entwickeln. Die untersuchte Siedlung selbst diente dabei als „case study“ um dieses Vorgehen zu entwickeln. Es ist jedoch nicht Ziel der Studie diese Siedlung für sich zu beurteilen.

In die Beurteilung gehen regionale gesellschaftliche Wertevorstellungen insofern ein, als die Berechnung der kritischen Flüsse über Grenzwerte und Richtwerte erfolgt. Sollten Grenzwerte aufgrund von Nachhaltigkeitsaspekten in Zukunft verändert werden, müsste die Bewertung aktualisiert werden. Die Studie stützt sich demnach auf aktuelle Grenz- und Richtwerte deren Höhe im Zuge der Studie nicht hinterfragt wurde.

Für die Bewertung von Stoffbilanzen existiert eine Vielzahl von Methoden (siehe z.B. [Heijungs et al., 1992], [Schmidt-Bleek, 1994], [Rees & Wackernagel, 1994], [Brunner & Rechberger, 2003] etc.). Für die Bewertung der Auswirkungen diffuser Emissionen wurde eine „Schwächenanalyse“ durchgeführt, die bestehende Ansätze aufgreift [Obernosterer & Brunner, 2001], [Obernosterer, in Bearbeitung], diese konkretisiert und ergänzt:

- Ansatz der Richt- und Grenzwerte: Die Einhaltung folgender Orientierungswerte und gesetzlichen Grenzwerte wurde zur Bewertung herangezogen:
 - Trinkwasserverordnung [BGBl II 304, 2001]
 - WHO-Trinkwasserleitlinien (Entwurf) [WHO, 2003]
 - IEV - Indirekteinleiterverordnung [BGBl II 222, 1998]
 - AAEV - Allgemeine Abwasseremissionsverordnung [BGBl II 186, 1996]
 - Europäische Wasserrahmenrichtlinie [Richtlinie (EG) 60, 2000], [Entscheidung (EG) 2455, 2001]
 - Qualitätsziele für chemische Stoffe in Oberflächengewässern [Wimmer et al., 2003]
 - Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden [ÖN L 1075, 1993]
 - Orientierungswerte für Schadstoffgehalte im Oberboden für landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzungen sowie nicht-agrarische Nutzungen [ÖN S 2088-2, 1993]
 - GSwV - Grundwasserswellenwertverordnung [BGBl I 502, 1991].
- Vergleich von Emissionsquellen: Die bilanzierten diffusen Metallemissionen der Wohnsiedlung wurden anderen diffusen und punktförmigen Emissionsquellen der Stadt gegenübergestellt (Emissionen aus der Aktivität Ernährung und Reinigung, dem Straßenverkehr, der Restmüllverbrennung und der kommunale Abwasserreinigung). Dieser Vergleich lässt zwar keine direkte Umweltbewertung zu, ergibt aber einen Indikator, welchen Stellenwert verschiedene Quellen im städtischen Metabolismus einnehmen.
- Stoffflussszenarien:
 - Szenario 1 - Intensiver Metalleinsatz: Um die Herkunft von bedenklichen diffusen Emissionen zu identifizieren wurde für Zink, Kupfer, Blei und Aluminium jeweils ein Referenzszenario mit intensivem, d.h. größtmöglichem Metalleinsatz in der untersuchten Wohnsiedlung bilanziert. Dabei wurden die bestehenden Ausmaße der Siedlung aus der Datenerhebung (Leitungslängen, Dachflächen etc.) herangezogen und angenommen, dass Dachdeckung, Regenablauf, Sanitärtechnik und Fassade aus jeweils einem Metall (bspw. Kupfer) ausgeführt wurden. Ein intensiver Metalleinsatz bedeutet einen größtmög-

lichen Einsatz von Metallen, wie es beispielsweise bei Objektbauten tatsächlich der Fall sein kann.

- Szenario 2 - Unterschiedliches Regenwassermanagement: Szenario 2 diente um den Einfluss unterschiedlicher Regenwasserableitungssysteme zu prüfen. Es wurden Trennkanalisation, oberirdische Versickerung und Schachtversickerung mit unterschiedlichen Filtertechnologien untersucht.
- Ansatz verträglicher Grenzfrachten: In Anlehnung an die Konsistenzstrategie, die das Ziel verfolgt anthropogene Materialflüsse ökologisch verträglich zu gestalten [Huber, 1995], werden qualitative und quantitative Beschränkungen anthropogener Umwelteinträge festgelegt, sodass die lokale Assimilationsfähigkeit der Natur (ACC – Appropriate Carrying Capacity [Rees, 1992]) nicht überschritten wird. Die höchst möglichen diffusen Emissionen, die sich ohne negative Auswirkungen in die umgebende Natur einfügen lassen, werden als verträgliche Grenzfrachten (VG) bezeichnet.

Für die Bestimmung der VG wurden die Emissionsfrachten während der gesamten Lebenszeit der Bauwerke (80 Jahre) simuliert, die letzten Senken der Stoffflüsse erhoben und mit aktuellen Richt- und Grenzwerten verglichen. Um „kurzfristigere“ Auswirkungen zu erfassen, wurde in einigen Fällen auch mit einem Zeithorizont von 40 Jahren gerechnet. Die Berechnung erfolgte für:

- Einleitung in den Mischkanal: Mittels AAEV-Grenzwerten
- Einleitung in den Trennkanal: Mittels AAEV-Grenzwerten und Transferkoeffizienten für kommunale Kläranlagen
- Versickerung: Mittels Orientierungswerten für Pflanzenverträglichkeit des Erdreichs [ÖN S 2088-2, 1993], [ÖN L 1075, 1993] und mittlerer derzeitiger Bodenbelastung in Wien

Die Genauigkeit der berechneten VG variiert stark: Für den Erdboden wurde eine ausreichende, für Grundwasser und Oberflächengewässer nur eine geringe Genauigkeit erzielt, da die lokal sehr unterschiedlichen Bodenverhältnisse für die Grundwasserbelastung eine wesentliche Rolle spielen bzw. der anthropogene Einfluss auf die Donausedimente zumeist nicht eindeutig feststellbar ist [Kavka et al., 2000]. Aufgrund der Einhaltung bzw. Überschreitung der VG für Vorfluter und Boden wurden harmlose bzw. bedenkliche Quellen diffuser Metallemissionen bestimmt.

Dieser Ansatz geht davon aus, dass die Einhaltung der Grenz- und Richtwerte im Zeitraum der Produkt- bzw. Gebäudenutzungsdauer (80 Jahre) den Kriterien der ökologischen Dimension der nachhaltigen Entwicklung entspricht. In der Literatur sind dazu durchaus auch andere Standpunkte nachzulesen. Die Festlegung welche Werte die Stadt Wien in ihren Umweltmedien tatsächlich zulassen möchte sollte im Zuge des Ressourcenmanagements transdisziplinär und partizipativ festgelegt werden (siehe Tabelle 11-2, Schritt 5).

Steuerung

Zur Steuerung wurde ein methodisches Vorgehen entwickelt, welches in Verbindung mit den Schritten „Erfassung“ und „Bewertung“ einen weiteren Baustein für die Implementierung eines Ressourcenmanagements bildet. Als Grundlage zur Entwicklung von Management Szenarien diffuser Emissionen wurden die identifizierten Problemfelder mit geltenden Regelungen, beteiligten Akteuren, dem Stand der Technik und laufenden Managementprogrammen und Aktionen verknüpft.

Kernelement der Steuerung ist die Partizipation von relevanten Akteuren an der Entwicklung von Managementszenarien und Handlungsempfehlungen. Mit Praktikern aus dem Baugewerbe und Kernakteuren bzw. Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Verwaltung wurden gezielte Interviews durchgeführt um Erfahrungen und Informationen auszutauschen und ein Stimmungsbild bezüglich Realisierung von Maßnahmen zu erlangen. Auf Basis dieser Konsultationen und der Mitberücksichtigung laufender Programme und Strategien wurden Managementszenarien zum Schutz von Ressourcen vor diffusen Schadstoffeinträgen entwickelt. Weiters wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet und in einzelnen Bereichen bereits eine Implementierung der Ergebnisse bewirkt.

1.4 Resultate

Die folgenden zwei Unterkapitel beschäftigen sich mit wichtigen Zusammenhängen die bei der Erfassung der Grundlagen zu dieser Studie hervorgetreten sind. Anschließend werden die Ergebnisse der Stoffbilanz dargestellt. Aufbauend auf der Datenauswertung der Stoffbilanz werden in der Folge sowohl problematische als auch unproblematische Einsätze von Metallen in Siedlungen diskutiert. Abschließend werden in diesem Kapitel Umsetzungsmöglichkeiten dargestellt.

1.4.1 Differenzierung zwischen Korrosions- und Abschwemmraten

Im Zuge der Literaturlauswertung bezüglich Umweltbelastungen als Folge von Korrosionsvorgängen einzelner Metalle wurde festgestellt, dass Erkenntnisse auf dem Gebiet der Materialwissenschaften noch nicht allgemein bekannt sind. Es besteht ein Informationsbedarf über grundlegende Zusammenhänge zwischen dem Zusammenspiel aus atmosphärischer Korrosion und Erosion und den dadurch verursachten Emissionen. In der Literatur werden Berechnungen zur Abschätzung diffuser Stofffrachten teilweise mit Korrosionsraten und teilweise mit Abschwemmraten durchgeführt.

Die wichtigsten Punkte für ein Verständnis der Zusammenhänge sind:

- Die Umweltbelastung wird nicht durch jährliche Korrosionsraten sondern durch jährliche Abschwemmraten bestimmt [Faller, 2001]. Wie Abbildung 1-1 zeigt, ist der Unterschied zwischen Korrosionsrate und Abschwemmraten vor Allem in der Anfangsphase der Nutzung relevant. In dieser Zeit werden nicht 100%, sondern etwa 20 % der Kupfer-Korrosionsprodukte und etwa 70 % der Zink-Korrosionsprodukte abgeschwemmt.
- Die jährlichen Abschwemmraten sind zeitlich nahezu konstant, d.h. das Alter von Dachblechen hat keinen Einfluss auf die Emissionen [Faller, 2001], [He, 2002], [Pohl & Behr, 1999] (siehe Abbildung 1-1).
- Vorbewitterte Bleche haben gleich hohe Abschwemmraten wie walzblanke Bleche. Industriell vorbereitete Bleche können in den ersten Jahren höhere Abschwemmraten als walzblanke Bleche aufweisen [Faller, 2001].
- Vertikale Bleche (Fassadenverkleidungen) weisen eine bedeutend geringere Abschwemmraten (etwa ein Sechstel) als horizontale Bleche auf [Frenzel et al., 2001].
- Korrosionsraten und Abschwemmraten nahmen in den letzten Jahrzehnten durch die Verbesserung der Luftqualität – im Besonderen durch die Reduktion der SO₂-Konzentration - vielerorts stark ab [Swedish Corrosion Institute, 2001], [Orzessek et al., 1996], [Odnevall Wallinder et al., 1998] (siehe Abbildung 1-2).

- Während einem einzelnen Regenereignis ist die abgeschwemmte Metallfracht unabhängig von der Niederschlagsmenge jedoch stark abhängig von der Länge der vorigen Trockenperiode [Frenzel et al., 2001]. Über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre) betrachtet, gleicht sich die abgeschwemmte Metallmenge pro Niederschlagsmenge jedoch aus.
- Während einem einzelnen Regenereignis wird die größte Fracht in der Anfangsphase (First-Flush) abgeschwemmt [Frenzel et al., 2001].

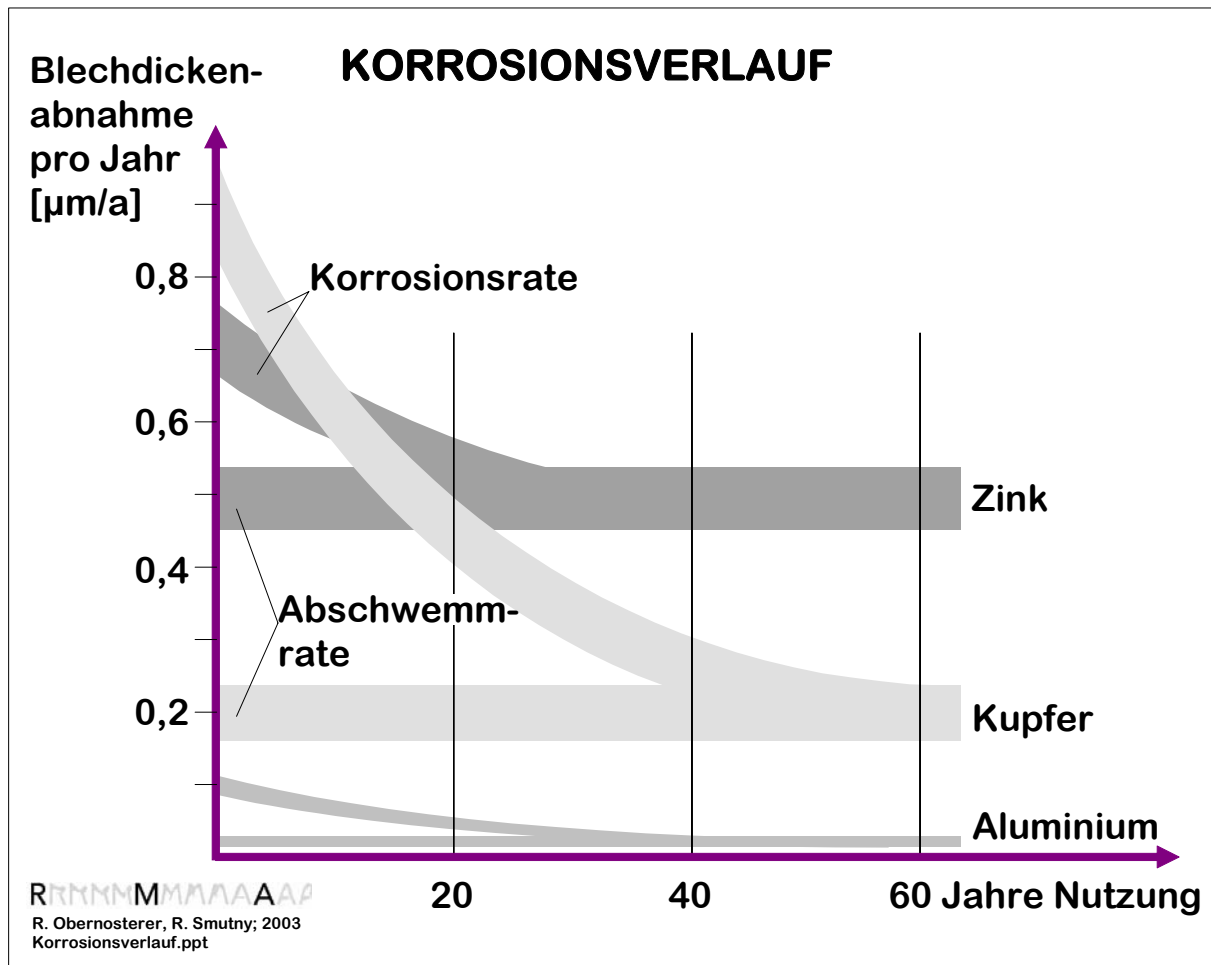


Abbildung 1-1: Zeitlicher Verlauf der Korrosions- und Abschwemmrate von Dachdeckungen aus Zink-, Kupfer- und Aluminiumblech (für Österreich und die Schweiz). Datenquelle: [Faller, 2001] und eigene Berechnungen.

Die Abbildung 1-1 zeigt das Verhältnis von Abschwemmrate zu Korrosionsrate im Verlauf der Nutzungszeit. Zu Beginn der Nutzung ist das Verhältnis bei Kupferblechen deutlich höher als bei Zinkblechen. Dies bedeutet, dass bei Kupferblechen ein größerer Anteil der Korrosionsprodukte als widerstandsfähige Korrosionsschicht am Bauwerk verbleibt. Der Zeitpunkt, ab dem die Korrosionsrate gleich der Abschwemmrate ist, kann nicht genau angegeben werden, liegt jedoch bei Zink deutlich früher als bei Kupfer (etwa 50 Jahre Nutzung [Faller, 2001]).

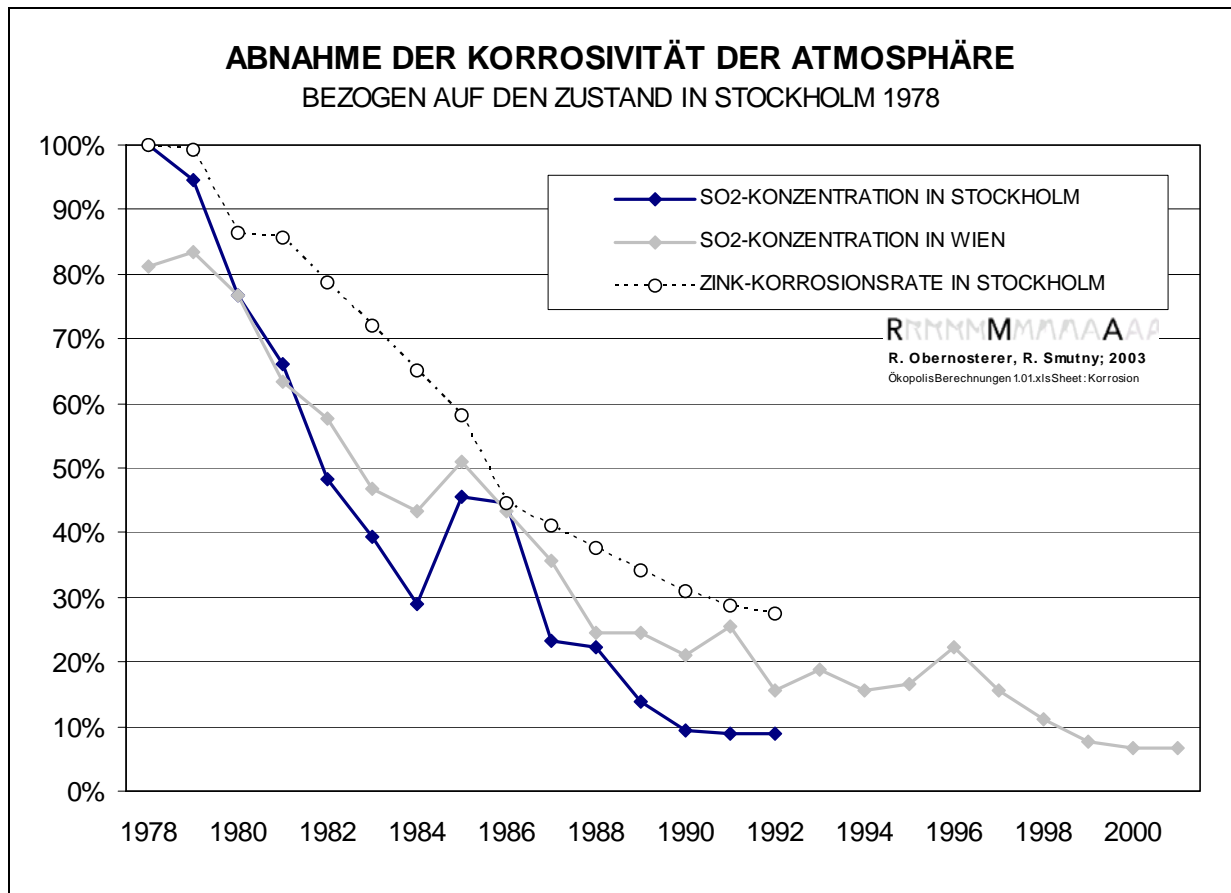


Abbildung 1-2: Verringerung der Korrosionsgeschwindigkeit von Zink in Abhängigkeit des SO₂-Gehaltes der Luft (Stockholm: [Orzessek et al., 1996]; Wien: [Augustyn & Riess, 2003])

Abbildung 1-2 zeigt die Korrelation der Schwefeldioxid-Konzentration der Atmosphäre mit der Korrosionsrate von exponierten Zinkblechen, die beide in den letzten Jahrzehnten auf ein Bruchteil der Werte des Jahres 1978 gesunken sind. Da die Entwicklung der Schwefeldioxid-Konzentration in der Stadt Wien einen ähnlichen Verlauf wie in Stockholm aufweist, kann davon ausgegangen werden, dass für die Zink-Korrosionsrate selbiges gilt.

1.4.2 Einfluss des Regenwassermanagements auf die Bewertung

Ob diffuse Emissionen von Gebäudehülle, Außenanlagen und versiegelten Flächen harmlos oder bedenklich für die Umwelt sind, ist stark abhängig vom lokalen Regenwassermanagement. Im Zuge der Bewertung der letzten Senken wurden unterschiedliche Möglichkeiten der Behandlung des Regenwassers im Siedlungsgebiet betrachtet (Szenario 2) und prinzipielle Vor- und Nachteile für die Umwelt erkannt (siehe Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Vor- und Nachteile von unterschiedlichem Regenwassermanagement bei metallischer Dachdeckung

REGENWASSER-MANAGEMENT	PRO	KONTRA
Versickerung	Bevorzugtes Wassermanagement der Stadt Wien [MA30, 2001], um das Grundwasserreservoir zu erhalten und um das häusliche Schmutzwasser nicht zu verdünnen. Abwassermenge der untersuchten Wohnsiedlung kann um etwa 10 % gesenkt werden.	Möglicher Stoffeintrag in den Oberboden, einer knappen natürlichen Ressource. Nach Gebäudenutzung ist der Boden gegebenenfalls auszutauschen und auf einer Baurestmassen- oder Massenabfalldeponie zu entsorgen. Weiters besteht die Gefahr von Bauwerksschäden durch erhöhten Grundwasserspiegel.
Filterung und Versickerung	Bevorzugtes Wassermanagement (siehe oben). Zurückhaltung der Abwasserinhaltsstoffe möglichst unmittelbar am Ort der Entstehung. Der Abscheidegrad der Filter für Metalle ist meist höher als bei kommunalen Kläranlagen.	Problematische Belastung des Bodens möglich. Folgeprobleme der Filterstrategie, d.h. der Filter ist zu entsorgen. Größerer Aufwand für viele dezentrale Filter anstatt für einen zentralen Filter (= ARA). Der Filter ist regelmäßig zu prüfen und auszutauschen (Austausch alle 3-15 Jahre). Erschöpfung der Filterkapazität erfolgt „plötzlich“ (d.h. dann geht fast 100 % der Stofffracht hindurch). Weiters besteht die Gefahr von Bauwerksschäden durch erhöhten Grundwasserspiegel.
Kanaleinleitung	Schonung des Bodens (lokal). Zentrale Reinigung in Kläranlage. Kostenersparnis durch wegfallende Filtererhaltungsarbeiten.	Flächenversiegelung. Von der eingeleiteten Stofffracht belasten 10-50 % den Vorfluter (Fließwasser und Sedimente). Schadstoffbelastung des Klärschlammes

Eine weitere mögliche Technologie wäre eine kombinierte Versickerung und Kanalisation (qualifiziertes Mischsystem). Dabei wird der erste Anteil des Niederschlagablaufs („first-flush“), welcher die größten Metallfrachten mit sich führt, in die Mischkanalisation abgeleitet und der Rest der Versickerung zugeführt. Dies könnte beispielsweise eine interessante Lösung für bestehende Gebäude mit metallischer Gebäudehülle sein, welche von Kanaleinleitung auf Versickerung umsteigen wollen.

1.4.3 Ergebnisse der Stoffbilanz

Die Ergebnisse gelten für die Region Wien sowie für Regionen mit ähnlichen Klima- und Umweltbedingungen (d.h. Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Zusammensetzung von Atmosphäre und Boden, etc). Die Ergebnisse repräsentieren nicht die Bewertung einer individuellen Siedlung, sondern dienen als Diskussionsgrundlage für ein Umsetzungskonzept, der Identifikation problematischer Einsatzgebiete, der Abschätzung eines verträglichen Ausmaßes der Verwendung der untersuchten Baumaterialien und der Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise zur Erfassung und Steuerung diffuser Stoffverluste.

Die Berechnung erfolgte anhand von Daten der Objekte einer spezifischen Siedlung. Dabei handelt es sich um mehrstöckige Geschößbauten. Zur Interpretation wurden die Ergebnisse so weit wie möglich in allgemein gültige Kernaussagen übergeführt. Für andere Rahmenbedingungen (z. B. für Einfamilienhäuser, andere Bodenverhältnisse, etc.) trifft die Tendenz der Aussagen dieser Studie ebenso zu. Für „exakte“ Ergebnisse sind jedoch nach dem in dieser Studie vorgestellten methodischen Vorgehen die Werte neu zu ermitteln.

In Abbildung 1-3 sind die Ergebnisse der Stoffbilanz (Ist-Werte und die maximal Werte diffuser Emissionen des bilanzierten Siedlungsgebietes) sowie die Werte anderer Emissionsquellen zusammengefasst.

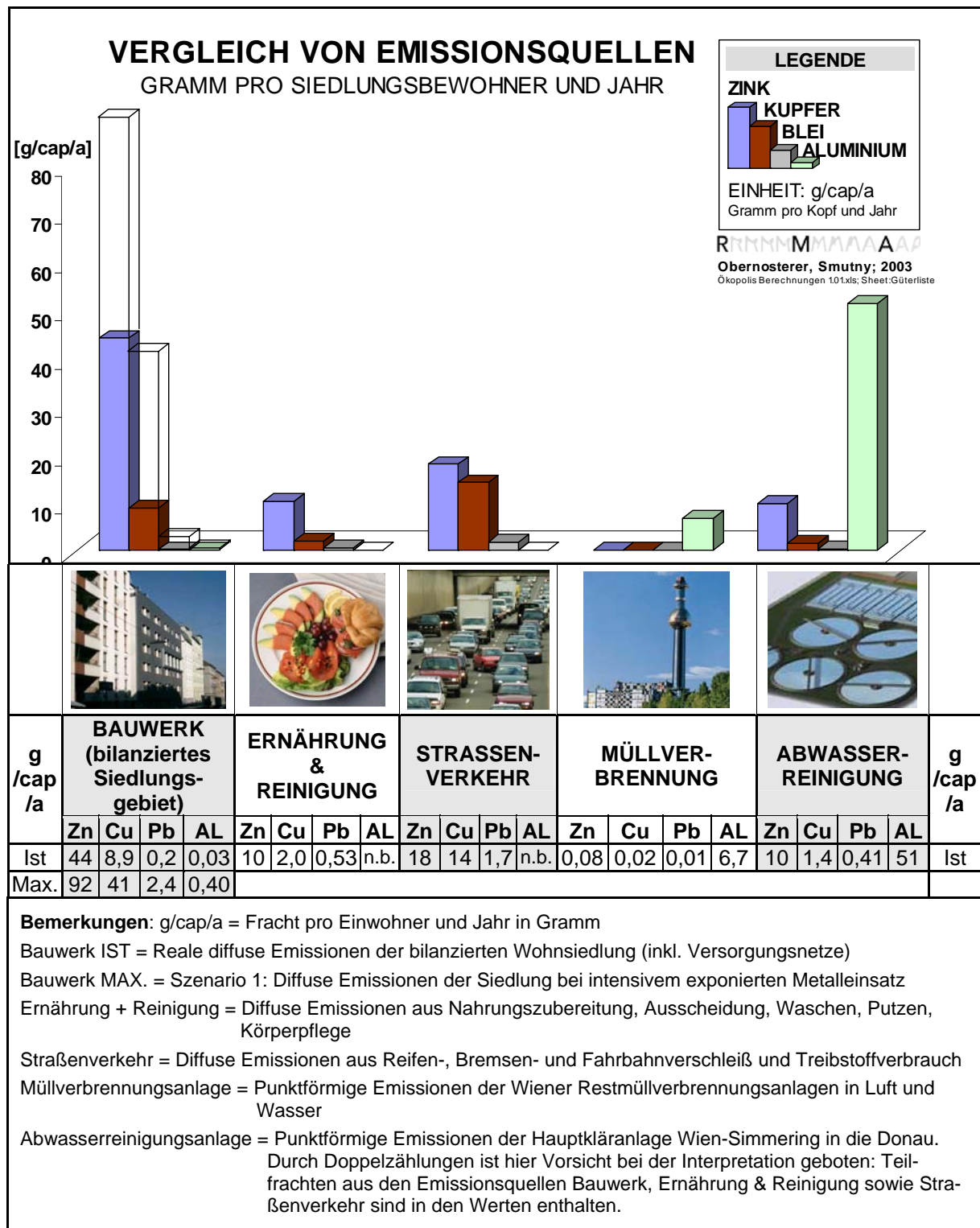


Abbildung 1-3: Vergleich der bilanzierten Emissionen mit anderen diffusen und punktuellen Emissionsquellen. Die Werte stellen jeweils die Summe der Emissionen in die Zielprozesse Boden, Wasser, Luft und Deponie dar.

1.4.4 Interpretation der Ergebnisse - Bewertung

1.4.4.1 Diffuse Zinkemissionen

Die wichtigsten Quellen diffuser Zinkemissionen aus Wohnsiedlungen (siehe Tabelle 1-5) sind einerseits exponierte unbeschichtete Zinkbleche (walzblank oder vorpatinierte Bleche aus Feinzink oder Titanzink) und verzinkte Stahlbleche für Dachdeckungen, Fassadenverkleidungen, Regenrinnen und Regenabfallrohre und andererseits verzinkte Stahlrohre für Trinkwasserleitungen. Auch verzinkte Stahlteile für Trennwände oder Geländer auf Dach, Balkon oder Hofterrasse können eine relevante Quelle darstellen, da im Zuge der Erneuerung des Korrosionsschutzes durch das Abschleifen des Altanstriches (üblicherweise mit Zinkpigmenten) bedeutende Zinkfrachten in die Umwelt gelangen können.

Der Vergleich der Emissionsquelle Wohnsiedlung mit anderen Zinkquellen zeigte, dass Bauwerke zu den wichtigsten Verursachern von Zinkfrachten im Abwasser zählen (siehe Abbildung 1-3). Eine weitere bedeutende Emissionsquelle ist der Straßenverkehr, der durch den Abrieb von Reifen Zinkoxid freisetzt. Die pro Kopf Emissionsfrachten aus den diffusen Quellen - Wohnsiedlung und Straßenverkehr – liegen um jeweils etwa 2 Größenordnungen über den Emissionsfrachten aus den punktuellen Quellen der Wiener Müllverbrennung.

Der Grenzwert der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV) für den Zinkeintrag in die Kanalisation (2 mg/L) wird selbst bei intensivem Zinkeinsatz in Wohnsiedlungen (Szenario 1) eingehalten (siehe Tabelle 1-2). Sobald jedoch mehr als etwa 20 % der Dachfläche mit unbeschichtetem Zinkblech gedeckt werden, liegt die mittlere jährliche Zinkkonzentration im Teilabwasserfluss Dachablauf höher als der AAEV Grenzwert (der auch für Teilabwasserströme gilt). Bei relativ großen Siedlungen (> 1500 Wohnungseinheiten) mit intensivem Zinkeinsatz (Dachdeckung, Trinkwasserleitungen; Szenario 1), kann das eingeleitete Abwasser die maximale tägliche Zinkfracht (1000 g/d) laut Indirekteinleiterverordnung (IEV) überschreiten.

Ein intensiver Zinkeinsatz in Wohnsiedlungen (Szenario 1) kann bei Kanalisation (insbesondere bei Trennkanalisation) zu einer Gefährdung der Einhaltung der Qualitätsziele [Wimmer et al., 2003] für Oberflächengewässer führen (siehe Tabelle 1-3). Bei Versickerung des Dachablaufs (Szenario 2) kann sowohl der Orientierungswert für pflanzenverträglichen Boden als auch der Grenzwert der Grundwasserswellenwertverordnung und der Grenzwert für die Ablagerung des kontaminierten Erdreichs auf einer Bodenaushubdeponie bzw. einer Baurestmassendeposition überschritten werden.

Die Materialverluste von Zinkdächern betragen etwa 5 % im Zeitraum der Nutzungsdauer der Gebäude (80 Jahre).

Ein verträglicher Stoffeinsatz (siehe Tabelle 1-5) wäre eine Zinkdachdeckung in einem Ausmaß von weniger als etwa 20 % der Dachfläche bei Mischkanalisation des Dachablaufs bzw. etwa 8 % bei Trennkanalisation des Dachablaufs (Szenario 2) bzw. etwa 10 % bei oberirdischer Versickerung des Dachablaufs ohne Filter (Szenario 2).

1.4.4.2 Diffuse Kupferemissionen

Die wichtigsten Quellen diffuser Kupferemissionen aus Wohnsiedlungen (siehe Tabelle 1-5) sind einerseits exponierte unbeschichtete Kupferbleche (walzblank oder vorpatiniert) für

Dachdeckungen, Fassadenverkleidungen, Regenrinnen und Regenabfallrohre und andererseits Kupferrohre für Trinkwasserleitungen.

Der Vergleich der Emissionsquelle Wohnsiedlung mit anderen Kupferquellen zeigte, dass Bauwerke zu den wichtigsten Verursachern von Kupferfrachten im Abwasser zählen (siehe Abbildung 1-3). Eine weitere bedeutende Emissionsquelle ist der Straßenverkehr, der durch den Abrieb von Bremsbelägen Kupfer freisetzt. Die pro Kopf Emissionsfrachten aus den diffusen Quellen - Wohnsiedlung und Straßenverkehr – liegen um jeweils etwa 2 Größenordnungen über den Emissionsfrachten aus den punktuellen Quellen der Wiener Müllverbrennung.

Der Grenzwert der AAEV für den Kupfereintrag in die Kanalisation (0,5 mg/L) wird bei intensivem Kupfereinsatz in Wohnsiedlungen - im Besondern für Trinkwasserleitungen (Szenario 1) - überschritten (siehe Tabelle 1-2). Für den Teilabwasserfluss Dachablauf gilt, dass sobald mehr als etwa 15 % der Dachfläche mit unbeschichtetem Kupferblech gedeckt werden, die mittlere jährliche Kupferkonzentration im Teilabwasserfluss Dachablauf höher als der AAEV Grenzwert liegt (der auch für Teilabwasserströme gilt). Bei relativ großen Siedlungen (> 1500 Wohnungseinheiten) mit intensivem Kupfereinsatz (Trinkwasserleitung und Dachdeckung; Szenario 1), kann das eingeleitete Abwasser die maximale tägliche Kupferfracht (250 g/d) laut IEV überschreiten.

Ein intensiver Kupfereinsatz in Wohnsiedlungen (Szenario 1) kann bei Kanalisation (insbesondere bei Trennkanalisation) zu einer Gefährdung der Einhaltung der Qualitätsziele [Wimmer et al., 2003] für Oberflächengewässer führen (siehe Tabelle 1-3). Bei Versickerung des Dachablaufs (Szenario 1) kann sowohl der Orientierungswert für pflanzenverträglichen Boden als auch der Grenzwert der Grundwasserswellenwertverordnung und der Grenzwert für die Ablagerung des kontaminierten Erdreichs auf einer Bodenaushubdeponie bzw. einer Baurestmassendeponie überschritten werden.

Die Materialverluste von Kupferdächern betragen etwa 3-4 % im Zeitraum der Nutzungsdauer der Gebäude (80 Jahre).

Ein verträglicher Stoffeinsatz (siehe Tabelle 1-5) wäre eine Kupferdachdeckung in einem Ausmaß von weniger als etwa 15 % der Dachfläche bei Mischkanalisation des Dachablaufs bzw. etwa 2 % bei Trennkanalisation des Dachablaufs (Szenario 2) bzw. etwa 10 % bei oberirdischer Versickerung des Dachablaufs ohne Filter (Szenario 2).

1.4.4.3 Diffuse Bleiemissionen

Die wichtigsten Quellen diffuser Bleiemissionen aus Wohnsiedlungen (siehe Tabelle 1-5) sind exponierte unbeschichtete Bleibleche für Spezialanwendungen im Dachbereich, bleiummantelte Energieträgerkabel und PVC (mit bleihaltigen Stabilisatoren) für Trinkwasserrohre, Abwasserrohre, Regenrinnen, Regenfallrohre, Fensterprofile und Fensterbretter.

Vergleiche mit Werten aus der Literatur [Bergbäck et al., 2001] zeigen, dass in einer größeren Region als Wien die Aktivitäten „Fischen und Jagen“ durch die Verwendung von bleihaltiger Munition und Bleigewichten die wichtigste Quelle von Bleieinträgen in die Umwelt sein kann.

Die Berechnungen der Bleiemissionen aus PVC sind mit einer relativ hohen Unsicherheit behaftet, da aufgrund von Datenmangel Worst-Case-Annahmen getroffen wurden. Um abzuklären, ob exponierte PVC-Anwendungen tatsächlich die wichtigste Emissionsquelle von Neubauten darstellen, besteht Forschungsbedarf bezüglich Evaporationsraten von bleihaltigen Additiven aus Hart-PVC.

Der Vergleich der Emissionsquelle Wohnsiedlung mit anderen Bleiquellen zeigte, dass Bauwerke zu wichtigen Verursachern von Bleifrachten im Abwasser zählen können (siehe Abbildung 1-3). Eine weitere bedeutende Emissionsquelle ist der Straßenverkehr, der durch Abrieb von Reifen und Bremsbelägen sowie durch natürliche Bleigehalte in Treibstoffen Bleiverbindungen freisetzt. Die pro Kopf Emissionsfrachten aus den diffusen Quellen - Wohnsiedlung und Straßenverkehr – liegen um jeweils etwa 1-2 Größenordnungen über den Emissionsfrachten aus den punktuellen Quellen der Wiener Müllverbrennung.

Der Grenzwert der AAEV (0,5 mg/L) und der IEV (250 g/d) wird bei intensivem Bleieinsatz in Wohnsiedlungen (PVC und Spezialbleche; Szenario 1) durch die mittlere jährliche Bleikonzentration im Gesamtabwasser und im Teilabwasserfluss Dachablauf nicht überschritten (siehe Tabelle 1-2).

Ein intensiver Bleieinsatz in Wohnsiedlungen (Szenario 1) kann bei Kanalisation (insbesondere bei Trennkanalisation) den Zielen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie [Richtlinie (EG) 60, 2000] widersprechen (siehe Tabelle 1-3), die besagen, dass Maßnahmen zu setzen sind, um die Verschmutzung von Oberflächengewässern durch prioritäre Stoffe schrittweise zu reduzieren und die Einleitungen, Emissionen und Verluste prioritärer gefährlicher Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen. Blei und Bleiverbindungen zählen zu prioritären Stoffen im Bereich der Europäischen Wasserpolitik [Entscheidung (EG) 2455, 2001] und werden hinsichtlich der Einstufung als prioritäre gefährliche Stoffe noch geprüft (Entscheidung sollte bis 31.12.2003 fallen).

Bei Versickerung des Dachablaufs (Szenario 2) besteht die Gefahr der Überschreitung der Orientierungswerte für pflanzenverträglichen Boden (siehe Tabelle 1-3). Auch die Anwendung bleiummantelter Energieträgerkabel stellt eine Belastung für das Erdreich dar. Das Erdreich rund um das Kabel (etwa 0,04 m³ pro Laufmeter Kabel) wird im Laufe der Zeit mit Blei belastet, so dass die Grenzwerte für eine Ablagerung auf einer Massenabfalldeponie überschritten werden.

1.4.4.4 Diffuse Aluminiumemissionen

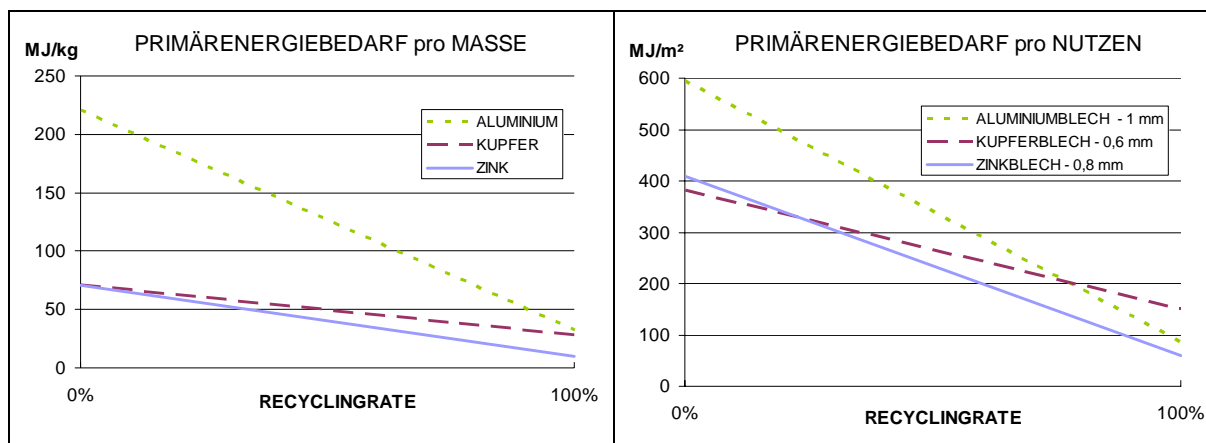
Die Bilanzen und Bewertungen zeigten deutlich, dass diffuse Aluminiumemissionen aus Bauwerken für die Umwelt verträglich sind (siehe Tabelle 1-5). Es werden alle Grenzwerte weit unterschritten und weder Grundwasser noch Boden gefährdet. Dies liegt einerseits daran, dass Aluminium in der Erdkruste das häufigste Metall ist und andererseits daran, dass die Abschwemmrate von exponiertem Aluminiumblech im Vergleich zu Blei, Kupfer und Zink sehr gering ist (etwa 2 Größenordnungen tiefer).

Die Materialverluste von unbeschichteten Aluminiumdächern betragen etwa 0,07 % im Zeitraum der Nutzungsdauer (80 Jahre) der Gebäude. Für Kupfer- und Zinkdächer beträgt dieser Wert 3-5 %.

Selbst wenn alle Wohngebäude Wiens von Sockel bis Schornstein mit Aluminium verkleidet wären, würden die Abschwemmungen nur etwa 1 % der Aluminiumfrachten im gesamten Wiener Abwasser ausmachen. Der Großteil der Aluminiumfrachten im Abwasser stammt aller Wahrscheinlichkeit nach aus natürlichen Quellen.

1.4.4.5 Primärenergieinhalte (PEI) der Metalle im Vergleich

Ein oft diskutierter ökologischer Nachteil von Aluminium ist jedoch der im Vergleich zu anderen Metallen relativ hohe Primärenergiebedarf für die Herstellung. Wichtig bei einem Vergleich des Primärenergiebedarfs mehrerer Baustoffe ist jedoch die Bezugnahme auf den Nutzen der Baustoffe und nicht auf die Masse. Bei Bezug auf den Nutzen, im vorliegenden Fall auf die Fläche (z.B. Dachdeckung) in der Einheit PEI in MJ/m², ist der Unterschied von Aluminium zu Kupfer oder Zink nicht so hoch, wie bei Massebezug in der Einheit PEI in MJ/kg (siehe Abbildung 1-4). Bei einer sehr hohen Rezyklierungsrate von Aluminium (etwa 80 %) liegt der Primärenergiebedarf etwa in selber Höhe wie bei Kupferblech (ebenfalls 80 % Rezyklierungsrate).



Datenquelle: ProBas [UBA Berlin, 2003] außer für Zink: [Krüger et al., 2001] (Mittelwerte für Sekundärzink)

Abbildung 1-4: Primärenergiebedarf von Aluminium-, Kupfer- und Zinkblechen bei unterschiedlich hohen Metallrecyclingraten. Vergleich des Bezuges auf die Masse in MJ/kg mit dem Bezug auf den Nutzen (Fläche) in MJ/m².

1.4.5 Bedenkliche und unbedenkliche diffuse Emissionen bei intensivem Metalleinsatz

Um die potenzielle maximale Größenordnung diffuser metallischer Emissionen der untersuchten Wohnsiedlung abzuschätzen, wurde ein Referenzszenario mit intensivem, d.h. größtmöglichem Metalleinsatz gerechnet (Szenario 1). Eine solche Ausführung ist zwar selten, im Objektbau oder vereinzelt auch im Hochbau durchaus praxisrelevant.

Die folgenden Tabellen zeigen potenzielle Problembereiche bei intensivem Einsatz von Zink, Kupfer, Blei oder Aluminium (Szenario 1). Tabelle 1-2 zeigt inwieweit bei Szenario 1 diffuse Emissionen über den Grenzwerten für die Abwassereinleitung in die Mischkanalisation liegen können. Tabelle 1-3 bezieht auch die letzten Senken in die Beurteilung mit ein. Sie zeigt, ob

die Einhaltung der verträglichen Grenzfrachten (Zeithorizont 80 Jahre) für Vorfluter und Boden durch häusliches Abwasser gegeben ist.

Potenzielle Problembereiche sind in den Tabellen durch hinterlegte Felder gekennzeichnet. Diese Bereiche sind bei Bauvorhaben zu prüfen um gegebenenfalls gezielte Stoffmanagementmaßnahmen einzusetzen.

Tabelle 1-2: Überschreitung der Orientierungswerte (Grenzwerte der AAEV noch nicht in Kraft gesetzt) für die Abwassereinleitung in die Mischkanalisation, bei intensivem Metalleinsatz exponierter Baumaterialien (Szenario 1)

HARMLOSE (weiße Felder) und BEDENKLICHE (dunkle Felder) DIFFUSE EMISSIONEN	Diffuse ALUMINIUM-Emissionen	Diffuse BLEI-Emissionen	Diffuse KUPFER-Emissionen	Diffuse ZINK-Emissionen
IEV Grenzwert ⁽¹⁾	kein Wert	250 g/d	250 g/d	1000 g/d
Überschreitet die <u>Fracht im Gesamtabwasser</u> den Grenzwert?	keine Angabe		zu prüfen, bei Siedlungen mit > 1500 Wohnungen	zu prüfen, bei Siedlungen mit > 1500 Wohnungen
AAEV Grenzwert ⁽²⁾	2,0 mg/L	0,5 mg/L	0,5 mg/L	2,0 mg/L
Überschreitet die <u>Konzentration im Gesamtabwasser</u> den Grenzwert?				
Überschreitet die <u>Konzentration im Dachabfluss</u> den Grenzwert?				

Bemerkung: Bedenkliche diffuse Emissionen überschreiten den Grenzwert und sind dunkel hinterlegt.

1) Maximale tägliche Frachten [g/d] für die Abwassereinleitung in die Kanalisation; abhängig von der Größe der Kläranlage. Hier: Hauptkläranlage Wien (> 500.000 EW₆₀)

2) Die angeführten Werte gelten für die Abwassereinleitung in die Kanalisation und für die Einleitung in Fließgewässer. Ausnahme: Der Aluminiumwert gilt nur für die Fließgewässereinleitung

Zu den Grenzwerten der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV) muss bemerkt werden, dass diese gültig sind, solange das Abwasser nicht aus speziell ausgewiesenen Herkunftsbereichen stammt. Für diese Bereiche sind gesonderte fachspezifische Abwasseremissionsverordnungen in Kraft oder in Entwurf. Dazu zählen unter anderem Mischwasser aus Mischkanalisationen und Niederschlagswasser aus Regenwasserkanälen. Da für diese beiden Bereiche Verordnungen zwar entworfen jedoch noch nicht umgesetzt wurden, existieren keine gültigen Grenzwerte für Niederschlagswasser und Mischwasser. Daher wurden die Grenzwerte der AAEV als Orientierungswerte herangezogen.

Tabelle 1-3: Überschreitung verträglicher Grenzfrachten für Vorfluter und Boden durch häusliches Abwasser, bei intensivem Metalleinsatz exponierter Baumaterialien (Szenario 1)

HARMLOSE (weiße Felder) UND BEDENKLICHE (dunkle Felder) DIFFUSE METALLEMISSIONEN		Diffuse ALUMINIUM Emissionen	Diffuse BLEI-Emissionen (2)	Diffuse KUPFER-Emissionen	Diffuse ZINK-Emissionen
Grenzfracht für	Regenwasser-management				
OBERFLÄCHEN-GEWÄSSER	Mischkanal				
	Trennkanal				
BODEN (1)	Muldenversickerung				
	Schachtversickerung				
	Schachtversickerung mit 95%-Filter				
	Schachtversickerung mit 98%-Filter				

Bemerkung: Bedenkliche diffuse Emissionen überschreiten den Grenzwert und sind dunkel hinterlegt.

- 1) Bei unverträglichen Bodenbelastungen kann es auch zu unverträglichen Grundwassereinträgen kommen. Dies muss anhand lokaler Bodenbeschaffenheiten geprüft werden.
- 2) Die wesentlichen Bleieinträge stammen aus PVC-Anwendungen und wurden aufgrund von Datenmangel mit Worst-Case-Annahmen berechnet. Diese Annahmen sind noch zu prüfen

Wie Tabelle 1-2 und Tabelle 1-3 zeigen, können durch intensiven Einsatz von Kupfer und Zink in Wohnsiedlungen (Szenario 1) diffuse Emissionen aus der Nutzung entstehen, die einerseits gesetzliche Grenzwerte übersteigen und andererseits eine unverträgliche Belastung für Oberflächengewässer oder das Erdreich (Szenario 2) darstellen können. Bei Versickerung des Regenwasserabflusses besteht die Gefahr der Kontamination des lokalen Erdreichs sollten exponierte Kupfer- oder Zinkbleche eingesetzt werden. Der Boden ist gegebenenfalls auszutauschen und auf einer Baurestmassen- oder Massenabfalldeponie zu entsorgen. Das Ausmaß an belastetem Erdreich bei Muldenversickerung bzw. Schachtversickerung würde in der untersuchten Siedlung etwa 3,0 m³ bzw. etwa 0,5 m³ pro Bewohner betragen (Szenario 2).

Für diffuse Bleiemissionen aus PVC ist eine mögliche Umweltbelastung nicht auszuschließen, jedoch durch weitere Studien bezüglich Evaporationsraten von Bleistabilisatoren aus PVC abzuklären. Aluminium als Baumetall verursacht selbst bei maximalem Einsatz keine problematischen diffusen Emissionen.

1.4.6 Problematische und unproblematische Einsatzgebiete hinsichtlich diffuser Emissionen

Als Übersicht zeigt die folgende Tabelle 1-4 potenzielle problematische und unproblematische Einsatzgebiete detailliert für einzelne Bauteile. Es wird in jeder Zeile der Tabelle 1-4 nur eine Anwendung untersucht. Die Bewertung jeder Anwendung erfolgte durch verträgliche Grenzfrachten, die für alle Zielprozesse bestimmt wurden (siehe Tabelle 8-3). Kombinationen von mehreren Anwendungen sind in der Tabelle nicht enthalten und müssten gesondert ausgewertet werden. Ausnahmen davon bilden die bereits vorgestellten Ergebnisse aus der untersuchten Siedlung und die Ergebnisse des Szenario 1.

Hinterlegte Felder indizieren mögliche Problembereiche. Weiße Felder bedeuten, dass der derzeitige Wissensstand eine Problematik durch diffuse Emissionen ausschließt. Die Nut-

zungszeit der Anwendungen wurde einheitlich mit 80 Jahren angenommen. Um eine Abschätzung über den Zeitpunkt der Überschreitung der angenommenen Richtwerte zu vermitteln, wurde eine weitere Auswertung in der Hälfte der Nutzungszeit durchgeführt. Anwendungen, die erst nach mehr als 40 Jahren Nutzung eine mögliche Problemquelle darstellen sind mit einem Asterisk (*) gekennzeichnet. Die zwei Spalten rechts gelten für Schachtversicherung kombiniert mit Filteranlagen. Die Prozentangabe bezieht sich auf den Abscheidegrad der Filteranlage. Bei einem Abscheidegrad von 98 % ist selbst bei intensivem Zink- oder Kupfereinsatz (Szenario 1) nicht mit einer unverträglichen Belastung des Bodens zu rechnen.

Die Angaben aus Tabelle 1-4 und Tabelle 1-5 gelten für unbeschichtete metallische Oberflächen d.h. walzblank oder vorbewittert. Der Begriff „Zinkblech“ steht für Bleche aus Feinzink und Titanzink.

Erläuterung der Symbolik der Tabelle 1-4:

	Nach heutigem Wissenstand kein Problem zu erwarten
	Problem besteht bei der angenommenen Nutzungszeit von 80 Jahren. Es entsteht bereits in den ersten 40 Jahren der Anwendung.
*	Problem besteht bei der angenommenen Nutzungszeit von 80 Jahren. Es entsteht erst nach mehr als 40 Jahren Anwendung.
	Problem besteht bei der angenommenen Nutzungszeit von 80 Jahren. Emissionen aus PVC sind mit hoher Unsicherheit behaftet und daher heller hinterlegt.

Tabelle 1-4: Metalle in Wohnsiedlungen im Detail. Harmlose (weiße Felder) und problematische (dunkle Felder) Einsatzgebiete hinsichtlich diffuser Emissionen für einzelne Anwendungen

BAUMATERIALIEN	BEHANDLUNG DES ABFLUSSES					
	Mischkanal	Regenwasserkanal	Muldenversickerung	Schachtversickerung	80%-Filter + Schachtversickg.	95%-Filter + Schachtversickg.
DACHDECKUNG						
Zinkblech unbeschichtet, vollverkleidet						*
Zinkblech unbeschichtet, saumverkleidet ⁽²⁾			*			
Kupferblech unbeschichtet, vollverkleidet						*
Kupferblech unbeschichtet, saumverkleidet ⁽²⁾			*			
Bleiblech; Spezialbereiche (z.B. Kaminschürze)				*		
Aluminiumblech unbeschichtet, vollverkleidet						
REGENRINNEN UND -ROHRE	Mischkanal	Regenkanal	Muldenversick.	Schachtversick.	80%-F.+ Schacht.	95%-F.+ Schacht.
Zinkblech unbeschichtet ⁽¹⁾					*	
Zinkblech unbeschichtet - nur Rinnen			*			
Zinkblech unbeschichtet - nur Rohre ⁽¹⁾						
Kupferblech unbeschichtet ⁽¹⁾					*	
Kupferblech unbeschichtet - nur Rinnen			*			
Kupferblech unbeschichtet - nur Rohre ⁽¹⁾			*			
PVC ^{(1),(3)}						
PVC - nur Rinnen oder nur Rohre ^{(1),(3)}						
Aluminiumblech unbeschichtet						
SANITÄRTECHNIK	Mischkanal	Abwasser aus dem Sanitärbereich gelangt weder in eine Versickerungsanlage noch in den Regenwasserkanal				
Verzinkte Stahlrohre, unbeschichtet, Trinkw.						
Kupferrohre, unbeschichtet, Trinkwasser						
Messingarmaturen (C38500)						
PVC-Wasserrohre						
FASSADE ⁽¹⁾	Mischkanal	Regenkanal	Muldenversick.	Schachtversick.	80%-F.+ Schacht.	95%-F.+ Schacht.
Zinkwellblech unbeschichtet, vollverkleidet					*	
Zinkwellblech unbeschichtet, 15% verkleidet				*		
Kupferblech unbeschichtet, vollverkleidet					*	
Kupferblech unbeschichtet, 15% verkleidet				*		
PVC Fensterbrett + Fensterprofil ⁽³⁾			*			
Aluminiumwellblech unbeschichtet, vollverkl.						
SONSTIGES (Außenanlagen, Versorgungsnetze)	Mischkanal	Regenkanal	Muldenvers. od. Bodeneintrag	Schachtversickerung	80%-Filter + Schachtversickg.	95%-Filter + Schachtversickg.
Verzinkte Stahltrennwände der Dachterrassen			*			
Verzinkte Stahltrennwände der Hofterrassen				*		
Verzinkte Geländer auf Dach, Balkon, Loggia					*	
Zaun im Hof aus unbeschichtetem Zinkdraht						
Bleiummantelte Stromversorgung						
KOMBINATIONEN von Anwendungen	Muss im Detail geprüft werden (z.B. bei Dachrinne und Dachdeckung aus dem selben Metall)					

Bemerkung: * Diese Anwendung kann erst ab 40 Jahren Nutzung eine mögliche Problemquelle darstellen.

- (1) Die Bewertung der Fassadenmaterialien ist stark abhängig von der Gebäudehöhe (hier 19 m). Für vorliegende Bewertung wurden die verträglichen Grenzfrachten des Dachablaufs herangezogen.
- (2) Als Saumverkleidung wird ein Metaldach im Ausmaß von 15 % der Dachfläche angenommen.
- (3) Emissionen aus PVC sind mit hoher Unsicherheit behaftet und daher heller hinterlegt.

Für die Bewertung in vorliegender Arbeit wurden konzentrationsbezogene Grenz- und Richtwerte herangezogen. Mit Hilfe der Stoffflussanalyse wurden Szenarien errechnet und Problemfelder identifiziert wo Heute und in Zukunft Überschreitungen dieser Werte möglich sind. Die Stoffflussanalyse bietet ebenso die Möglichkeit zusätzlich zu der Betrachtung von Konzentrationsangaben auch Stofffrachten zu beurteilen („die Dosis macht das Gift“). Dieser Ansatz ist geeignet um Prioritäten bei der Optimierung des Stoffhaushaltes einer Region zu setzen, bspw. für das Ziel Stoffeinträge in die Umwelt kontinuierlich zu reduzieren. Bei der Anwendung dieser beiden Ansätze (Bezug auf Konzentration versus Fracht) kann es durchaus zu unterschiedlichen Prioritäten bei der Maßnahmensetzung kommen. Um beispielsweise diffuse Kupferfrachten aus mehrstöckigen Bauwerken zu reduzieren, wäre die Beschränkung von kupfernen Trinkwasserrohren eine effektivere Maßnahme als die Beschränkung der Dachdeckung aus Kupferblech, da aus ersterem Anwendungsgebiet eine weitaus höhere Fracht abgeschwemmt werden kann. Bezüglich Kupferkonzentrationen sieht es jedoch umgekehrt aus: Der Teilabwasserstrom Dachablauf kann den AAEV-Grenzwert um mehr als das 7-fache überschreiten, während das häusliche Schmutzwasser bei Verwendung kupferner Trinkwasserrohre den AAEV-Grenzwert gerade erreichen kann.

Dieses Problem ergab sich auch bei der Bewertung die der Tabelle 1-4 zugrunde liegt. Die verträglichen Grenzfrachten für den Vorfluter (also die Spalten Misch- und Regenwasserkanal) konnten aufgrund fehlender Grundlagen nicht direkt bestimmt werden. Daher wurde die Annahme getroffen, dass bei Einhaltung der Konzentrationen aus der AAEV verträgliche Frachten erreicht werden. Um dem Frachtenansatz gerecht zu werden, müssen die problematischen Einsatzgebiete aus Tabelle 1-4 noch durch folgende Anwendung ergänzt werden:

- Verzinkte Stahlrohre für Trinkwasserleitungen: Aus diesem Anwendungsgebiet kann etwa dieselbe Zinkfracht resultieren, wie aus einer vollflächigen Dachdeckung aus unbeschichtetem Zinkblech.

Tabelle 1-5 fasst die wichtigsten Ergebnisse hinsichtlich problematischer und unproblematischer Einsatzgebiete zusammen.

Tabelle 1-5: Metalle in Wohnsiedlungen. Harmlose (weiße Felder) und problematische (dunkle Felder) Einsatzgebiete hinsichtlich diffuser Emissionen für einzelne Anwendungen

BAUANWENDUNGEN		ALUMINIUM	BLEI	KUPFER	ZINK
PROBLEMATISCHE ANWENDUNGEN ⁽¹⁾	Generell	keine	Bleiummantelte Energieträgerkabel	Zink-, Kupfer- oder verzinktes⁽²⁾ Stahlblech für: <ul style="list-style-type: none"> • Vollflächige Dachdeckung • Vollflächige Fassadenverkleidung • Regenrinnen und -rohre (verzinkt oder aus Kupfer) • Trinkwasserrohre 	
	Speziell bei Trennkanalisation oder Versickerung ohne Filter	keine	Bleiblech für Spezialbereiche am Dach PVC bei hoher Blei-Evaporationsrate für Regenrinnen und -rohre sowie für Fensterprofile und -bretter		
UNPROBLEMATISCHE ANWENDUNGEN ⁽³⁾	Generell	Bleche für Dachdeckung, Fassade, Regenrinnen, Regenrohre	Messingarmaturen	Kupfer- oder Zinkdachdeckung im Ausmaß von weniger als ca. 10% der Fläche. Abzäunung aus Maschendraht mit Zinkoberfläche	
	Speziell bei Mischkanalisation			Kupferdachdeckung im Ausmaß von weniger als ca. 15% der Fläche	Zinkdachdeckung im Ausmaß von weniger als ca. 20% der Fläche.

(1) Ausnahme: Ein intensiver Metalleinsatz für Gebäudehülle sowie Regenrinnen und -rohre ist bei Versickerung mit besonders leistungsstarken Filtern (Abscheidegrad > 97 %) hinsichtlich Boden- und Grundwasserbelastung unproblematisch.

(2) Für verzinkte Stahlbleche wurde angenommen, dass wie üblich ein zinkpigmenthaltiger Korrosionsschutzanstrich eingesetzt wurde. Im Zuge der Erneuerung des Korrosionsschutzes können durch das Abschleifen des Altanstriches bedeutende Zinkfrachten in die Umwelt gelangen.

(3) Die Prozentangaben gelten als grobe Orientierung für die Region Wien sowie für Regionen mit ähnlichen Klima- und Umweltbedingungen (d.h. Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Zusammensetzung von Atmosphäre und Boden, etc). Werden mehrere Einsatzgebiete mit unproblematischen Baumaterialien desselben Stoffes ausgeführt (z.B. Kupferblech-Saumverkleidung und Regenrinnen aus Kupfer) muss im Detail geprüft werden, ob die addierten diffusen Emissionen zu Überschreitung der verträglichen Grenzfrachten und zu problematischen Umweltbelastungen führen können.

1.5 Entwurf von Managementszenarien

Ein wesentlicher Bestandteil bei der Entwicklung von Managementszenarien ist die Partizipation relevanter Kernakteure und Entscheidungsträger. Um von der Stoffflussanalyse und der Bewertung zur Umsetzung der Ergebnisse zu kommen, wurden relevante Akteure, Regelungen, Programme und Technologien erhoben und mit dem Stoffflusssystem verknüpft (siehe Abbildung 1-5).

Auf Basis dieser Verknüpfung und der geführten Interviews mit Kernakteuren wurden verschiedene Möglichkeiten (Managementszenarien) aufgezeigt, die zum Schutz von Ressourcen vor diffusen Schadstoffeinträgen beitragen können (siehe Tabelle 1-6). Diese Möglichkeiten sind an dieser Stelle noch sehr allgemein gehalten. Eine Konkretisierung wie diese Szenarien in bestehenden Aktivitäten der Stadt Wien umgesetzt werden können wird in den Handlungsempfehlungen beschrieben (siehe Tabelle 1-8).

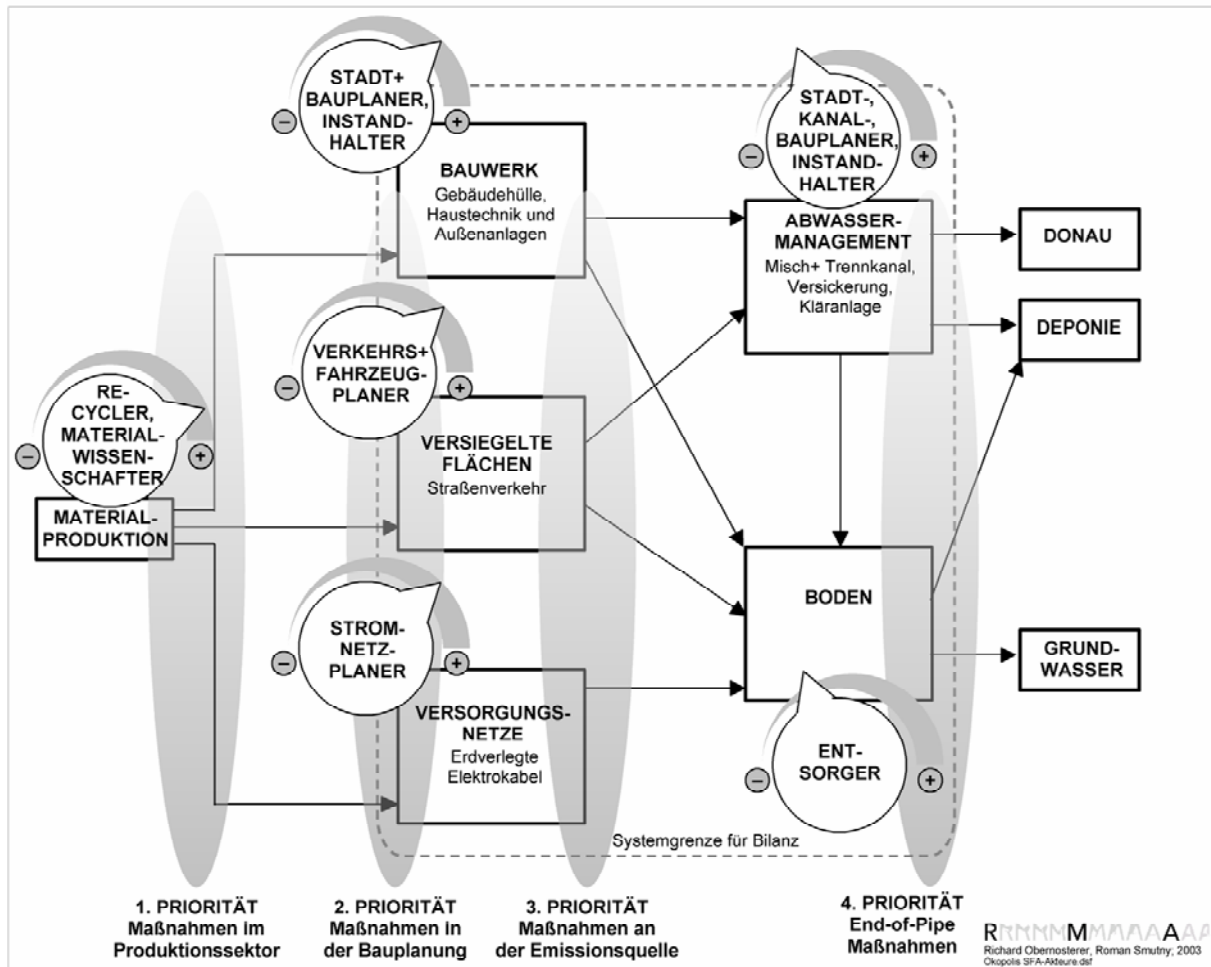


Abbildung 1-5: Akteurs-Stoffflussdiagramm mit prioritären Feldern für Maßnahmen

Tabelle 1-6: Managementszenarien zum Schutz von Ressourcen vor problematischen diffusen Metallemissionen

ZIELE	MANAGEMENTSZENARIEN
Schutz des Wiener Bodens und Grundwasserkörpers	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz unproblematischer Materialien für Gebäudehülle und Ummantelungen von Energieträgerkabel • Reduktion der Schadstoffbelastung der Atmosphäre • Sicher versickern (Schadstoffrückhalt durch Filtertechnologien oder Einleitung des First-Flush in den Mischkanal) • Versickerungsverbot bei problematischen Anwendung
Schutz der Donau	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz unproblematischer Materialien für Gebäudehülle und Sanitärtechnik • Verträgliche Erneuerung von (zinkpigmenthaltigen) Korrosionsschutzanstrichen • Alternative Verschleißmaterialien für den Straßenverkehr • Reduktion des Schadstoffeintrags in Regenwasserkanäle • Abscheidung der Schadstoffe im Dachablauf (Filtertechnologien, Absetzbecken) • Abscheidung der Schadstoffe im Regenwasserablauf von Verkehrsflächen • Reduktion der Schadstoffbelastung der Atmosphäre • Verbesserung des Abscheidegrads der Kläranlage • Anpassung der Trinkwasserqualität (Nebenwirkungen und Effektivität prüfen!)
Schutz der menschlichen Gesundheit durch mangelnde Trinkwasserqualität	<ul style="list-style-type: none"> • Abschwemmungen aus PVC-Trinkwasserrohren sind zu prüfen • Trinkwasserrohre aus Blei sind auszutauschen
Schutz des Rohstoffs Trinkwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Niederschlagswasser in natürlichen Kreislauf rückführen (Grundwasserauffrischung) • Verminderung des Trinkwasserverbrauchs
Schutz der Rohstoffe - Metalle	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz diffusionsarmer Materialien für Gebäudehülle und Sanitärtechnik um Verluste zu vermeiden • Einsatz von Baumaterialien die rückbaubar, zerlegbar und rezyklierbar sind (Tauglichkeit als Sekundärressource)

1.6 Ressourcenmanagement

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist die praktische Umsetzung der Ergebnisse der Stoffflussanalyse mittels eines Ressourcenmanagements. Dies bedeutet, dass ein Umsetzungskonzept auf Basis der Stoffbilanz entworfen wurde, das relevante Akteure und Regelungen einbindet und die nötigen Schritte für die Implementierung möglicher Maßnahmen vorschlägt.

Die Stadt Wien führt in vielen Bereichen ein Ressourcenmanagement durch (z.B. Oberflächengewässer, Boden, Klimaschutz). Die vorliegende Arbeit stellt ein Vorgehen vor, wie das Management des Materialhaushaltes das bestehende Ressourcenmanagement ergänzt bzw. wie es in dieses integriert werden kann. Zu Beginn dieses Kapitels wird der Begriff Ressourcenmanagement auf Grundlage der Definition für natürliche Ressourcen der Europäischen Union erläutert. Anschließend werden die Schritte eines Ressourcenmanagements beschrieben. Mit vorliegender Arbeit hat die Stadt Wien bereits wesentliche Schritte auf den Weg zu einem Ressourcenmanagement zur Bewirtschaftung diffuser Stoffverluste geleistet. In den weiteren Kapiteln dieser Studie werden konkrete Empfehlungen für das weitere Vorgehen gegeben.

Das vorgestellte Konzept für die Erstellung eines Ressourcenmanagements beruht auf den Erfahrungen der bisher durchgeführten Stoffhaushaltsstudien der Stadt Wien [Daxbeck et al., 1996], [Paumann et al., 1997], [Obernosterer et al., 1998], [Daxbeck et al., 2001], den Umsetzungsprojekten die auf Stoffflussanalysen aufbauen [Obernosterer et al., 2001], [Daxbeck et al., in Bearbeitung] bzw. Studien, die mit dem Thema eng verknüpft sind [Adriaanse et al., 1997], [Richtlinie (EG) 42, 2001], [Baccini & Bader, 1996], [Brunner et al., 1998], [Steiner et al., 2000]. Mit einem nachhaltigen Ressourcenmanagement wird ebenfalls ein prioritäres Ziel der Europäischen Nachhaltigkeitsstrategie [Mitteilung (EG) 264, 2001], nämlich ein verantwortungsbewussterer Umgang mit natürlichen Ressourcen, verfolgt.

Definition eines Ressourcenmanagements

Ein gezielt geführter Ablauf von Aktivitäten, der den nachhaltigen Schutz natürlicher Ressourcen (Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenwelt, Landschaftsgestalt, etc) und den effizienten Einsatz von aus der Natur entnommenen Ressourcen anstrebt wird nachhaltiges Ressourcenmanagement bezeichnet.

Das Ziel eines nachhaltigen Ressourcenmanagements ist die Verbesserung der Lebensqualität innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen der Ökosysteme. Lebensqualität entsteht aus der Gesamtheit aller Faktoren der Entwicklung der Stadt, die sich aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Qualität ergeben. Ziel eines Ressourcenmanagements für Materialien ist demnach die Steuerung und Dosierung von Gütern und Stoffen um eine Verträglichkeit mit natürlichen Kreisläufen nach den Kriterien einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung zu erreichen.

Strategische Ziele eines Ressourcenmanagements, wie sie auch bereits im Strategieplan 1999 festgeschrieben wurden, sind:

- Haushälterischer Umgang mit Ressourcen
- Kontinuierliche Verbesserung des Ressourcenhaushaltes in Richtung Nachhaltigkeit (langfristig umweltverträglich und ressourcenschonend)
- Früherkennen von Umweltproblemen
- Bereitstellung von effizienten und fundierten Entscheidungsgrundlagen und eines Monitoringsinstrumentes

Wesentliche Grundsätze eines Ressourcenmanagementkonzeptes für den Bereich Güter und Stoffe sind:

- **Eine holistische, systematische Betrachtungsweise mit Partizipation von Akteuren bei der Konzepterstellung:** Verknüpfung von Kernakteuren, Regelungen, Technologien und laufenden Aktionen mit den Stoffbilanzen, also mit Stoffflüssen, Stofflagern und Prozessen (siehe Abbildung 1-5).
- **Management statt Verbot:** Ein ökologisch nachhaltiges Stoffmanagement beschränkt den Stoffeinsatz auf ein tolerierbares, verträgliches Maß. Stoffverbote stellen eine Ausnahme dar.
- **Prioritäten für Managementszenarien:** (siehe Abbildung 1-5): Es wird möglichst versucht die Probleme früh zu erkennen und zu vermeiden anstatt sie entstehen zu lassen und End- of Pipe Maßnahmen zu setzen.
 1. Priorität: Maßnahmen im Produktionssektor
 2. Priorität: Maßnahmen in der Planung
 3. Priorität: Maßnahmen an der Emissionsquelle
 4. Priorität: End-of-pipe Maßnahmen

Die nachhaltige Entwicklung baut auf den 3 Säulen Ökonomie, Soziales und Ökologie auf. Ein nachhaltiges Ressourcenmanagement muss daher immer auf alle 3 Bereiche eingehen. Um jedoch die Zielrichtung hervorzuheben und um Verwechslungen zu vermeiden (bspw. mit den Begriffen Humanressourcen oder Kapitalressourcen) wurde der Begriff „ökologische Ressourcen“ eingeführt.

Definition ökologischer Ressourcen:

Ökologische Ressourcen sind materielle, energetische und räumliche Vorräte bzw. Quellen, die zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse genutzt werden.

Des Weiteren wird der Begriff natürliche Ressourcen verwendet (Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenwelt, Landschaftsgestalt, etc). Die vom Menschen aus der Natur entnommenen oder synthetisch hergestellten Ressourcen werden als anthropogene Ressourcen bezeichnet. Die Einteilung ökologischer Ressourcen (Tabelle 1-7) wurde der Mitteilung der Europäischen Kommission [Mitteilung (EG) 572, 2003] bezüglich der Entwicklung einer thematischen Strategie für die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen übernommen und mit anthropogenen Ressourcen ergänzt.

Tabelle 1-7: Einteilung von natürlichen und anthropogenen ökologischen Ressourcen

KATEGORIE	NATÜRLICHE UND ANTHROPOGENE ÖKOLOGISCHE RESSOURCEN
Materielle Ressourcen	Nicht erneuerbare Rohstoffe: Fossile Rohstoffe, Mineralien Synthetische Ressourcen Erneuerbare Rohstoffe (= Biomasse): Wasser, Pflanzliche und tierische Biomasse Materielle Sekundärressourcen (= Sekundärrohstoffe): Abfälle, Abwasser, Emissionen
Energetische Ressourcen	Energieinhalt in nicht erneuerbaren Rohstoffen Energieinhalt in Biomasse Energieinhalt in strömenden Ressourcen: Wind, Geothermik, Gezeiten, Solarenergie Energetische Sekundärressourcen (= Sekundärenergie): Abwärme, Energieinhalt in Abfällen und Abwasser
Umweltmedien	Atmosphäre Hydrosphäre (Oberflächengewässer und Grundwasser) Pedosphäre (Erdreich)
Räumliche Ressourcen	Bodenfläche Naturräume für die Erhaltung der Biodiversität Landschaftsbild Luftraum Räumliche Sekundärressourcen: Altflächen, Altstandorte

Zur Erarbeitung eines Ressourcenmanagementplans von Erfassung über Bewertung zur Steuerung wurde ein schrittweises Vorgehen entwickelt. Vor dem Beginn des Vorgehens ist ein Bewusstsein für das Problem bzw. die Herausforderung zu schaffen.

1. **Erfassung:** Stoffflussanalyse
2. **Bewertung:** Erkennen von problematischen Anwendungen und verträglichen Stoffflüssen
3. **Vernetzung** bzw. Integration: Verknüpfung der Stoffbilanz mit Kernakteuren und relevanten Regelungen
4. **Szenarienentwicklung:** Partizipation von Kernakteuren in der Planung von Managementszenarien mit Bezug auf bestehende Programme. Entwurf von mehreren Varianten als Diskussionsgrundlage für die Entscheidung über eine gangbare Strategie.
5. **Strategien:** Erstellung eines Ressourcenmanagementkonzepts (Zielsetzung und Strategie) mittels Round-Table Gespräche und Interviews mit Kernakteuren.
6. **Rahmenbedingungen:** Schaffung von Rechtsicherheit durch Entscheidungsträger, Festsetzen der Orientierungs-, Grenz- und Richtwerte
7. **Dissemination:** Bewusstseinsbildung und Unterstützung bei Umsetzung.
8. **Implementierung:** Maßnahmenpaket für die konkrete Umsetzung, Ressourcenmanagementplan
9. **Monitoring und Vollzug:** Messungen, Erfolgskontrolle, Berichterstattung, Sanktionen, etc.
10. **Evaluation (Audit):** Aktualisierung von Maßnahmen. Qualitätszertifikat

Für das Ressourcenmanagement diffuser Emissionen wurden in der Stadt Wien die Schritte 1 bis 4 erfolgreich durchgeführt und Aktionen für die Schritte 5 bis 8 gesetzt. Als nächster

Schritt wäre ein Round-Table mit Kernakteuren zu organisieren, um einerseits Bilanzen, Bewertung und Szenarien zu diskutieren und andererseits Managementstrategien aus den Szenarien abzuleiten.

1.7 Handlungsempfehlungen und Implementierung

Um Managementszenarien und Umsetzungsbeispiele zu entwickeln, wurden gezielt Interviews mit Akteuren geführt, die eine Verknüpfung zu strategischen Bereichen des Stoffflussdiagramms aufweisen. Es wurde also versucht Handlungsempfehlungen zu geben, die möglichst Nahe an der derzeitigen Praxis ansetzen um damit ein hohes Umsetzungspotenzial zu gewährleisten. In der folgenden Tabelle sind Handlungsempfehlungen für ein umweltverträgliches Management diffuser Emissionen angeführt, die als Beispiele in einem Round-Table zu evaluieren und gegebenenfalls zu ergänzen wären, um letztendlich ein Maßnahmenpaket (einen Ressourcenmanagementplan) zu entwickeln.

Tabelle 1-8: Handlungsempfehlungen für ein umweltverträgliches Management diffuser Emissionen

AKTEUR	BESTEHENDE/S PROGRAMM / AKTION	HANDLUNGSEMPFEHLUNG
Umweltpolitik	Umweltbericht, Umweltleitbild, Strategieplan	Beitrag „diffuse Emissionen“ in die Berichte und Arbeiten zur strategischen Umweltplanung der Stadt Wien aufnehmen.
Gesetzgeber (+ Entsorger)	Verordnung – bzgl. Luft	Fortsetzen der Maßnahmen zur Verringerung des Schadstoffgehaltes der Luft (SO ₂ , O ₃ und NO _x).
	Verordnung – bzgl. Wasser, Boden	Problematik diffuser Emissionen berücksichtigen. Regelung für umweltverträgliche sichere Versickerung. <i>siehe auch Kapitel 1.7.1.</i>
Produktionssektor (inkl. Recycler)	Produktentwicklung – Metalle	Verträgliche und kreislauffähige Beschichtungen und Legierungen, Angabe der Abschwemmraten.
	Konstruktionsentwicklung	Entwicklung leicht rückbaubarer Konstruktionen zur Sicherstellung der Recyclingraten.
	Produktentwicklung – PVC	Verträglichen Additive für PVC (Effizienz der Maßnahme ist zu prüfen), Evaporationsraten angeben.
	Produktentwicklung – Kfz-Verschleißteile	Verträgliche Zusatzstoffe für Bremsbeläge und Reifen, Verlustraten während Nutzung angeben.
Wasserwerke Wien	Trinkwasseraufbereitung	Anpassung der Trinkwasserqualität zur Reduktion diffuser Verluste (pH-Wert, Härte, etc.) wäre möglich, wird aber nicht prioritär empfohlen. (Effizienz dieser Maßnahme wäre vor Umsetzung zu prüfen).
Stadtentwicklung	STEP 2005, Wr. Bauordnung (Teil Raumplanung)	Problematik diffuser Verluste in Entscheidungsfindung berücksichtigen (Regenwassermanagement, Versiegelung, Versickerung neben Verkehrsflächen).

Fortsetzung Tabelle 1-8

Bauplanung	Bauträgerwettbewerb, Wohnbauförderung, Wr. Bauordnung (Teil Bautechnik), Angebots- und Vertragsbestimmungen der Stadt Wien (VD 307)	Vermeidung diffuser Verluste fördern. Verträglicher Einsatz von exponierten Metallflächen in Pilot-Bauprojekt, ökologischer Wohnbauförderung, Vorreiterrolle der Verwaltung(sgebäude).
	Projekt ÖKOKAUF	Vermeidung diffuser Verluste fördern. Umweltverträglicher Einsatz von Bau- und Haustechnikmaterialien. Verträgliches Regenwassermanagement.
	Ökopass für Wohnbau, Umwelt-Qualitätszeichen „natureplus“	Kriterium „diffuse Emissionen“:
		<i>siehe auch Kapitel 1.7.2</i>
Wien Strom	Netzplanung	Vermeidung von diffusen Stoffeinträgen in den Boden (erdverlegte Kabel, Freileitungsmasten).
Bauausführung	Neubau	Verträglicher Einsatz von exponierten Metallflächen. Vermeidung problematischer Anwendungen (siehe Tabelle 1-5).
	Sanierung	Verträgliche Erneuerung von Korrosionsschutzanstrichen (geregelte Entsorgung der abgeschliffenen Rostschicht). Nachträgliche Beschichtung problematischer Emissionsquellen
Nutzer	Neubau und Sanierung	Einbau von langfristig leistungsstarken Filteranlagen für die Versickerung bei vorhandenen oder geplanten problematischen Metallflächen.
Entsorgungssektor und Verwaltung	„Sicher versickern“ (Für Neubauten und Sanierungen)	Kombinierte Versickerung und Kanalisation: Erster Anteil des Niederschlags („first-flush“) wird kanalisiert; der Rest versickert. Förderung von Sanierungsmaßnahmen.
Bildung und Wissenschaft	Universitäten, Schulen	Lehrveranstaltungen, Lehrerausbildung
	Stadtverwaltung	Öffentlichkeitsarbeit
	Journal, Konferenzen	Publikationen und Vorträge
	Forschung	Diffuse Emissionen von PVC-Additiven (Blei und andere) während der Nutzungsperiode.

Die in Tabelle 1-8 dargestellten Handlungsempfehlungen wurden bereits in einzelnen Bereichen implementiert:

- Umweltpolitik: Beitrag zum Strategieplan der Stadt Wien. Teilnahme an der Diskussion zum Umweltleitbild der Stadt Wien.
- Bauplanung: Beitrag zur Überarbeitung der Einreichungsgrundlagen für Wohnbauförderung. Erste Schritte für Beitrag diffuser Verluste in der Leistungsbeschreibung-Hochbau eingeleitet (ÖKOKAUF).
- Teilnahme an einer Konferenz und Publikation
- Bildung und Wissenschaft: Beitrag zu Lehrveranstaltungen (TU-Wien, FH Technikum Kärnten)

1.7.1 Weitere Handlungsempfehlungen an den Gesetzgeber

- Es wird empfohlen, bundesweit einheitliche Richtlinien für die Versickerung des Regenwasserablaufs von Gebäuden und Verkehrsflächen zu erstellen, um Bodenkontamination (Unverträglichkeit für Pflanzen) und Grundwasserbeeinträchtigung zu vermeiden. Relevante bestehende Richtlinien sind zu prüfen und gegebenenfalls zu ergänzen. Gemeinsam mit dieser Maßnahme müssen genormte Prüfungskriterien für Filter von Niederschlagsablauf eingesetzt werden um den Abscheidegrad und damit den Schutz des Bodens und Grundwassers langfristig zu garantieren.
- Um die Einhaltung der Qualitätsziele für Oberflächengewässern sicherzustellen, wird empfohlen, dass die gesonderten Abwasseremissionsverordnungen (AEV) für Mischwasser aus Mischwasserkanalisationen und für Niederschlagswasser aus Regenwasserkanälen in Kraft treten sollen und entsprechend angepasste Grenzwerte für Metalle (im Besonderen für Kupfer, Zink und Blei) enthalten sollen, die eine nachteilige Beeinträchtigung der Oberflächengewässer durch diffuse Emissionen vermeiden.
- Es wird empfohlen, Kupfer und Zink in die Liste prioritärer Substanzen für den Gewässerschutz aufzunehmen und entsprechende Maßnahmen umzusetzen. Die Einhaltung der Qualitätsziele für Oberflächengewässer kann durch diffuse Zink- und Kupferemissionen aus Bauwerken (Trinkwasserleitungen, Dachdeckung, Fassadenverkleidung) gefährdet werden. Diese Gefahr besteht im Besonderen, sollte ein Architekturtrend zu vermehrtem Einsatz von Kupfer- oder Zinkblechen eintreten.
- Bei der Optimierung des Stoffhaushaltes einer Region liegt die Bezugnahme auf Stofffrachten, die entsprechend bewirtschaftet werden. Daher wird empfohlen, in Verordnungen, welche den Stoffeintrag in die Umwelt regeln (z.B. AAEV - allgemeine Abwasseremissionsverordnung), konzentrationsbezogene Grenzwerte mit frachtbezogenen Grenzwerten zu ergänzen. Dies lässt sich auch damit begründen, dass für ein Biotop oder für einen Organismus nicht nur die Konzentration eines eingeleiteten Schadstoffes von Bedeutung ist, sondern vor allem die Fracht bzw. Dosis.

Um beispielsweise diffuse Kupferemissionen aus mehrstöckigen Bauwerken zu reduzieren, wäre die Beschränkung von kupfernen Trinkwasserrohren eine effektivere Maßnahme als die Beschränkung der Dachdeckung aus Kupferblech, da aus ersterem Anwendungsgebiet eine weitaus höhere Fracht abgeschwemmt werden kann. Bezüglich Kupferkonzentrationen sieht es jedoch umgekehrt aus: Der Teilabwasserstrom Dachablauf kann den AAEV-Grenzwert um mehr als das 7-fache überschreiten, während das häusliche Schmutzwasser bei Verwendung kupferner Trinkwasserrohre den Grenzwert gerade erreichen kann.

1.7.2 Allgemeine Handlungsempfehlungen an Bauherrn und Planer

Um das Problem diffuser Metallemissionen aus Bauanwendungen zu lösen, ist der Einsatz von Blechen und (Trinkwasser-)Rohren aus **Kupfer, Zink und verzinktem Stahl** auf ein regional verträgliches Maß zu beschränken (Vorsorge) oder es sind entsprechende End-of-pipe Maßnahmen (z.B. Beschichtungen, Filter, etc.) zu setzen (Nachsorge). Beispielsweise wäre eine adäquate Maßnahme, im Falle von intensivem Kupfer- und Zinkeinsatz für die Gebäudehülle und im Falle einer Versickerung des Dachablaufs, der Einsatz einer entsprechend qualitativ hochwertigen Filteranlage mit langfristig konstanter Güte und regelmäßiger Kontrolle und Wartung.

Der Einsatz von **Aluminiumblech** wird empfohlen (siehe Kapitel 1.4.4.4 f.). Voraussetzung ist allerdings ein kreislauffähiger Einsatz der Bleche: Es muss sowohl Rückbau als auch Zerlegung als auch Verwertung in einer unproblematischen und verlustfreien Weise gewährleistet werden. Dies ist schon bei der Planung der Bauwerke zu berücksichtigen („Design for Recycling“). Die Empfehlung für Aluminium basiert in erster Linie auf dem Ergebnis, dass keine negativen Umweltauswirkungen auf Grund diffuser Aluminiumverluste zu erwarten sind. In einem nächsten Schritt wäre der ökologische Rucksack (Rotschlammdeponie, etc.) in die Bewertung mit einzubeziehen.

2 Schlussfolgerungen

2.1 Schlussfolgerungen aus der Erfassung

Datenerfassung

Die Ermittlung der eingesetzten Mengen erfolgte anhand von Daten einer konkreten Siedlung (Pläne, Interviews, Abrechnungen). Für andere Rahmenbedingungen (z. B. für Einfamilienhäuser, andere Bodenverhältnisse, etc.) sind die Ergebnisse übertragbar aber als Orientierungswerte zu verstehen. Die Tendenzen der Aussagen dieser Studie werden ebenso auf andere Siedlungen zutreffen, für „exakte“ Ergebnisse sind jedoch nach dem in dieser Studie vorgestellten methodischen Vorgehen die Werte neu zu ermitteln.

Die vorhandenen Daten reichen aus um diffuse Verluste aus einer Siedlung zu erfassen und zu bewerten. Die Datenauswertung könnte mit der Führung eines Gebäudeinventars erleichtert werden. Ein weiterer Nutzen dieses Verzeichnisses eingebauter Materialien wäre die Dokumentation des Ressourcenpotenzials von Bauwerken für Sanierungs- und Rückbauarbeiten.

Die erforderliche Datengenauigkeit von Stoffbilanzen hängt stark mit den Zielsetzungen der jeweiligen Untersuchung zusammen. Um prioritäre Stoffflüsse eines Systems erkennen zu können, ist eine andere Genauigkeit notwendig, als für die Ableitung konkreter Steuerungsmaßnahmen einzelner Stoffflüsse. Allgemein kann festgehalten werden, dass Stoffbilanzen zu Beginn aufwendiger sind, als Folgebilanzen desselben Systems.

Um diffuse Stofffrachten von Metalloberflächen, die der Atmosphäre ausgesetzt sind, zu berechnen, müssen aktuelle Erkenntnisse aus der Materialwissenschaft (z.B. Abschwemmraten) und die derzeitige Korrosivität der Atmosphäre (abhängig von deren Zusammensetzung) berücksichtigt werden.

Methodik - Erfassung

Diffuse Verluste sind im Vergleich zu Punktquellen der Industrie für die menschlichen Sinne schwer wahrnehmbar. Sie entstehen in der Regel während der Nutzung der Produkte und können über weite Gebiete flächenhaft verteilt sein. In vielen Fällen weisen die einzelnen diffusen Quellen nur eine geringe jährliche Emissionsfracht auf. Dies führt dazu, dass die Frachten erst nach Jahren oder gar erst nach Jahrzehnten umweltrelevant werden.

Ein ökologisch nachhaltiges Stoffmanagement muss die Qualität von Umweltmedien (Boden, Wasser und Luft) für zukünftige Generationen bewahren oder verbessern. Daher muss die Bewertung der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit die letzten Senken der Stoffflüsse untersuchen und die Lebenszeit der Produkte mitberücksichtigen.

Eine Früherkennung von Umweltbeeinträchtigungen ist durch Konzentrationsmessungen alleine kaum möglich. Eine Auswertung welche Tendenz aus den Messergebnissen abzuleiten ist, kann erst nach vorliegen einer Messreihe erfolgen. Abhilfe schafft hier die Methode der Stoffflussanalyse (SFA) mit deren Hilfe der Stofftransfer von den Prozessen der Atmosphäre in die Umwelt verfolgt werden kann und Stoffakkumulationen in den Umweltmedien erkannt werden können. Für die Früherkennung von regionalen Problemen werden auf Grundlage der Bilanz Szenarien errechnet, bspw. zu erwartende Grenzwertüberschreitungen

im Boden nach Ablauf der Lebenszeit eines Produkts. Stoffflussanalyse und Konzentrationsmessungen bilden eine methodische Symbiose für Früherkennung und anschließende Erfolgskontrolle.

Durch Betrachtung des urbanen Stoffhaushaltes werden zukünftige Problemfelder erkennbar. Die Unsicherheiten, die sich beim Abschätzen von in Zukunft zu erwartenden Umwelteinwirkungen ergeben, werden nie gänzlich aufzulösen sein. Methodisch begegnet man diesem Umstand mit dem Entwerfen von Szenarien. Die Ergebnisse der Studie liefern auf Basis von Szenarien Orientierungswerte und Tendenzen die hinreichend abgesichert sind um Entscheidungen für den vorsorgenden Umweltschutz treffen zu können.

2.2 Schlussfolgerungen aus der Bewertung

Methodik - Bewertung

Die verwendeten Richt- und Grenzwerte haben einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Bewertung. In vorliegender Arbeit wurden anerkannte Referenzwerte aus bestehenden Gesetzen und Verordnungen sowie aus einschlägigen Normen herangezogen. Eine konkrete Festlegung der Werte muss eine Region (im vorliegenden Fall die Stadt Wien), die sich zur nachhaltigen Entwicklung bekennt, eigenverantwortlich treffen. Die Randbedingungen der Bewertung können nur in einem inter- und transdisziplinären Prozess unter möglichst breiter Partizipation von Akteuren festgelegt werden (Ökotoxikologie, Wirtschaft und Gesellschaft, etc...). Gelegenheit dazu bildet das Vorgehen in einem Ressourcenmanagement. Sollten sich die Randbedingungen im Zuge dieses Prozesses ändern sind die Ergebnisse der Studie auf diese Entscheidungen abzustimmen.

Ebenso hat die Wahl der zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen einen starken Einfluss auf die Bewertung. Bilanzen die auf nationaler Ebene ansetzen zeigen, dass der Eintrag von Metallen in den Boden aus der atmosphärischen Deposition überwiegt. Demgegenüber lenkt die Bilanz für ein Siedlungsgebiet das Blickfeld auf die lokalen Senken.

Neben den erwähnten Randbedingungen hat die Ausführung der Regenwasserableitung einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Bewertung. Beispielsweise besteht bei Versickerung des Regenwasserablaufs die Gefahr der Kontamination des lokalen Erdreichs. Andererseits können bei Trennkanalisation die zur Bewertung herangezogenen Richtwerte der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung überschritten werden.

Kupfer und Zink sind wie viele natürliche Substanzen nicht nur Schadstoffe sondern auch essentielle, also lebensnotwendige Spurenelemente. Ob ein Stoff nun als Schadstoff bezeichnet werden kann oder für die Umwelt verträglich ist, hängt einerseits von dessen Zielprozess bzw. letzter Senke und andererseits von der Größe des Massenflusses ab (Letzteres Kriterium wurde bereits durch Paracelsus - den Wegbereiter von Analysen des Metabolismus erkannt: „Alle Ding sind Gift und nichts ohn Gift; alein die Dosis macht das ein Ding kein Gift ist“).

Ergebnisse

Für die menschliche Gesundheit bilden die bilanzierten diffusen Emissionen keine direkte Gefahr. Dies gilt jedoch nicht für den Altbestand an Trinkwasserleitungen aus Bleirohren.

Die wichtigsten Quellen von diffusen Emissionen konnten identifiziert und deren Belastungspotenzial bestimmt werden. Diffuse Emissionen aus der Nutzung von Bauwerken und dem Straßenverkehr können problematische Umweltbelastungen hervorrufen. Auch verträgliche Nutzungsarten von Metallen sowie Alternativen zu bedenklichen Nutzungsarten wurden aufgezeigt.

In Summe gesehen sind diffuse Emissionen heute oft wichtiger als punktförmige Emissionen. Diffuse Emissionen aus der Nutzung von Bauwerken stellen eine der wichtigsten Emissionsquellen einzelner Metalle (Zink und Kupfer) in Städten dar.

Die jährlichen Metallverluste sind gering. Die Umweltbelastungen werden vorwiegend erst durch die lange Aufenthaltszeit der Metalle in der Siedlung hervorgerufen. Je nach untersuchtem Metall werden während der Nutzung zwischen 0,07 % für Aluminium und 5 % für Zink abgeschwemmt.

Es wurden für einzelne Anwendungen Problemfelder identifiziert. Um Kombinationen von Anwendungen zu bewerten müssen für den spezifischen Fall Bilanzen ermittelt werden. Um die größten möglichen Frachten abzuschätzen wurde ein „worse case“ Szenario „intensiver Metalleinsatz“ gerechnet. Es zeigte sich, dass von Aluminiumoberflächen hinsichtlich diffuser Verluste in keinem einzigen Fall der Bewertung ein Problem zu erwarten ist. Für Zink und Kupfer ist der Grad der Problematik vom Regenwassermanagement abhängig. So führt für alle untersuchten Metalle eine Schachtversickerung mit vorgeschaltetem Filter mit einem Wirkungsgrad von min. 98% zu keiner Überschreitung der Grenzwerte hinsichtlich Pflanzenverträglichkeit des Bodens. Hingegen ist bei anderen Systemen der Abwasserbewirtschaftung mit Überschreitungen von Richtwerten zu rechnen.

Diffuse Aluminiumemissionen aus Bauwerken sind für die Umwelt verträglich. Ein ökologischer Nachteil ist der im Vergleich zu anderen Metallen relativ hohe Primärenergiebedarf pro Tonne Aluminium für die Herstellung. Allerdings liegt der flächenbezogene Primärenergiebedarf von Aluminiumblech, bei einer sehr hohen Rezyklierungsrate von Aluminium in selber Höhe wie bei Kupferblech (80 % Rezyklierungsrate).

Aluminiumblech ist also ein empfehlenswerter Baustoff, solange die Bleche so eingebaut werden, dass sie wieder rezykliert werden können („Design for Recycling“) und solange mögliche Umweltbeeinträchtigungen aus der Aluminiumproduktion unberücksichtigt bleiben. Um eine abgesicherte Empfehlung für das Metall Aluminium abgeben zu können, müssten in einem nächsten Schritt die Ergebnisse aus der regionalen Bewertung mit Ergebnissen aus Lebenszyklusanalysen verknüpft und die Ergebnisse der Bewertung in die Betrachtung einbezogen werden (z.B. Rucksäcke aus dem Bergbau, Rotschlammdeponie). Diese Verknüpfung war nicht Bestandteil der vorliegenden Studie, die sich ausschließlich auf die diffusen Verluste von Siedlungsgebieten konzentrierte. Eine erste grobe Abschätzung auf Basis von Literaturdaten dürfte jedoch ohne großen Aufwand möglich sein.

Bei Sanierungsvorhaben z.B. beim Abschleifen eines Altanstriches ist unbedingt auf eine umweltverträgliche Entsorgung des Abschleifrückstandes zu achten. Wird dieser Rückstand, wie in der Praxis oft üblich, in die Regenwasserableitung entsorgt, so entspricht diese Menge den diffusen Abschwemmungen eines unbeschichteten Zinkdaches in einem Zeitraum von etwa 20 Jahren.

2.3 Schlussfolgerungen aus der Steuerung

Das Management diffuser Verluste war bislang in der Umweltpolitik der EU und der einzelnen europäischen Länder kaum ein Thema, wird jedoch derzeit durch die Entwicklung der EU Ressourcenstrategie thematisiert. Dies beweist den hohen Innovationscharakter dieses Projektes und die Vorreiterrolle der Stadt Wien in diesem Aufgabenbereich.

Nur durch Betrachtung des gesamten urbanen Stoffhaushaltssystems kann die Bedeutung unterschiedlicher Emissionsquellen einer Stadt bestimmt und der Einfluss von Lenkungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Für die Planung der effektivsten Lenkungsmaßnahmen zur Lösung von Umweltproblemen sind eine ganzheitliche, systemorientierte Betrachtungsweise und die Partizipation von Kernakteuren notwendig.

Die Bewertungsmethode der verträglichen Grenzfrachten erlaubt es Einsatzmengen für Metalle in Siedlungen auf einzelne Anwendungen rückzurechnen. Dadurch steht eine Methode zur Berechnung eines verträglichen Materialeinsatzes in der Planungsphase von Siedlungen zur Verfügung. Da die Einsatzmengen in Abhängigkeit von regionalen Rahmenbedingungen festgelegt werden, können beispielsweise je nach Wahl des Regenwassermanagements deutlich kleinere oder auch größere Metallflächen zum Einsatz kommen. Die Empfehlungen der Studie richten sich also nicht generell darauf aus Schadstoffe zu erkennen und diese zu verbieten (Stoffverbote). Angeregt wird hingegen ein Stoffmanagement, d.h. von Anwendungen potenzielle Problembereiche zu identifizieren und deren Einsatz bis zu einer bestimmten, verträglichen Menge zu erlauben („nachhaltiger Stoffeinsatz“ für (Bau-)Produkte oder Bauwerke).

Die in der Studie vorgeschlagenen Maßnahmen setzen sowohl beim Einsatz (Vermeidungsstrategie: Maßnahmen im Produktionssektor und der Planung) als auch in der Entsorgung (End-of-Pipe) an. Im Sinne des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung ist den vorsorgenden Maßnahmen bei der Implementierung der Vorzug zu geben.

Ein Stoffmanagement ist darauf auszurichten, die Stoffflüsse so zu steuern, dass sie sich unter Berücksichtigung der Selbstreinigungskraft der Natur entweder verträglich in den natürlichen Stoffkreislauf einfügen lassen oder dass sie ein Lager aufbauen, das als Sekundärressource wiedergenutzt werden kann. Ein Schadstoffmanagement ist Teil eines Ressourcenmanagement, das das übergeordnete Ziel des Schutzes von Ressourcen - wie z.B. Boden, Wasser, Luft und Rohstoffe - verfolgt.

Die gezielte Verknüpfung von Akteuren mit dem Stoffhaushaltssystem hat sich als wichtig für die Umsetzung von Ergebnissen aus Stoffbilanzen erwiesen. Diese Vernetzung entlang von Stoffflüssen ermöglicht eine abgestimmte Systemoptimierung. Der Vorteil dieser Vernetzung liegt darin, dass sich jeder Akteur des Gesamtsystems bewusst wird und damit die Auswirkung seiner Entscheidung auf nachfolgende oder auch vorangehende Prozesse abschätzen kann. Ein weiterer Vorteil der Vernetzung besteht darin, dass die Ergebnisse in bestehende Aktivitäten eingebettet werden können.

Die vorliegende Arbeit zeigt ein methodisches Vorgehen zur Erfassung, Beurteilung und Steuerung diffuser Metallemissionen aus Siedlungsgebieten. Die Studie stellt eine Diskussionsgrundlage für den weiteren Prozess der Implementierung der Ergebnisse in einem Ressourcenmanagement der Stadt Wien dar. Als nächster Schritt sind die Erkenntnisse der Studie mit Behörde, Wirtschaft und Wissenschaft zu diskutieren. Ziel dieses Round Table Gespräches ist die Festlegung der Stadtverwaltung in welche Richtung sie den Stoffhaushalt

diffuser Emissionen lenken möchte. Die Rahmenbedingungen der Studie wie Richt- und Grenzwerte, sind festzulegen und aufbauend auf den Entscheidungen die Umsetzungsstrategie festzusetzen. Anschließend sind die in der Studie vorgestellten Handlungsempfehlungen, die eng mit den Programmen und Aktivitäten der Stadt Wien verknüpft sind (Bspw. ÖKOKAUF, STEP 2005, Bauträgerwettbewerb, etc..) zu implementieren.

3 Literaturverzeichnis

- Adriaanse, A.; Bringezu, S.; Hammond, A.; Moriguchi, Y.; Rodenburg, E.; Rogich, D.; Schütz, H. (1997) Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies. World Resource Institute - WRI. USA.
- Augustyn, R.; Riess, P. (2003) Jahresbericht 2001. Luftgütemessungen der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft. Magistrat der Stadt Wien. MA 22-Umweltschutz. Wien.
- Baccini, P.; Bader, H.-P. (1996) Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Hrsg. von Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Baccini, P.; Brunner, P. H. (1991) Metabolism of the Anthroposphere. Hrsg. von Springer-Verlag. Berlin, New York.
- Bergbäck, B.; Anderberg, S.; Lohm, U. (1989) A Reconstruction of Emissions, Flow and Accumulation of Chromium in Sweden 1920-1980. Water, Air and Soil Pollution 48 S. 391-407.
- Bergbäck, B.; Johansson, K.; Mohlander, U. (2001) Urban Metal Flows - A Case Study of Stockholm. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1 (3/4). S. 3-24.
- BGBl I 502 (1991) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Schwellenwerte für Grundwasserinhaltsstoffe (Grundwasserschwellenwertverordnung - GSwV). idF v. 04.04.2002. 17.09.1991.
- BGBl II 186 (1996) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV).
- BGBl II 222 (1998) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleitungsverordnung-IEV).
- BGBl II 304 (2001) Trinkwasserverordnung - TWV. Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- Bruen, M. (2004) Proceedings of the 7th International IWA Conference on Diffuse Pollution and Basin Management. DipCon 2003. 15.03.2004.
<http://www.ucd.ie/dipcon/proceedings.htm>.
- Brunner, P. H.; Baccini, P.; Deistler, M.; Haes, H. A. U. d.; Lohm, U.; Vijverberg, A. J. (1998) Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. (Project MAC TEmPo). Summary Report. Hrsg. von European Commission. 4th EC Environmental Research Programme. Research Area III. Economic and Social Aspects of the Environment. ENV4_CT96_0230. Final Report. Wien.

- Brunner, P. H.; Daxbeck, H.; Henseler, G.; von Steiger, B.; Beer, B.; Piepke, G. (1990) Der Regionale Stoffhaushalt im Unteren Bünztal. (Projekt RESUB). Die Entwicklung einer Methodik zur Erfassung des regionalen Stoffhaushaltes. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Dübendorf.
- Brunner, P. H.; Rechberger, H. (2003) Practical Handbook of Material Flow Analysis. Hrsg. von CRC Press. Boca Raton (U.S.).
- Burström, F.; Brandt, N.; Frostell, B.; Mohlander, U. (1997) Material Flow Accounting and Information for Environment Policies in the City of Stockholm. In: Analysis for Action. Wuppertal Special 6. Proceedings of the ConAccount Conference. Hrsg. von M. F.-K. Stefan Bringezu, René Klein, Viveka Palm. Wuppertal. Wuppertal Institut. S. 136-145.
- Daxbeck, H.; Kisiakova, A.; Obernosterer, R. (2001) Der ökologische Fußabdruck der Stadt Wien. (Projekt Footprint). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- Daxbeck, H.; Lampert, C.; Morf, L.; Obernosterer, R.; Rechberger, H.; Reiner, I.; Brunner, P. H. (1996) Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien. (Projekt PILOT). Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft. Wien.
- Daxbeck, H.; Merl, A.; Obernosterer, R.; Brunner, P. H. (1994) Die Stoffflußanalyse als Instrument für eine nachhaltige urbane Entwicklung. Studie zur Wiener Internationalen Zukunftskonferenz. (Projekt WIZK 94). Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft. Wien.
- Daxbeck, H.; Reisenberger, M.; Kampel, E. (in Bearbeitung) Güterhaushalt Österreich. "Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements - welches sind die wichtigsten Güter- und Abfallflüsse?". (Projekt ABASG II - Güter). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- Entscheidung (EG) 2455 (2001) Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. 20.11.2001.
- EPA (2004) Polluted Runoff (Nonpoint Source Pollution). 15.03.2004.
<http://www.epa.gov/owow/nps/>.
- Eurostat (2001) Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. 2000 Edition Hrsg. von E. Communities. Luxemburg.
- Faller, M. (2001) Metallabtrag und Metallabschwemmung von Metalldächern – Untersuchungsergebnisse der Freibewitterungsversuche in der Schweiz. Baumetall 2001 (4). S. 52.
- Fischer-Kowalski, M.; Haberl, H. (1993) Metabolism and Colonization. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Innovation - The European Journal of Social Sciences 6 (4). S. 415-442.

- Frenzel, I.; Steiner, M.; Boller, M. (2001) Untersuchungen zum Kupfereintrag einer Kupferfassade und zur Wirksamkeit einer Eisenhydroxid-Sickerschicht zur Abtrennung von Kupfer aus dem Fassadenwasser. Zwischenbericht 1.Juni 2001. Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Dübendorf.
- Gouman, E. (2004) Reduction of Zinc Emissions from Buildings. The Policy of Amsterdam. *Water Science & Technology* 49 (3). S. 189–196.
- He, W. (2002) Atmospheric Corrosion and Runoff Processes on Copper and Zinc as Roofing Materials. Dissertation. Royal Institute of Technology (Kungl Tekniska Högskolan - KTH). Department of Materials Science and Engineering. Division of Corrosion Science. Stockholm.
- Heijungs, R.; Guinée, J. B.; Huppes, G.; Lankreijer, R. M.; Udo de Haes, H.; Wegener Sleeswijk, A.; Ansems, A. M. M.; Eggels, P. G.; Duin, A. M. M. v.; Goede, H. P. d. (1992) Environmental Life Cycle Assessment of Products. Backgrounds - October 1992. Hrsg. von Centre of Environmental Science. Leiden.
- Huber, J. (1995) Nachhaltige Entwicklung: Strategien für eine ökologische und soziale Erdpolitik. Hrsg. von Edition Sigma. Berlin.
- Kavka, G.; Kreitner, P.; Krämer, D.; Mauthner-Weber, R.; Ofenböck, G.; Rauchbüchl, A.; Rödinger, W.; Siegel, P.; Vekilov, M. (2000) Wasserbeschaffenheit und Güte der Österreichischen Donau unter besonderer Berücksichtigung der langzeitlichen Entwicklung. 10. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft. Bundesamt für Wasserwirtschaft. Wien.
- Krüger, J.; Gerke, M.; Jessen, S.; Kiehne, C.; Köneke, M.; Manthey, J.; Neumann, E.; Rombach, E.; Schlimbach, J.; Winkler, P. (2001) Sachbilanz Zink. Hrsg. von Verlag Mainz. Aachen.
- Ligthart, T. N.; Korenromp, R. H. J.; Annokkée, G. J. (2001) Emissions of hazardous substances from finished products. 2001/121. TNO-MEP. Netherland Organization for Applied Scientific Research (TNO). Environment, energy and Process Innovation. Apeldoorn.
- Lohm, U.; Anderberg, S.; Bergbäck, B. (1994) Industrial metabolism at the national level: A case-study on chromium and lead pollution in Sweden, 1880-1980. In: Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. Hrsg. von R. U. Ayres und Simonis, U. E. Tokyo. United Nations University Press. S. 376.
- MA30 (2001) Regenwasserstrategien. 04.07.2002. wien.at/kanal/regen.htm.
- Mitteilung (EG) 264 (2001) Mitteilung der Kommission. Nachhaltige Entwicklung in Europa für eine bessere Welt: Strategie der Europäischen Union für die nachhaltige Entwicklung. 15.05.2001.
- Mitteilung (EG) 572 (2003) Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Entwicklung einer thematischen Strategie für die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen. 01.10.2003.

- Mohlander, U. (2003) Persönliche Mitteilungen bezüglich Maßnahmen zur Reduktion diffuser Emissionen. Environmental & Health Administration. Department of Environment Monitoring. Stockholm.
- Obernosterer, R. (in Bearbeitung) Methodische Ansätze zur Bewertung diffuser Emissionen aus urbanen Metallagern. Dissertation. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abt. Abfallwirtschaft. Wien.
- Obernosterer, R.; Brunner, P. H. (2001) Urban Metal Management: The Example of Lead. Water, Air and Soil Pollution: Focus 1 (3/4). S. 241-253.
- Obernosterer, R.; Brunner, P. H.; Daxbeck, H.; Gagan, H.; Glenck, E.; Hendriks, C.; Morf, L.; Paumann, R.; Reiner, I. (1998) Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. (Project MAc TEmPo). Case Study Report1. Urban Metabolism. The City of Vienna. Hrsg. von European Commission. 4th EC Environmental Research Programme. Research Area III. Economic and Social Aspects of the Environment. ENV4_CT96_0230. Final Report. Wien.
- Obernosterer, R.; Neumayer, S.; Daxbeck, H. (2001) Machbarkeitsstudie. Entsorgung der FCKW Altlasten (Projekt FCKW-Machbarkeitsstudie). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.
- Odnevall Wallinder, I.; Verbiest, P.; He, W.; Leygraf, C. (1998) The influence of patina age and pollutant levels on the runoff rate of zinc from roofing materials. Corrosion Science 40 (11). S. 1977-1982.
- ÖN L 1075 (1993) Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden.
- ÖN S 2088-2 (1993) Altlasten; Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden.
- Orzessek, K.; van Tilborg, W. J. M.; Reimerink, G. H. J. (1996) Zink-Abtrag deutlich vermindert. Metall 1996 (5).
- ÖWAV (2003) Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. ÖWAV-Regelblatt 514. Regelblätter des Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV) Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Wien.
- Paumann, R.; Obernosterer, R.; Brunner, P. H. (1997) Wechselwirkung zwischen anthropogenem und natürlichem Stoffhaushalt der Stadt Wien am Beispiel von Kohlenstoff, Stickstoff und Blei. Projekt WAU. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.
- Pohl, W.-H.; Behr, R. (1999) Titanzink - Korrosionsverhalten bei atmosphärischer Beanspruchung. Metall (5).
- Rees, W. (1992) Ecological footprints and appropriate carrying capacity: what urban economics leaves out. Environment and Urbanization 4 (2). S. 121-130.

- Rees, W.; Wackernagel, M. (1994) Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: Measuring the Natural Capital Requirements of the Human Economy. In: Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability. Hrsg. von A. M. Jansson; Hammer, M.; Folke, C. und Costanza, R. Washington D.C. Island Press. S. 362-390.
- Richtlinie (EG) 42 (2001) Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme. Strategische Umweltprüfung (SUP). 17.06.2001.
- Richtlinie (EG) 60 (2000) Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. 23.10.2000.
- Schandl, H.; Grünbühel, C. M.; Haberl, H.; Weisz, H. (2002) Handbook of Physical Accounting. Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities. MFA - EFA - HANPP. Version 1.0. Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (IFF), Department of Social Ecology. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management. Division V/10 – Environmental Economics and Energy. Wien.
- Schmidt-Bleek, F. (1994) MIPS - A Universal Ecologic Measure. Fresenius Environmental Bulletin (No. 8). S. 407-412.
- Schmidt-Bleek, F. (1998) Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch - mehr Lebensqualität durch Faktor 10. Hrsg. von Droemer Knaur. München.
- Steiner, G.; Stark, W.; Pilz, H.; Hutterer, H. (2000) Analysis of the Fundamental Concepts of Resource Management. GUA. Brüssel.
- Swedish Corrosion Institute (2001) UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). ICP Materials. International Co-operative Programme on Effects on Materials, including Historic and Cultural Monuments. Brochure. Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (wge). Stockholm.
- Thornton, I.; Wilderer, P.; Butler, D.; Docx, P.; Hession, M.; Makropoulos, C.; McMullen, M.; Nieuwenhuijsen, M.; Pitman, A.; Rautiu, R.; Sawyer, R.; Smith, S.; White, D.; Paris, S.; Marani, D.; Braguglia, C.; Palerm, J. (2001) Pollutants in urban waste water and sewage sludge. European Commission. Luxemburg.
- UBA Berlin (2003) Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas). 18.09.2003. www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum.
- Voet, E. v. d.; Kleijn, R. (1998) Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. (Project MAc TEmPo). Case Study Report 3. Chlorine in Western Europe. Hrsg. von European Commission. 4th EC Environmental Research Programme. Research Area III. Economic and Social Aspects of the Environment. ENV4_CT96_0230. Leiden.
- Weizsäcker, E. U. v.; Lovins, A. B.; Lovins, L. H. (1995) Faktor vier : doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch : der neue Bericht an den Club of Rome. Hrsg. von Droemer Knaur. München.

WHO (2003) WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Third edition. DRAFT – 11 March 2003. WHO. Genf.

Wimmer, M.; Meisriemler, P.; Einzelberger-Heis, E.; Friesenecker, R.; Deutsch, K.; Unterweger, A.; Rauchbüchl, A.; Friehs, B.; Krämer, D.; Lesky, U.; Pattermann, M.; Sossau, C.; Szinovatz, H.; Buhmann, D.; Polzer, E.; Nagel, G.; Traer, K.; Philipp, A.; Konheisner, G. (2003) Wasserrahmenrichtlinie. Qualitätsziele für chemische Stoffe in Oberflächengewässern. Ausgearbeitet vom Arbeitskreis Chemie/Überwachung Ziele. Stand 30. April 2003. BMLFUW. Wien.