TA-SWISS, 2006a: Publifocus „Nanotechnologien – Bedeutung für Gesundheit und Umwelt". Projektbeschrieb für die Durchführung eines Dialog-Verfahrens mit Bürgerinnen und Bürgern. Verfasser: Emmenegger, M. Bern: Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat (nicht veröffentlicht).

TA-SWISS, 2006b: Nano! Nanu? Informationsbroschüre für den Publifocus „Nanotechnologien und ihre Bedeutung für Gesundheit und Umwelt". Verfasser: Cerutti, H., TA-P8 IB/2006. Bern: Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat

TA-SWISS, 2006c: Nanotechnologien in der Schweiz: Herausforderungen erkannt. Bericht zum Dialogverfahren publifocus „Nanotechnologien und ihre Bedeutung für Gesundheit und Umwelt". Bericht von Rey, L.; Emmenegger, M. TA-P 8/2006d. Bern: Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat

Wilsdon, J.; Willis, R., 2004: See-Through Science: Why Public Engagement Needs to Move Upstream. London: Demos

Wynne, B., 2001: Creating Public Alienation: Expert Cultures of Risk and Ethics on GMOs. In: Science as Culture 10/4 (2001), S. 445-81

Kontakt

Regula Valérie Burri
Collegium Helveticum
ETH Zürich / University of Zurich
Schmelzbergstraße 25, 8092 Zürich, Schweiz
Tel.: +41 - 44 - 632 - 08 69
Fax: +41 - 44 - 632 - 12 04
E-Mail: burri@collegium.ethz.ch

« »

ITAS-Projekt zu Ressourcen- und Abfallmanagement von Cadmium in Deutschland legt Abschlussbericht vor

von Klaus-Rainer Bräutigam, Matthias Achternbosch, Christel Kupsch und Gerhard Sardemann, ITAS

Ziel des Projektes ist die Darstellung von Problemen, die mit der Verwendung von Cadmium unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten verbunden sind. Dazu wurden für den Zeitraum 1995 bis 2001 Cadmiumbilanzen zum deutschen Wirtschaftskreislauf erstellt. Cadmium fällt in Deutschland bis heute als Nebenprodukt bei der Zinkherstellung an, wird vermarktet aber auch in wachsender Menge deponiert. Hauptanwendungsgebiet von Cadmium sind Nickel-Cadmium-Akkumulatoren. Vor allem die Kreislaufführung des in Geräteakkus enthaltenen Cadmiums ist ein Problem und führt durch nicht ordnungsgemäß entsorgte Akkus zu einem Eintrag in die Siedlungsabfälle. Begünstigt wird dies durch den teils langen Verbleib der Geräte mit dem darin enthaltenen Cadmium beim Verbraucher. Internationale Verflechtungen der Hersteller führen zu weiteren Nachhaltigkeitsproblemen.

1 Einleitung

Das zum ITAS-Forschungsbereich „Umwelt und Ressourcenmanagement" gehörende Projekt „Ressourcen- und Abfallmanagement von Cadmium in Deutschland" wird im Juli 2007 seinen Abschlußbericht vorlegen (Bräutigam et al. 2007). Die Arbeiten in diesem Forschungsbereich sollen u. a. Wissen zur Ressourcennutzung und zu Quantitäten und Qualitäten von Stoffströmen, zu deren Ursachen und Wirkungen bereitstellen sowie die gewonnenen Ergebnisse im Hinblick auf Nachhaltigkeitsziele diskutieren. Damit soll ein gezieltes Management der Nutzung von Ressourcen ermöglicht werden. Am Beispiel des toxischen Stoffes Cadmium werden im Abschlußbericht zur Studie die Stoffströme analysiert, die in den Jahren 1995 bis 2001 in Deutschland mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Cadmium bzw. cadmiumhaltiger Produkte verbunden waren. Aufgrund der Toxizität von Cadmium sollten dessen Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen auf ein

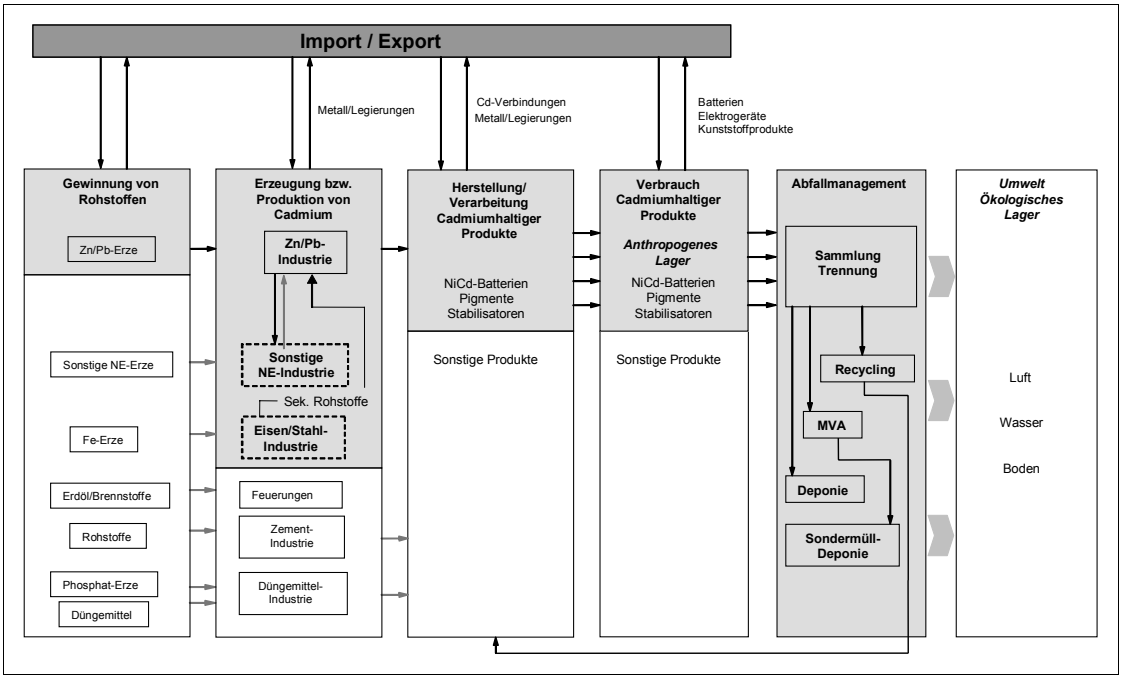
Mindestmaß reduziert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, trat auf europäischer und auf nationaler Ebene in den letzten Jahren eine Vielzahl gesetzlicher Regelungen in Kraft (so z. B. die Batterieverordnung und die Chemikalienverbotsverordnung), und es wurden freiwillige Selbstverpflichtungen vereinbart. Die Auswirkungen dieser Regelungen auf den Stofffluss von Cadmium wurden daher in dieser Studie mit betrachtet. Auf der Basis dieser Analysen wurde dann vor dem Hintergrund des in ITAS entwickelten integrativen Nachhaltigkeitskonzeptes die Problematik der Verwendung von toxischen Stoffen im Wirtschaftskreislauf, bestehend aus der gesamten Kette von der Produktion über die Nutzung bis zur Entsorgung, beleuchtet.

2 Methodische Vorgehensweise

Auf der Basis von Literatur- und Internetrecherchen sowie durch Kontakte mit der einschlägigen Industrie (Zink- und Bleihütten, Hersteller cadmiumhaltiger Produkte, Verbände), die durch eigene Abschätzungen ergänzt wurden, konnten Bilanzen zu den Cadmiumstoffströmen für die verschiedenen Jahre des Untersuchungszeitraums aufgestellt werden. Berücksichtigt wurden die Prozesse der Cadmiumerzeugung in den deutschen Zink- und Bleihütten, die Verwendung von Cadmium in Nickel-Cadmium-Batterien (NiCd-Batterien) sowie der Einsatz cadmiumhaltiger Stabilisatoren und Pigmente bei der Herstellung von Konsumgütern. Durch den weltweiten Handel von Cadmium und cadmiumhaltigen Produkten erwies es sich als notwendig, die nationalen Stoffströme nicht isoliert, sondern eingebettet in den europäischen bzw. globalen Zusammenhang zu betrachten. Neben der inländischen Produktion wurde daher auch der Import und Export von Cadmium-Metall und -Oxid sowie der genannten cadmiumhaltigen Güter einbezogen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über cadmium-relevante Prozesse, Produkte und Verfahren; die Bereiche, auf die in der Studie näher eingegangen wurde, sind hervorgehoben.

In den nun folgenden Kapiteln werden die in Abbildung 1 dargestellten Bereiche „Erzeugung / Produktion von Cadmium“, „Herstellung / Verarbeitung cadmium-haltiger Produkte: die NiCd-Batterien“ und „Abfallmanagement: Recycling und Deponierung“ im Einzelnen vorgestellt.

Abb. 1: Berücksichtigte Prozesse, Produkte und Verfahren im Lebenszyklus von Cadmium in den Bilanzen für Deutschland (1995-2001)



Quelle: Bräutigam et al. 2007

Da in Deutschland die mit der Verwendung von Cadmium verbundenen Stoffströme größtenteils auf den Einsatz von NiCd-Batterien zurückzuführen sind, stehen diese in den folgenden Ausführungen im Fokus.

3 Ausgewählte Prozesse, Produkte und Verfahren im Lebenszyklus von Cadmium

3.1 Erzeugung von Cadmium

Trotz der eingangs erwähnten rechtlichen Regelungen, die darauf abzielen, die Cadmiumstoffströme in der EU zu reduzieren, fällt Cadmium in Deutschland nach wie vor in großen Mengen bei der primären Zinkgewinnung an, da es Bestandteil von Zinkerzen ist. So wurden von 1995 bis 2000 von der Zinkindustrie jährlich zwischen 700 t und 1200 t Cadmiummetall und -legierungen verkauft; dieser Verkauf ging in zunehmendem Maße ins nichteuropäische Ausland für die Herstellung von NiCd-Batterien. Erst nach 2000 wurde aus wirtschaftlichen Gründen ein Teil des in der Zinkherstellung anfallenden Cadmiums deponiert, 2001 waren dies ca. 500 t.

3.2 Verwendung von Cadmium für die Herstellung von NiCd-Batterien

Der wichtigste Anwendungsbereich von Cadmium sind heute Nickel-Cadmium-Batterien zur Energiespeicherung. Entsprechend ihres Einsatzbereiches lassen sie sich in NiCd-Gerätebatterien und NiCd-Industriebatterien einteilen. Da NiCd-Batterien weltweit gehandelt werden, müssen zur Analyse der damit verbundenen Cadmiumstoffströme neben Deutschland auch die Import- und Exportbeziehungen mit anderen europäischen Staaten sowie weltweit betrachtet werden.

Die *weltweite* Produktion von NiCd-Gerätebatterien betrug in den 1990er Jahren ca. 1,5 Mrd. Zellen pro Jahr.[1] Zur Produktion dieser Batterien wurden pro Jahr mehr als *7000 t Cadmium* benötigt. Die bei der Herstellung industrieller NiCd-Zellen eingesetzten Cadmiummengen dürften nach groben Schätzungen unter 2.500 t pro Jahr liegen.

Während Ende der 1990er Jahre für Gerätebatterien in der Europäischen Union pro Jahr etwa 100 Mio. NiCd-Zellen hergestellt wurden, wurden im gleichen Zeitraum etwa 300 Mio. NiCd-Zellen in den Handel gebracht. Zwei Drittel der in den Handel gelangten Zellen wurden demzufolge importiert, insbesondere aus China und Japan. In der EU wurden Ende der 1990er Jahre industrielle Batterien mit einem Gesamtgewicht von ca. 3.500 t abgesetzt; dies entspricht einem Cadmiumgehalt von 280 t. Zur Herstellung aller *in der EU* abgesetzten Batterien (*Geräte- sowie Industriebatterien*) wurden etwa *2000 t Cadmium* benötigt.

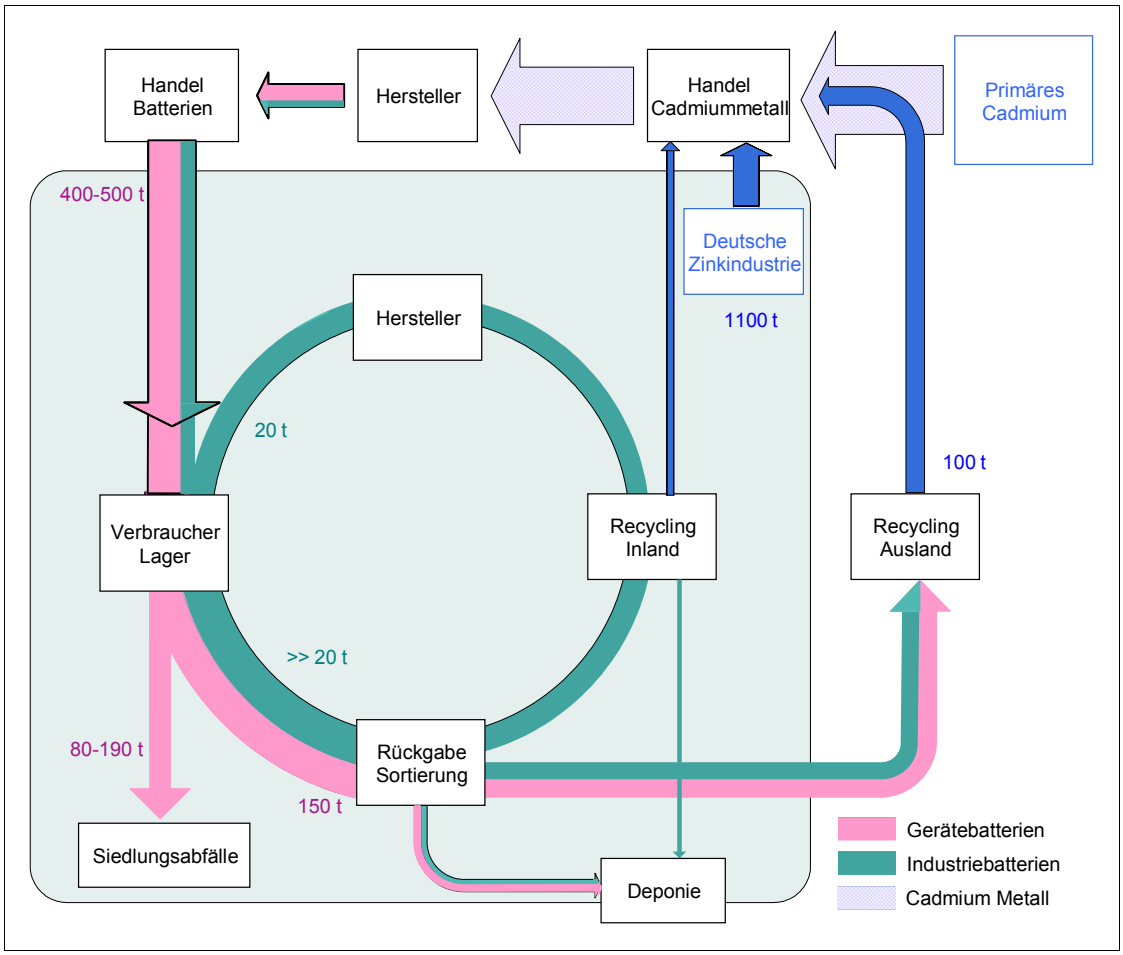
Nach Industrieangaben befinden sich noch 65-95 % der in den letzten zehn Jahren verkauften NiCd-Batterien beim Verbraucher. Diese Menge enthält EU-weit mehr als 7.000 t Cd und wächst weiter an; im Jahr 2000 wurden ihr durch die Rücknahme gebrauchter Batterien und Geräte nur ca. 600 t Cd entnommen, während ca. 1.600 t Cd hinzukamen.

Zur Herstellung der *in Deutschland* jährlich in den Handel gelangten NiCd-Gerätebatterien, wurden ca. *400-500 t Cadmium* benötigt. Davon wurden schätzungsweise 100-130 t Cadmium durch die inländische Produktion von NiCd-Gerätebatterien in Umlauf gebracht. Seit dem Jahr 2000 werden in Deutschland keine NiCd-Gerätebatterien mehr produziert. Ein Problem bei den Bilanzierungen bereiteten die bereits in elektrische Geräte eingebauten „versteckten" Batterien, da hier Angaben zum Import, Export und inländischen Verbleib fehlen. Die hierfür relevanten Daten wurden über Plausibilitätsannahmen abgeschätzt.

3.3 Abfallmanagement: Recycling von NiCd-Batterien in Deutschland

Seit Inkrafttreten der Batterieverordnung 1999 in Deutschland sind Hersteller und Importeure von Batterien zur Rücknahme ihrer Produkte verpflichtet. Viele von ihnen haben sich der Stiftung „Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien" (GRS) angeschlossen. Nur etwa ein Drittel der in Deutschland pro Jahr verkauften Batterien wird durch dieses System wieder eingesammelt. Darin enthalten sind ca. 150 t Cadmium, aus denen jährlich ca. 100 t Cadmium zurück gewonnen und anschließend wieder auf dem Weltmarkt abgesetzt werden. Ein Problem bildet die nach wie vor große Anzahl der mit dem Siedlungsmüll entsorgten Batterien, die häufig im Restabfallstrom verbleiben und mit ihm in die Müllverbrennungsanlage gelangen

Abb. 2: Batteriebezogener Wirtschaftskreislauf für Cadmium in Deutschland



Quelle: Bräutigam et al. 2007

oder deponiert werden. Abbildung 2 zeigt den batteriebezogenen Wirtschaftskreislauf für Cadmium in Deutschland.

3.4 Abfallmanagement: Siedlungsabfälle

Im Betrachtungszeitraum 1995 bis 2001 fielen in Deutschland jährlich ca. 25 Mio. t Siedlungsabfälle zur Beseitigung an, deren Cadmiumfracht zum größten Teil durch Batterien bestimmt wird. Nach unseren Abschätzungen liegt die Cadmiumfracht durch Batterien in Siedlungsabfällen zwischen 80 und 190 t pro Jahr. Bis Ende Mai 2005 (nach diesem Zeitpunkt dürfen in Deutschland keine unbehandelten Siedlungsabfälle mehr abgelagert werden) wurde etwa die Hälfte dieser Siedlungsabfälle deponiert, der Rest einer thermischen Behandlung zugeführt.

Die verschiedenen cadmiumhaltigen Abfallfraktionen dürften sich auf der Deponie langfristig unterschiedlich verhalten. Eine Freisetzung von Cadmium kann dabei langfristig nicht ausgeschlossen werden. Inwieweit mit dieser Freisetzung eine Kontamination des Grundwassers verbunden ist, hängt von den technischen Gegebenheiten der jeweiligen Deponie ab.

Bei dem in Müllverbrennungsanlagen behandelten Anteil der Siedlungsabfälle gelangt das Cadmium überwiegend in die Partikelphase des Rohgases und befindet sich nach der Verbrennung weitgehend in den abgeschiedenen Filterstäuben (75-90 %). Nur ein kleiner Teil gelangt in die Schlacken (10-25 %). Die Filterstäube werden auf Deponien für besonders überwachungsbedürftige Abfälle entsorgt. Ein wirtschaftlich einsetzbares Behandlungsverfahren, das eine Verwertung von Filterstäuben ermöglichen würde, existiert bisher nicht. Die

anfallenden Schlacken müssen aufbereitet werden und können, sofern sie bestimmte Qualitätsstandards einhalten, u. a. im Straßenbau sowie als Verfüllmaterial im Hochbau verwertet werden. In einzelnen Fällen kann der Cadmiumgehalt in den Schlacken so hoch sein, dass sie nicht verwertet werden können. Im Jahr 2002 wurden von den 2,9 Mio. t aufbereiteter Schlacken ca. 70 % baustofflich verwertet. Der Rest wurde anderweitig entsorgt (Versatz, Deponie).

4 Diskussion der Ergebnisse unter Nachhaltigkeitsaspekten

Anhand der aufgeführten Beispiele lassen sich grundlegende Probleme und Zielkonflikte identifizieren, wenn eine weitere Einschleusung von Cadmium in den Wirtschaftskreislauf unterbunden bzw. begrenzt werden soll.

Ein wesentlicher Aspekt ist die Erzeugung von Cadmium bei der primären Zinkproduktion. So lange der Zinkbedarf im weltweiten Wirtschaftssystem nicht durch sekundäres Zink gedeckt werden kann und somit in großen Mengen primäres Zink aus cadmiumhaltigen Erzen gewonnen werden muss, wird Cadmium anfallen. Die Zinkindustrie ist somit Sammel- und Verteilungsstelle für Cadmium. Für den Verbleib des hier erzeugten Cadmiums bestehen zwei Möglichkeiten: Entweder wird es in den Wirtschaftskreislauf eingebracht oder unmittelbar deponiert.

Solange eine Nachfrage nach Cadmium besteht und die Produktion rentabel ist, werden Cadmiummetall und -legierungen hergestellt, exportiert und in den globalen Wirtschaftskreislauf eingebracht. Aus diesem Grund sollten Exporteure eine internationale Verantwortung in der Weise wahrnehmen, indem sie prüfen, ob Umweltstandards im belieferten Land hinreichend garantiert werden können. Ein Teil des exportierten Cadmiums verbleibt im Ausland und muss letztendlich auch dort entsorgt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Umweltstandards in den einzelnen Ländern besteht jedoch das Risiko, dass Cadmium aus dem Wirtschaftskreislauf „verloren“ geht und lokal zu Umweltproblemen führen kann. Inländisch muss nur für die Cadmiummengen Vorsorge betrieben werden, die in Form von Produkten wieder ins Land zurückkommen.

Eine Möglichkeit, den Cadmiumeintrag in den Wirtschaftskreislauf zu unterbinden, wäre die unmittelbare Deponierung nach der Cadmiumgewinnung. In diesem Fall müssten etwa Aspekte der möglicherweise erst langfristig eintretenden und heute noch nicht umfassend bekannten Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen des Deponierens sowie die für die verschiedenen Sicherheitsmaßnahmen erforderlichen ökonomischen Aufwendungen berücksichtigt werden.

Eine andere Möglichkeit des Cadmiummanagements ist der gezielte, kontrollierte Eintrag von Cadmium in Produkte. Damit verbunden ist jedoch die potenziell umwelt- und gesundheitsrelevante Verteilung in die verschiedenen Systeme. Folgende Aspekte sind hierbei zu berücksichtigen: Im Allgemeinen geht keine Gefährdung von (z. T. recht langlebigen) Produkten aus, in denen Cadmium enthalten ist (wie z. B. NiCd-Batterien), so lange sich die Produkte in Gebrauch befinden. Die problematischen Inhaltsstoffe dieser Produkte können durch Recyceln zurück gewonnen oder aber einer kontrollierten Deponierung zugeführt werden. Unter Nachhaltigkeitsaspekten wäre es sinnvoll, den Prozess der Rückgabe oder Deponierung zu optimieren; hierfür könnten gezielte (ökonomische) Anreize, etwa über die Einführung eines Pfands oder vergleichbare Mechanismen, geschaffen werden.

In der derzeitigen, vor allem politischen Diskussion wird dem generellen Ziel der (geschlossenen) Kreislaufführung (vor allem im Kreislaufwirtschaftsgesetz) Priorität beigemessen. Wie jedoch das Beispiel NiCd-Batterien zeigt, ist eine vollständige Kreislaufführung nicht möglich. Zur Kreislaufführung wäre zunächst ein vollständiger Rücklauf der in Verkehr gebrachten Waren notwendig, der sich nicht nur auf ein Land oder Europa bezieht, sondern global gesehen werden muss. Welche Probleme damit verbunden sind, liegt auf der Hand. Aber selbst wenn dies perfekt gelingen würde, würden bei den verschiedenen Schritten des Recyclings und der Produktion gewisse Anteile des betrachteten Stoffs dem Kreislauf verloren gehen. Inwieweit diese Strategie auch unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten vorteilhaft gegenüber Alternativen zu bewerten wäre, muss diskutiert werden.

Auch im Bereich der Abfallwirtschaft orientieren sich gesellschaftliche Akteure bei ihren Entscheidungen häufig vor allem an öko-

nomischen Kriterien und handeln in eher kurzfristiger Perspektive. Im Falle der zinkherstellenden Unternehmen drückt sich dies z. B. darin aus, dass sie die strategische Entscheidung, wo das erzeugte Cadmium verbleiben soll, derzeit vornehmlich auf der Grundlage betriebswirtschaftlicher Kriterien treffen. Andere Aspekte, wie etwa reale oder potenzielle Umwelt- und Gesundheitsrisiken der unterschiedlichen Verteilung von Cadmium oder auch Fragen der Wahrnehmung internationaler Verantwortung, spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Deswegen ist es von entscheidender Bedeutung, wirksame gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen und Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen, die für die relevanten Akteure Anreize schaffen, sich in gewünschter Weise zu verhalten. Dies bedeutet vor allem die Berücksichtigung einer längerfristigen Perspektive, der internationalen Verantwortung und einer über ökonomische Aspekte hinaus gehenden ganzheitlicheren Sichtweise. In vielen Fällen sind solche Anreizmechanismen jedoch noch nicht vorhanden.

Anmerkung

1) Dabei ist zu beachten, dass eine Batterie aus mehreren Zellen bestehen kann.

Literatur

Bräutigam, K.-R.; Achternbosch, M.; Hartlieb, N.; Kupsch, Chr.; Sardemann, G., 2007: Ressourcen- und Abfallmanagement von Cadmium in Deutschland. Karlsruhe: Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 7315

Kontakt

Dipl.-Phys. Klaus-Rainer Bräutigam
Forschungszentrum Karlsruhe
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 7247 / 82 - 48 73
Fax: +49 (0) 7247 / 82 - 48 06
E-Mail: braeutigam@itas.fzk.de
Internet: http://www.itas.fzk.de

« »

Massivwasserbau und Naturnaher Wasserbau

Weltbilder, Nachhaltigkeit, Ethik

Von Oliver Parodi, ITAS

Ausgangspunkt des abgeschlossenen Dissertationsprojekts „Massivwasserbau und Naturnaher Wasserbau: Weltbilder, Nachhaltigkeit, Ethik“[1] ist die Betrachtung von Technik als eine kulturelle Unternehmung. Philosophische und transdisziplinäre Reflexionen über Wasserbau und Technik beleuchten einerseits Hintergründe wasserbaulichen Schaffens und liefern andererseits Vorschläge zur konkreten Gestaltung von Wasserbautechnik.[2] Die Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass Technik und vor allem Großtechniken wie Wasserbau als ‚These der Gesellschaft’ zu verstehen sind. Gestaltung von Technik geschieht dabei nur an der Oberfläche auf eine rationale, planvolle Weise. Vor allem aber entfalten fundamentale, kulturelle Übereinkünfte („Weltbilder“) ihre Wirkung. „Massivwasserbau“ und „Naturnaher Wasserbau“ lassen sich als Technikstile nahtlos in die ideengeschichtlichen Stränge eines possessionistischen und eines sympathetischen Weltbildes einordnen. Wasserbautechnik sollte als Spiegel unseres Umgangs mit der Welt stets offen sichtbar installiert werden und zur Diskussion stehen.

1 Einführung

Mit zunehmendem organisatorischem und technischem Vermögen prägten Menschen immer stärker Flüsse und Flusslandschaften. Stand seit der Industrialisierung die technische Nutzbarmachung des Gewässers im Vordergrund, so lässt sich seit wenigen Jahrzehnten ein deutlicher Umschwung im Wasserbau erkennen. Vermehrt wird bei flussbaulichen Eingriffen ökologischen Gesichtspunkten Gewicht beigemessen. Unter dem Leitbild der „Naturnähe“ werden heute alte ingenieurtechnische ‚Fehler’ mit hohem Aufwand wieder ausgeglichen.

Vor diesem zeitgeschichtlichen Hintergrund folgt das Dissertationsprojekt dem Anliegen, über die Reflexion der wasserbaulichen Praxis einerseits zur *Gestaltbarkeit von Technik* (Parodi 2006, Kap. 2-4) allgemein und andererseits konkret zur „vernünftigen“ und