

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 3711065 499

Analyse der Effizienz von Maßnahmen und Entwicklung von Strategien zur Verbesserung der internationalen Chemikaliensicherheit hinsichtlich der Auswirkungen für Mensch und Umwelt

von

Sven Hagemann,
Barbara Bischofer

Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES

November 2013

Berichtskennblatt

| | |
|--|---|
| Berichtsnummer | UBA-FB 00 |
| Titel des Berichts | Analyse der Effizienz von Maßnahmen und Entwicklung von Strategien zur Verbesserung der internationalen Chemikaliensicherheit hinsichtlich der Auswirkungen für Mensch und Umwelt |
| Autor(en) (Name, Vorname) | Hagemann, Sven; Bischofer, Barbara |
| Durchführende Institution (Name, Anschrift) | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH Schwertnergasse 1 50667 Köln |
| Fördernde Institution | Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau |
| Abschlussdatum | 30.11.2013 |
| Forschungskennzahl (FKZ) | UFOPLAN 3711065 499 |
| Seitenzahl des Berichts | 81 |
| Zusätzliche Angaben | Dem Bericht ist ein Anhang beigefügt |
| Schlagwörter | Quecksilber, Übereinkommen, Produkte, Prozesse, Amalgam, Emissionen |

Report Cover Sheet

| | |
|--|---|
| Report No. | UBA-FB 00 |
| Report Title | Analysis of the efficiency of measures and development of strategies to improve the international chemical safety with respect to the human environment |
| Author(s) (Family Name, First Name) | Hagemann, Sven; Bischofer, Barbara |
| Performing Organisation (Name, Address) | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH Schwertnergasse 1 50667 Köln |
| Funding Agency | Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau |
| Report Date | 30.11.2013 |
| Project No. (FKZ) | UFOPLAN 3711065 499 |
| No. of Pages | 81 |
| Supplementary Notes | This report is supplemented with an appendix |
| Keywords | Mercury, convention, products, processes, amalgam, emissions |

Kurzbeschreibung

Quecksilber und seine Verbindungen stellen aufgrund ihrer Toxizität eine potentielle Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit dar. Eine wesentliche Quelle der Exposition von Menschen und der Kontamination von Böden und Gewässern ist die Verwendung von Quecksilber in Produkten, in industriellen Prozessen und bei der handwerklichen Aufbereitung von Golderzen. Diese Themen waren neben anderen Gegenstand von Verhandlungen zu einem globalen Quecksilberübereinkommen unter dem Dach des Umweltprogramms der Vereinten Nationen. Im Zuge des Vorhabens war zu prüfen, ob die vorgeschlagenen Regelungen technisch und ökonomisch machbar sind. Besondere Schwerpunkte waren der Einsatz von Quecksilber in Zahnfüllstoffen (Dentalamalgam), die Verwendung von Quecksilber bei der Herstellung von Alkoholaten und bei der Produktion von Chlor und Alkalihydroxiden.

Es wurde gezeigt, dass für die meisten relevanten Produkte und Prozesse Alternativen zur Verfügung stehen, die ohne Quecksilber auskommen. Jedoch gibt es einige spezielle Anwendungen, die weiterhin quecksilberhaltige Produkte benötigen. Für diese sollte es auch in Zukunft Ausnahmen von Restriktionen geben. Hierzu gehören Forschung, Kalibrierung von Messgeräten und spezifische militärische Anwendungen. Weiterhin bestehen für einige Produkte und Prozesse noch zusätzliche Hindernisse für einen baldigen Verzicht. Hierzu gehört insbesondere Dentalamalgam. Zwar stehen effektive quecksilberfreie Füllungsmaterialien zur Verfügung, ihre Anwendung ist aber deutlich teurer. Es ergeben sich daher Mehrbelastungen für das Gesundheitssystem und die Patienten. Besonders für Entwicklungsländer muss sichergestellt sein, dass ein schrittweiser Verzicht auf Amalgam nicht zu Einschränkungen der zahnmedizinischen Versorgung führt.

Im Bereich der Prozesse wird die Chlor-Alkali-Produktion auf der Basis von Quecksilber-Zellen in den nächsten Jahren vollständig durch quecksilberfreie Verfahren ersetzt werden können. Auch für das technologisch sehr eng verwandte Verfahren zur Herstellung von bestimmten Alkali-Alkoholaten liegen Prozess-Alternativen vor. Es lässt sich jedoch noch nicht sicher feststellen, ob der Marktbedarf für diese Alkoholate aus quecksilberfreier Produktion auch kurzfristig in ausreichender Qualität und Quantität gedeckt werden könnte.

Die Umsetzung des im Oktober 2013 unterzeichneten Minamata-Übereinkommens wird besonders die Entwicklungsländer vor große Herausforderungen stellen. Sie werden technische und organisatorische Unterstützung benötigen, um quecksilberbezogene Risiken zu identifizieren und zu behandeln, die von den Regelungen des Vertrages betroffen sind. Hier sind also noch zusätzliche Anstrengungen notwendig um eine schnelle Implementierung der vertraglichen Verpflichtungen zu erleichtern.

Abstract

Due to their toxicity mercury and its compounds pose a potential threat for the environment and human health. One significant source of human exposition and contamination of soil and water is the use of mercury in products, in industrial processes and in artisanal processing of gold ores. Among others, these topics were in the focus of negotiations on a global mercury treaty under the roof of the United Nations Environmental Program. In the course of this project it was examined, whether the proposed regulations are technically and economically feasible. A special focus was given to mercury in dental filling products (dental amalgam), the use of mercury in the production of alkylates and in the production of chlorine and alkali hydroxides.

It was shown that for most of the relevant products and processes alternatives are available that do without mercury. However, there are some specialized applications that still require mercury-added products. Such applications should be excluded from product restrictions. They compromise research, calibration of measuring devices and specific military applications. Furthermore, for some products and processes there are additional obstacles to a soon phase-out. Part of these is dental amalgam. Although effective and mercury-free filling materials are available, their use is significantly more costly –resulting in potential extra burdens for the health care system and the patients. Especially in developing countries it must be made sure that a phase-down of amalgam does not lead to restrictions in dental care.

In the area of processes the mercury cell based chlor-alkali production will be completely substituted by mercury free technologies in the coming years. For the technically very closely related method for the synthesis of alkali alkoxides mercury-free alternatives are available as well. It could not be determined, however, whether the market demand for these alkoxides could be met by mercury-free production in short term and in the required quality and quantity.

The implementation of the Minamata Convention which was signed in October 2013 will be a challenge particularly for developing countries. They will need technical and organizational assistance in order to identify and manage mercury related risks that are addressed by the provisions in the treaty. Thus, further efforts are required to facilitate a fast implementation of the treaty`s obligation-

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Zusammenfassung | 11 |
| 1.1 | Hintergrund und Zielsetzung | 11 |
| 1.2 | Regelungsansätze zur Behandlung von Quecksilberhaltigen Produkten..... | 12 |
| 1.3 | Einsatz von Quecksilber in elektronischen Produkten und Messgeräten..... | 12 |
| 1.4 | Einsatz von Quecksilber in Medizinprodukten und Arzneimitteln..... | 14 |
| 1.5 | Einsatz von Quecksilber in Produktionsprozessen | 15 |
| 1.6 | Einsatz von Quecksilber im kleingewerblichen Bergbau von Gold und Silber | 16 |
| 1.7 | Sekundärer Quecksilberbergbau..... | 17 |
| 1.8 | Quecksilber-Angebot und Handel | 17 |
| 1.9 | Fazit und Ausblick | 19 |
| 2 | Summary | 21 |
| 2.1 | Background and Objective | 21 |
| 2.2 | Regulatory approaches to address mercury added products..... | 22 |
| 2.3 | Use of mercury in electronic products and measuring devices..... | 22 |
| 2.4 | Use of mercury in medical devices and pharmaceutical products | 23 |
| 2.5 | Use of mercury in processes..... | 25 |
| 2.6 | Use of mercury in small scale mining of gold and silver | 26 |
| 2.7 | Secondary mercury mining | 26 |
| 2.8 | Mercury supply and trade | 26 |
| 2.9 | Conclusion and outlook..... | 28 |
| 3 | Ausgangssituation zu Beginn des Vorhabens und Zielsetzung | 30 |
| 3.1 | Risiko durch Verwendung von Quecksilber..... | 30 |
| 3.2 | Rechtlich verbindliche Regelungen in der EU und Verhandlungen auf Ebene der Vereinten Nationen..... | 30 |
| 3.3 | Zielsetzung | 30 |
| 4 | Fragestellungen im Vorlauf der dritten Sitzung der Verhandlungsgruppe..... | 32 |
| 4.1 | Signifikanz des kleinskaligen Silberbergbaus | 32 |
| 4.2 | Analyse und Bewertung von Optionen zu Regelungen zur Gewinnung, Nutzung, und Freisetzung von Quecksilber innerhalb des Entwurfes INC.3/3 | 34 |
| 5 | Fragestellungen im Vorlauf der vierten Sitzung der Verhandlungsgruppe | 53 |
| 5.1 | Übersicht über Hersteller, die Alkoholate und Kaliumhydroxid ohne Einsatz von Quecksilber herstellen | 53 |
| 5.2 | Bewertung der BIOIS-Studie zu Dentalamalgam und Batterien..... | 55 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.3 | Analyse des Norwegischen Vorschlags zur Regelung von Prozessen | 57 |
| 5.4 | Bewertung der Effizienz und Machbarkeit von Regelungsalternativen zu "Angebot und Nachfrage" (Artikel 3,5, und 5 sowie Annexe A und B des Übereinkommensentwurfes) | 62 |
| 5.5 | Abschätzung potentieller Zusatzkosten für das Gesundheitssystem beim Verzicht auf Amalgam-Füllungen | 67 |
| 6 | Fragestellungen im Vorlauf der fünften Sitzung der Verhandlungsgruppe..... | 74 |
| 6.1 | Bewertung der Ergebnisse der UNEP/AMAP-Studie zu den globalen Quecksilberemissionen | 74 |
| 6.2 | Nutzen und Risiken der Substitution von Dentalamalgam - Zusammenfassung und Bewertung der Studie von BIO..... | 76 |
| 6.3 | Alternativen zur Herstellung von Kaliumalkoholaten..... | 84 |
| 6.4 | Quecksilberemissionen aufgrund der Wiederaufbereitung historischer Aufbereitungsrückstände des Silberbergbaus..... | 89 |
| 6.5 | Bewertung weiterer Informationen zur Produktion von Alkalialkoholaten von EnviroCat (November 2012) | 89 |
| 7 | Fragestellungen im Nachgang der fünften Sitzung der Verhandlungsgruppe..... | 92 |
| 7.1 | Bewertung zu der vom SCHER Komitee am 28. Juni 2013 verabschiedeten "Vorläufigen Meinung zu den Umweltrisiken und den indirekten Gesundheitseffekten von Quecksilber aus Dentalamalgam" | 92 |
| 7.2 | Anwendbarkeit des Minamata-Übereinkommens auf die Forschung | 94 |
| 8 | Zusammenfassung | 97 |
| | Quellenverzeichnis..... | 104 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| Tab. 1 | Silber- und Goldpreise (Quelle: Gold.de)..... | 32 |
| Tab. 2: | Regelungsvorschläge zu Primärbergbau und Primärquecksilber (Artikel 3)..... | 35 |
| Tab. 3: | Regelungsvorschläge zu Quecksilber aus anderen Quellen (Artikel 3)..... | 36 |
| Tab. 4: | Regelungsvorschläge zu Handel mit Vertragsstaaten | 40 |
| Tab. 5: | Regelungsvorschläge zu Produkten | 43 |
| Tab. 6: | Regelungsvorschläge zu Quecksilber in Prozessen | 50 |
| Tab. 7: | Übersicht über Hersteller von Alkali-Alkoholaten und hochreiner KOH | 54 |
| Tab. 8: | Produzenten von Natriummethylat (Sodium Methylate Importers Association 2011)..... | 61 |
| Tab. 9: | Übersicht über die in 2009 von den gesetzlichen Krankenkassen abgerechneten Füllungen (Quelle: Gesundheitsberichterstattung des Bundes auf Basis der Einzelleistungstatistik (vertragszahnärztliche Versorgung) der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (KZBV 2011) | 68 |
| Tab. 10: | BEMA Punktwerte für 2009 (KZBV 2010) | 68 |
| Tab. 11: | BEMA Punktzahlen für Zahnfüllung im Jahr 2009 (KZBV 2010)..... | 70 |
| Tab. 12: | Gesamtkosten für Amalgam- und Kompositfüllung..... | 71 |
| Tab. 13: | Vergütung für Füllungen nach BEMA | 73 |
| Tab. 14: | Kosten zur Entfernung von zusätzlichen 90% Quecksilber aus Abfällen und Emissionen..... | 81 |
| Tab. 15: | Patente zur Herstellung von Alkalialkoholaten einschließlich Kaliumalkoholaten (unterstrichen: Kaliummethylat (KM) oder Kaliummethylat (KE) explizit als mögliche Produkte bezeichnet; andernfalls: Teil der Menge der allgemein beschriebener Produkte) | 87 |
| Tab. 16: | Hersteller von Kaliumalkoholaten..... | 88 |

Abkürzungen

| | |
|-------|--|
| BAT | Best Available Technique (Deutsch: BVT -Beste Verfügbare Technik) |
| BREF | Best Available Techniques Reference (Deutsch: BVT-Merkblatt) |
| BVT | Beste Verfügbare Technik |
| EU: | Europäische Union |
| NAP: | Nationaler Aktionsplan |
| NIP: | Nationaler Implementierungsplan |
| OSPAR | Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic |
| UNEP: | United Nations Environmental Programme |
| VCM | Vinylchlorid-Monomer |

1 Zusammenfassung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Risiko für Umwelt und Gesundheit

Quecksilber und seine Verbindungen stellen aufgrund ihrer Toxizität eine potentielle Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit dar. Zwar kommt Quecksilber auch natürlich vor, die in der Umwelt beobachteten Konzentrationen sind aber größtenteils auf anthropogene Emissionen zurückzuführen. Zu den wichtigen Emissionsquellen gehören industrielle und handwerkliche Prozesse, bei denen Quecksilber oder Quecksilberverbindungen eingesetzt werden: die Vinylchlorid-Produktion, die Chlor-Alkali-Produktion und das Amalgamverfahren im Goldbergbau. Daneben wird Quecksilber auch bei der Produktion, der Verwendung und der Beseitigung quecksilberhaltiger Produkte in signifikanter Menge freigesetzt.

Bisherige Regelungen in der Europäischen Union

Die Verwendung von Quecksilber in Produkten und Prozessen wird in der Europäischen Union zunehmend rechtlich eingeschränkt oder seitens der Industrie freiwillig zurückgefahren. So haben die europäischen Chlor-Produzenten angekündigt, bis 2020 freiwillig auf die Nutzung von Quecksilber bei der Chlor-Alkali-Produktion zu verzichten (EuroChlor 2000). Einige andere Prozesse spielen in der EU seit Jahrzehnten keine Rolle mehr (z.B. Vinylchlorid- oder Acetaldehyd-Produktion) oder sind bereits illegal und auf Übersee-Territorien beschränkt (Amalgamverfahren im Goldbergbau).

Regelungen auf globaler Ebene

Auf globaler Ebene spielen sich ähnliche Entwicklungen ab, doch rechtlich verbindliche Regelungen wurden meist nur von wenigen Industriestaaten getroffen. In den auf Ebene der Vereinten Nationen laufenden Verhandlungen zu einem globalen Quecksilberabkommen wurden daher Maßnahmen diskutiert, die für alle Vertragsstaaten gleichermaßen verbindlich werden sollen. Die von einigen Staaten vorgeschlagenen sehr weitgehenden und allgemeinen Nutzungsverbote bedurften vor einer Entscheidungsfindung einer eingehenden sachlichen Prüfung. Es musste sichergestellt werden, dass sich entsprechende Regelungen national auch umsetzen lassen – also technisch machbar und finanziell vertretbar sind.

Insbesondere stellt sich die Frage, ob und wenn ja zu welchem Preis effektive quecksilberfreie oder zumindest quecksilberärmere Alternativen zur Verfügung stehen. Selbst wenn Alternativen auf dem Markt vorhanden sind, ist eine Abwägung zwischen dem technischen, organisatorischen und finanziellen Aufwand und dem Nutzen für Gesundheit und Umwelt notwendig.

Verhandlungen zu einem globalen Übereinkommen

Die Verhandlungen zu einem globalen Quecksilberübereinkommen haben im Juni 2010 mit der ersten Sitzung der zwischenstaatlichen Verhandlungsgruppe (Intergovernmental Negotiation Committee - INC) in Stockholm begonnen und wurden im Januar 2011 in Chiba (Japan) fortgesetzt. Ihr Abschluss sollte nach drei weiteren Sitzungen im Oktober 2011 (Nairobi), Juni 2012 (Punta del Este, Uruguay) und Januar 2013 (Genf) erfolgen.

Bei Vorhabensbeginn lag erstmals ein konsistenter Entwurf des Vertragstextes vor. Er enthielt alternative Regelungskonzepte und Regelungsinhalte, die die Grundlage der Verhandlungen werden sollten. Besonders in den technisch orientierten Vertragsteilen, die sich mit Angebot und Nachfrage, Produkten, Prozessen und Emissionen beschäftigten, sollte geprüft werden, ob die vorgeschlagenen Regelungsansätze technisch machbar, effektiv und ökonomisch vertretbar waren. Hierbei war besonders die Situation von Entwicklungsländern zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf Produkte, die zum Verbot vorgeschlagen wurden, stellte sich die Frage, ob es für alle Anwendungen gleichwertige quecksilberfreie Alternativen zur Verfügung stehen, welche Markthemmnisse bestehen und welche Konsequenzen ein Verbot für die Anwender hätte.

Bei der Prozessen, seien sie handwerklicher oder industrieller Natur sollte geklärt werden, inwieweit die vorgeschlagenen Regelungen in den betroffenen Ländern umsetzbar sind und welche umweltpolitischen und ökonomischen Folgen Beschränkungen voraussichtlich haben werden.

Die Analysen sollten sich eng am jeweiligen Verhandlungsstand orientieren, so dass den deutschen Verhandlungsteilnehmern kurzfristig und situationsbezogen eine fachlich-technische Informationsgrundlage zu technisch orientierten Fragestellungen zur Verfügung gestellt werden konnte.

1.2 Regelungsansätze zur Behandlung von Quecksilberhaltigen Produkten

Für die Regelung von Produkten wurden als Alternativen ein Totalverbot mit Ausnahmen und eine explizite Verbotsliste vorgeschlagen. Der erste Ansatz ist der effektivere, da er auch kleinere Anwendungen umfasst, die bei einer expliziten Verbotsliste nicht berücksichtigt würden. Er ist in einigen nationalen Regelwerken umgesetzt (z.B. Schweden und Dänemark). Auf der anderen Seite liegen gerade für die kleineren Anwendungen oft wenig Informationen über den Umfang der Nutzung und mögliche Substitutionshindernisse vor, so dass schwierig zu beurteilen ist, ob ein Verbot der Nutzen die Kosten überwiegt. Im Übereinkommen wurde deshalb der Ansatz einer expliziten Verbotsliste gewählt.

1.3 Einsatz von Quecksilber in elektronischen Produkten und Messgeräten

Lampen

Im Bereich der Lampen stellte sich die Frage, inwieweit die vorgeschlagenen Regelungen über bestehendes EU-Recht hinausgehen. Befürchtungen, dass quecksilberhaltige Leuchtmittel, die in der Fahrzeugindustrie eingesetzt werden, durch eine globale Regelung betroffen sein könnten, konnten entkräftet werden. Ausnahmen auf EU-Ebene liefen bereits am 1.7.2012 aus, so dass für eine ähnliche Ausnahme innerhalb eines später in Kraft tretenden Quecksilberabkommens keine Notwendigkeit mehr bestand. Hinsichtlich quecksilberhaltiger Leuchtmittel sieht die europäische RoHS-Richtlinie detaillierte Bestimmungen für Quecksilberhöchstgehalte je nach Lampentyp vor. Es wurde empfohlen, dass das Quecksilberübereinkommen eine vereinfachte Liste enthält, deren Anforderungen aber nicht wesentlich hinter die Regelung der EU zurückfallen, um minderwertige Produkte vom Markt zu verdrängen. Die Strukturierung wurde in vereinfachter Form im Minamata-Übereinkommen übernommen, jedoch mit weniger strengen Quecksilber-Höchstgehalten.

Elektronische Bauteile

Quecksilberhaltige Schalter und Relais sind mittlerweile in den meisten Anwendungsbereichen durch quecksilberfreie Produkte ersetzt worden. Es gibt jedoch eine begrenzte Zahl von Anwendungen, in denen quecksilberhaltige Schalter und Relais vorläufig weiterhin benötigt werden.

Es wurde daher empfohlen im Quecksilberübereinkommen keine generelle Ausnahme für Schalter und Relais zu formulieren, sondern die Ausnahmen explizit zu benennen. Dies ist im Minamata-Übereinkommen vorgenommen worden, indem quecksilberhaltige Schalter und Relais ab 2020 verboten werden, es aber Ausnahme für besondere Messgeräte, Überwachungs- und Kontrollinstrumente gibt.

Batterien

In der EU sind quecksilberhaltige Batterien verboten. Hiervon ausgenommen sind Knopfzellen, die bis zu 2% Quecksilber enthalten dürfen. Sowohl die amerikanischen als auch die europäischen Batteriehersteller haben bereits darauf hingewiesen, dass für alle Anwendungszwecke quecksilberfreie Alternativen vorliegen. Forderungen, die bestehende Ausnahme für Knopfzellen auch auf globale Ebene für längere Zeit festzuschreiben, erschienen daher als nicht hinreichend begründet. Es wurde daher empfohlen, die vorliegenden Erkenntnisse als Grundlage zu nehmen und quecksilberhaltige Knopfzellen allenfalls für eine kurze Übergangsfrist noch zuzulassen. Das Übereinkommen hat demgegenüber die derzeitige EU-Regelung übernommen. Es verbietet quecksilberhaltige Batterietypen ab 2020, erlaubt aber quecksilberhaltige Knopfzellen mit einem Quecksilbergehalt unter 2% über das Jahr 2020 hinaus.

Messgeräte

Quecksilberhaltige Messgeräte sind in der EU gemäß der RoHS-Richtlinie mittlerweile weitgehend verboten. Für einige Spezialanwendungen (Einheitennormale, Kalibrierungen) werden aber aus Sicht von Prüflaboratorien weiterhin einige wenige Anwendungen benötigt. Diese umfassen Quecksilbertripelpunktzellen als Fixpunkte zur Definition der Temperaturskala, Hochpräzisions-Normalmanometer zur Realisierung der Druckskala und Quecksilberporosimeter zur Messung der Porosität. In den Vorschlägen für ein Totalverbot waren für diese Produkte keine Ausnahmen vorgesehen. Nachdem das Konzept des Totalverbots aufgegeben war, standen jedoch besonders die Normalmanometer und Quecksilbertripelpunktzellen als Varianten der zu verbietenden Manometer und Thermometer noch in den Verbotslisten. Es konnte erreicht werden, dass es zum Verbot quecksilberhaltiger nicht-elektronischer Geräte eine Ausnahme für Hochpräzisions-Messeinrichtungen gibt, für die keine Alternativen verfügbar sind.

Produkte in Forschung und Entwicklung

Quecksilberhaltige Produkte werden auch in Forschung und Entwicklung eingesetzt. Die in der Forschung eingesetzten Mengen sind zudem in der Regel klein und werden unter kontrollierten Laborbedingungen verwendet, so dass eine relevante Gefährdung der Umwelt durch diese Tätigkeiten i.d.R. nicht zu befürchten ist. Es wurde daher empfohlen analog zu entsprechenden EU-Regelung eine generelle Ausnahmeregelung für Forschung und Entwicklung vorzusehen. Eine entsprechende Ausnahme für Laborforschung,

Kalibrierungszwecke und für den Einsatz als Referenzstandard wurde in das Übereinkommen aufgenommen.

Produkte für militärische Zwecke

Quecksilberhaltige Produkte werden für spezifische militärische Zwecke genutzt. Hierfür sind in verschiedenen EU-Richtlinien Ausnahmen vorgesehen, die auch im globalen Maßstab Wiederhall finden sollten. Das Übereinkommen enthält nun die Regelung, dass Produkte von den Verboten und Beschränkungen ausgenommen sind, die für den Zivilschutz und Militäranwendungen unverzichtbar sind.

1.4 Einsatz von Quecksilber in Medizinprodukten und Arzneimitteln

Regelungsbedarf

In der EU sind quecksilberhaltige Medizinprodukte, Arzneimittel und Kosmetika weitgehend vom Markt verschwunden. Ausnahmen sind Dentalamalgam sowie mit quecksilberhaltigen Konservierungsstoffen versetzte Arzneimittel und Kosmetika. Von Seiten nationaler und internationaler Gesundheitsbehörden wurde der Vorschlag vorgebracht, Medizinprodukte, Arzneimittel und Kosmetika grundsätzlich vom Abkommen auszunehmen und die Verbote von Bleichcremes und Antiseptika nationalen Regelungen zu überlassen.

Mit diesem Ansatz wäre das internationale Quecksilber-Abkommen hinter EU-Recht zurückgefallen, das in vielen Bereichen bereits jetzt weitergehende Regelungen beinhaltet. So sind die Vermarktung und der Export von quecksilberhaltigen Bleichcremes durch EU-Recht verboten. Das Übereinkommen sieht, ähnlich wie verschiedene EU-Regelungen Beschränkungen und Verbote für verschiedene Produkte vor. So werden Kosmetika mit einem Quecksilbergehalt über 1 ppm verboten, ausgenommen Augenkosmetika, die Quecksilberverbindungen als Konservierungsstoff beinhalten. Ebenso werden die in der EU nicht mehr gebräuchlichen quecksilberhaltigen Antiseptika wie auch Bleichcremes und Bleichseifen ab 2020 verboten.

Impfstoffe, Antivenome und Augentropfen

Quecksilberhaltige Konservierungsstoffe werden für Impfstoffe, Antivenome und Augentropfen verwendet. Auch wenn immer mehr Endprodukte ohne quecksilberhaltige Konservierungsstoffe auskommen, so ist noch nicht zu erkennen, ob ein vollständiger Verzicht in absehbarer Zeit möglich ist. Eine Ausnahme für Arzneimittel, die quecksilberhaltige Konservierungsstoffe enthalten, erschien daher notwendig. Im Übereinkommen wurden Impfstoffe, die das Konservierungsmittel Thiomersal enthalten, explizit von Verboten ausgenommen. Da aber Arzneimittel außer Antiseptika vom Übereinkommen nicht angesprochen werden, bleiben Produktion und Vermarktung von Antivenomen, Augentropfen und jeglicher anderer Arzneimittel gänzlich uneingeschränkt.

Thermometer und Sphygmomanometer

Die Forderung, für Thermometer und Sphygmomanometer Ausnahmen für Forschungs- und Kalibrationszwecke vorzusehen, ist nachvollziehbar, da für diese Zwecke ein vollständiger Ersatz nicht in allen Fällen nachgewiesen ist, zumal einige nationale und internationale Normen quecksilberhaltige Messgeräte immer noch vorsehen. Wenn auch Informationen

vorlagen, dass gerade für Sphygmomanometer quecksilberfreie Kalibrationsgeräte bereit stehen, so ist nicht sicher, dass diese auch global und kostengünstig verfügbar sind. Für Kalibrationszwecke sieht das Übereinkommen daher vor, dass sowohl quecksilberhaltige Thermometer als auch Sphygmomanometer weiter eingesetzt werden dürfen.-

Dentalamalgam

Die Toxizität von Dentalamalgam ist weiterhin sehr umstritten. Allgemein anerkannt ist das Risiko aufgrund nicht ordnungsgemäßer Entsorgung von Dentalamalgam-Abfällen und von Dentalamalgam-Rückständen in Abwässern von Zahnarztpraxen und Kliniken. Dentalamalgam ist in einigen europäischen Ländern mittlerweile verboten und kann in der zahnmedizinischen Behandlung vollständig durch alternative Materialien ersetzt werden. Die Situation stellt sich jedoch in vielen europäischen und außereuropäischen Ländern anders da, auch wenn ein allgemeiner Trend zum Verzicht europaweit zu erkennen ist. Aufgrund der höheren Kosten durch gleichwertige Zahnersatzmaterialien (z.B. Komposite) müssen das Gesundheitssystem oder die Patienten (je nach Beteiligungsmodell) mit Mehrkosten rechnen.

Für Deutschland wurden diese auf eine Größenordnung von 1,2 bis 1,3 Mrd. EUR pro Jahr geschätzt, von denen allerdings schon heute ca. 90% von den Patienten und Krankenkassen getragen werden, weil 90% aller Zahnfüllungen schon jetzt quecksilberfrei ausgeführt werden. Es stellt sich die Frage, ob alle Länder derzeit in der Lage sind diese Mehrkosten zu tragen oder ob die Zahnversorgung darunter leiden würde. Bei Einbeziehung potentieller externer Kosten, z.B. der Extraktion von Quecksilber aus Klärschlamm und Filterstäuben sind die Kosten für Dentalamalgam und Kompositen in etwa gleich. Allerdings ist zu beachten, dass sich die externen Zusatzkosten auch durch eine effiziente vorbeugende Abfallbehandlung (Separatoren in Dentalpraxen, Management von Amalgamabfall) effektiv und wesentlich kostengünstiger senken lassen.

Ein weltweites Verbot von Dentalamalgam hat bei den Verhandlungskonferenzen keine Mehrheit gefunden. Es wurde stattdessen der Ansatz der Weltgesundheitsorganisation implementiert, der einen schrittweisen Verzicht vorsieht („phase down“). Um das Ziel zu erreichen können die Vertragsstaaten aus einer Reihe von Maßnahmen auswählen.

1.5 Einsatz von Quecksilber in Produktionsprozessen

Chlor-Alkali-Produktion

Der Einsatz von Quecksilber in Elektrolysezellen zur Herstellung von Chlor und Alkalilauge ist weltweit im Rückgang begriffen. Der alternative Membran-Prozess kommt ohne Quecksilber aus, verbraucht weniger Energie und ist damit kostengünstiger. Die europäischen Hersteller haben einen freiwilligen Verzicht auf den Einsatz dieser Technologie bis 2020 zugesagt. Das Minamata-Übereinkommen gibt den Vertragsstaaten fünf Jahre mehr bis zur Stilllegung aller verbliebener Anlagen.

Herstellung von Alkoholaten

Eng mit der Chlor-Alkali-Produktion verwandt sind einige andere Prozesse, die ebenfalls auf der Elektrolyse mit Hilfe von Quecksilberzellen beruhen: Die Herstellung von Alkoholaten, von Alkalimetallen, von hochreiner Kaliumhydroxid-Lösung und von Natriumdithionit.

In Deutschland stehen die beiden weltweit einzigen Anlagen zur Herstellung von Alkalialkoholaten nach dem Quecksilberverfahren. Hierbei werden ebenso wie bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse Lösungen von Natrium- oder Kaliumchlorid elektrochemisch zunächst getrennt. Das entstehende Natrium- oder Kaliumamalgam wird dann mit einem Alkohol zu einem Natrium- oder Kaliumalkoholat umgesetzt. Das Quecksilberverfahren ist gegenüber anderen Verfahren ökonomisch günstiger, führt aber zu gasförmigen und flüssigen Quecksilberemissionen. Patente verschiedener Chemieunternehmen weisen darauf hin, dass alternative Verfahren für alle in Frage kommenden Alkoholate technisch machbar sind. Sie werden besonders in Nordamerika und Asien zur Herstellung von Alkoholaten angewandt. Allerdings wurden Zweifel laut, ob alle fraglichen Alkoholate auch in der erforderlichen Reinheit aus alternativen Prozessen auf dem Markt verfügbar sind. Eine Klärung konnte nicht herbeigeführt werden, so dass das Übereinkommen kein kurzfristiges Verbot der Herstellung von Alkoholaten enthält. Es fordert die Vertragsstaaten aber dazu auf, die Quecksilberemissionen aus den Anlagen bis 2020 um 50% zu reduzieren. Außerdem müssen Maßnahmen ergriffen werden mit dem Ziel die Nutzung von Quecksilber zu senken und 10 Jahre nach Inkrafttreten des Übereinkommens zu beenden.

Herstellung von Alkalimetallen und Natriumdithionit

Für die Herstellung von Kalilauge, Natrium-Metall und von Natriumdithionit werden weltweit alternative Prozesse genutzt, die ohne den Einsatz von Quecksilber auskommen. Der Marktanteil der mit dem Quecksilberzell-Verfahren hergestellten Produkte ist eher klein. Bezüglich der Produktqualitäten wurden keine Argumente bekannt, die den ausschließlichen Mehrwert von Produkten herausstreichen, die mit dem Quecksilberzell-Verfahren hergestellt wurden. Es wurde daher empfohlen, anzustreben, diese Produktionsprozesse einzustellen. Eine Ausnahmeregelung zur Weiterführung der Produktion auf der Basis des Quecksilberverfahrens erschien nicht notwendig. Im Übereinkommen werden diese drei Verfahren nicht erwähnt, sie können daher uneingeschränkt weiter genutzt werden. Allerdings untersagt das Übereinkommen die Errichtung neuer Anlagen.

1.6 Einsatz von Quecksilber im kleingewerblichen Bergbau von Gold und Silber

Silberbergbau

Die Nutzung von Quecksilber im kleingewerblichen Gold- und Silberbergbau stellt historisch und aktuell die größte Quelle von Quecksilberemissionen dar. Neben dem Goldbergbau sollte aber auch der Silberbergbau berücksichtigt werden, da er historisch sehr bedeutsam war. Etwa 196 000 t Quecksilber wurden allein für die Silberproduktion in Lateinamerika verbraucht. Auch gegenwärtig wird vereinzelt vom Einsatz berichtet, so in Chile und Mexiko. Ein besonderes Problem sind gemischte Gold-Silbererze, bei deren Aufbereitung Silber das Hauptprodukt ist. Diese sind als Silbererze anzusehen, auch wenn Gold wegen seines höheren Preises als ökonomisch wichtigeres Produkt eingestuft wird. Es wurde daher empfohlen, die Regelungen im Übereinkommen auch auf den kleinskaligen Silberbergbau auszudehnen. Dieser Ansatz konnte sich nicht durchsetzen.

Goldbergbau

Unzweifelhaft bedeutsamer ist der Verbrauch von Quecksilber im kleinskaligen Goldbergbau. Er wird, je nach Quelle, auf Werte um 1 000 t pro Jahr geschätzt. Die Emissionen und

Freisetzung aus diesem Sektor übertreffen die Emissionen aus allen Industriesektoren. Es ist deshalb sehr wichtig machbare Wege zu finden, um den Einsatz von Quecksilber einzuschränken. Verschiedene Konzepte wurden vorgeschlagen. Hierzu gehörte ein direktes Verbot der Quecksilbernutzung im Goldbergbau. Angesichts der Tatsache, dass der kleinskalige Goldbergbau schon jetzt in vielen Ländern illegal ist, wurde die Effektivität einer solchen globalen Regelung als zweifelhaft eingestuft. Auch verpflichtende Reduktionsziele dürften viele Entwicklungsländer organisatorisch und administrativ überfordern. Es wurde daher empfohlen, die betroffenen Länder zu verpflichten Aktionspläne zu entwerfen, mit denen sie ihre Ziele und Anstrengungen dokumentieren, den Einsatz von Quecksilber zu verringern. Dieser Ansatz wurde auch in der endgültigen Fassung des Übereinkommens übernommen.

1.7 Sekundärer Quecksilberbergbau

Als Folge des extensiven Silberbergbaus, besonders in Mexiko existieren dort beträchtliche Mengen an historischen Aufbereitungsrückständen, die reich an Silber, Gold und Quecksilber sind. Ihre Verarbeitung führt zu einer nicht unerheblichen Produktion von Sekundär-Quecksilber (ca. 20-30 t/a). Sollte die Wiederaufbereitung aufgrund steigender Gold- und Silberpreise weiter ansteigen, könnte der sekundäre Quecksilberbergbau zu einer wichtigen globalen Angebotsquelle werden. Darüber hinaus kann die Wiederaufbereitung zu großen Quecksilberemissionen führen. Es wurde daher empfohlen, die Verarbeitung von quecksilberhaltigen Aufbereitungsrückständen (tailings) in die Liste der Angebotsquellen zu übernehmen. Dieser Ansatz stieß während der Verhandlungen auf das Bestreben, auf eine Quellenliste ganz zu verzichten und die Liste der Emissionsquelle möglichst kurz zu halten. Die Wiederaufbereitung findet sich letztlich an keiner Stelle des Übereinkommens wieder.

1.8 Quecksilber-Angebot und Handel

Quecksilber-Bergbau

Ein wichtiger Teil der Verhandlungen beschäftigte sich mit Produktions- und Handelsbeschränkungen. Vorgeschlagen wurde unter anderem ein baldiges und vollständiges Verbot des Quecksilber-Bergbaus. Während eine solche Maßnahme eine unmittelbare Wirkung auf die Verfügbarkeit „frischen“ Quecksilbers auf dem Markt hätte, würde es zu ernsthaften ökonomischen Folgen für einige Länder führen.

In Ländern mit hohem Quecksilberbedarf, in denen Quecksilber aus anderen Quellen noch nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht, würde ein sofortiger Stopp des Bergbaus zu einer Schließung vieler Produktionsstandorte besonders für Vinylchlorid führen. Dies trifft vor allem China. Es wurde daher empfohlen ein abgestuftes System zu entwickeln, um das Angebot schrittweise entsprechend der gesunkenen Nachfrage zu reduzieren. Dieser Ansatz wurde im Übereinkommen nicht aufgegriffen, allerdings wurde auch kein sofortiges Ende des Quecksilberbergbaus beschlossen. Es wird erst 15 Jahre nach Inkrafttreten des Übereinkommens wirksam.

Handel mit Quecksilber aus dem Quecksilberbergbau

Der Ansatz nur den Handel mit frischem bergbaulich gewonnenem Quecksilber zu untersagen trifft auf Schwierigkeiten, da Primärquecksilber nur schwierig zu unterscheiden ist von Quecksilber aus anderen Quellen. Nutzungsbeschränkungen im Verlauf einer globalen

Lieferkette stoßen auf praktische Probleme, da die Händler die Endnutzung nicht kennen. Besser wäre ein Exportverbot für Primär-Quecksilber mit der Ausnahme des Exports für eine endgültige Beseitigung. Dieser Ansatz findet sich in modifizierter Form im Übereinkommen wieder. Quecksilber aus dem Primärbergbau darf nur nach vorheriger Zustimmung des Importlandes exportiert werden, wenn dieses eine erlaubte Nutzung oder eine umweltsichere Zwischenlagerung nachweist. Es kann auch als Abfall eingestuft werden, der nur für eine endgültige Beseitigung exportiert werden darf.

Lizensierungssystem im Handel

Die Einführung eines Lizenzierungssystems zur Überwachung des Handels wird auf globaler Ebene als schwer durchführbar gesehen. Der Aufwand zur Einführung eines solchen Systems wäre hoch und die Effektivität in Ländern, in denen Quecksilber illegal gehandelt wird, niedrig. Auf ein Lizenzierungssystem wurde im Übereinkommen verzichtet.

Nebenprodukt-Quecksilber und anderer Quellen des Angebotes

Nach dem Beginn der Export-Verbote in der EU und den USA wird Quecksilber aus anderen regionalen Quellen immer wichtiger für den Weltmarkt. Von großer Bedeutung ist die Produktion als Nebenprodukt der Gewinnung von Gold, Kupfer und Zink. Ein vorgeschlagener Regelungsansatz war es Auslaufristen für den Handel mit Quecksilber aus bestimmten Produktionsquellen festzusetzen und Quecksilber aus diesen Quellen zu Abfall zu erklären. Dieser Ansatz findet sich im EU-Recht wieder. Nach Prüfung erschien dieses Konzept auf globaler Ebene allerdings als nicht machbar, da die Entwicklung des Bedarfes für erlaubte Produkte und Prozesse nicht prognostizierbar ist. Besser wäre es die Vertragsstaatenkonferenz zu beauftragen regelmäßig zu prüfen, ob weitere Quellen einer Handels-Regulierung und Beseitigungspflicht unterzogen werden sollen. Quecksilber, das aus Quellen stammt, die in einem Anhang genannt werden, sollte als Abfall eingestuft werden, der zu beseitigen ist. Dieser Ansatz findet sich im Übereinkommen nicht wieder. Nur Quecksilber aus dem Rückbau aus Chlor-Alkali-Anlagen wird als Abfall eingestuft, der zu beseitigen ist. Andere Angebotsquellen werden nicht genannt und die Vertragsstaatenkonferenz wird auch nicht aufgefordert zu prüfen, ob andere Angebotsquellen relevant sein könnten.

Handel mit Quecksilberverbindungen

Der Handel mit Quecksilberverbindungen ist derzeit in der EU nur für wenige Verbindungen untersagt. Er erreichte in manchen Jahre die gleiche Größenordnung wie der Handel mit elementarem Quecksilber. Es wurde daher empfohlen, die Handelsbeschränkungen auch auf Quecksilberverbindungen auszuweiten. Im Übereinkommen ist dieser Aspekt im Gegensatz zu früheren Entwürfen fast völlig verschwunden. Die Vertragsstaatenkonferenz soll lediglich prüfen, ob der Handel mit einzelnen Quecksilberverbindungen (gemäß Definition nur fünf bestimmte) geeignet ist, die Ziele des Übereinkommens zu gefährden.

Handel mit Dentalquecksilber

Der Handel mit Dentalquecksilber wird in manchen Ländern dazu missbraucht um Importbeschränkungen zu umgehen. Legal importiertes Quecksilber, das für die Herstellung von Dentalamalgam vorgesehen ist, wird abgezweigt und für den kleinskaligen Goldbergbau eingesetzt. Um solche Praktiken zu verhindern wurde empfohlen, den Handel mit Dentalquecksilber auf Fertig-Amalgame (Pulver in Kapseln) zu beschränken. In Europa wird in

den meisten Praxen nur noch mit diesen Fertig-Produkten gearbeitet. Im Übereinkommen hat dieser Ansatz zwar Niederschlag gefunden, er wird aber nur als eine von neun wählbaren Maßnahmen beschrieben um die Nutzung von Dentalamalgam schrittweise einzuschränken. Die Maßnahme ist also nicht verbindlich.

1.9 Fazit und Ausblick

Ergebnis der Verhandlungen

Mit dem Abschluss der Verhandlungen im Januar 2013 und der Unterzeichnung des Minamata-Übereinkommens bei der diplomatischen Konferenz im Oktober 2013 ist ein umfassendes Rechtsinstrument geschaffen worden, das die meisten Aspekte des Lebenszyklus von Quecksilber umfasst. Dabei ist davon auszugehen, dass das Übereinkommen vor allem langfristig seine volle Wirkung entfaltet. Quecksilber ist seit vielen hundert Jahren durch menschliche Aktivitäten mobilisiert worden. Die heute beobachteten Quecksilberkonzentrationen in Böden, Gewässern und Sedimenten gehen größtenteils auf historische Emissionen zurück. Mit dem Minamata-Übereinkommen werden die Voraussetzungen geschaffen, dass in Zukunft immer weniger Quecksilber zu diesem globalen Pool hinzukommt und natürliche Sedimentations- und Immobilisierungsprozesse zu einer Abnahme des bioverfügbaren Quecksilbers führen.

Kurz- und mittelfristige Effekte

An kurz- und mittelfristigen Effekten sind besonders der Verzicht auf Bergbau und das globale Verbot zahlreicher Produkte und Prozesse zu nennen, die auf der Verwendung von Quecksilber beruhen. Hierdurch sinken sowohl Angebot als auch Nachfrage und der Umlauf an Quecksilber wird beschränkt.

Herausforderungen für Entwicklungsländer

Die Umsetzung des Übereinkommens wird besonders die Entwicklungsländer vor große Herausforderungen stellen. Sie werden technische und organisatorische Unterstützung benötigen, um quecksilberbezogene Risiken zu identifizieren und zu behandeln, die von den Regelungen des Vertrages betroffen sind. So müssen sie zukünftig verbotene quecksilberhaltige Produkte im Markt identifizieren, aus dem Markt entfernen und quecksilberfreie Alternativen fördern. In gleicher Weise werden die Länder Hilfe benötigen, um Quecksilber nutzende Anlagen auf quecksilberfreie Prozesse umzustellen. So waren 2010 weltweit noch 100 Chlor-Alkali-Anlagen in 45 Ländern in Betrieb, die Quecksilber nutzen. Hinzu kommen sechs oder sieben Länder, in denen Vinylchlorid mit Hilfe von Quecksilber-Katalysatoren hergestellt wird. Für Deutschland ist dabei die Frage relevant wie die Nutzung von Quecksilber bei der Herstellung von Alkoholaten reduziert werden kann, ohne dass es zu einem Lieferengpass auf dem europäischen Markt kommt.

Umgang mit Quecksilber-Abfällen

Hiermit im Zusammenhang stellt sich die Frage nach einer umweltgerechten Bewirtschaftung quecksilberhaltiger Abfälle. Ausgesonderte Produkte und Quecksilber, das aus Anlagen zurückgewonnen wird, müssen umweltsicher gelagert und beseitigt werden. Hierfür fehlen in vielen Ländern Sammelsysteme, Lagereinrichtungen, Entsorgungsmöglichkeiten und geschultes Personal.

Dentalamalgam

Der angestrebte schrittweise Verzicht auf Amalgam bei der Zahnversorgung bedarf ebenfalls weiterer Anstrengungen. Insbesondere sind Konzepte zu entwickeln, um die sich noch entwickelnde zahnmedizinische Versorgung in Entwicklungsländern auch ohne das vergleichsweise günstige Amalgam zu gewährleisten. Für Deutschland ist zu prüfen, ob der stark zurückgegangene Bedarf nach Amalgam auch im Abrechnungssystem der Gesetzlichen Krankenversicherung widerspiegelt werden kann, ohne dass Zusatzkosten in Milliardenhöhe entstehen.

2 Summary

2.1 Background and Objective

Environmental and health risks

Due to their toxicity, mercury and mercury compounds pose a potential threat to human health and the environment. Although mercury occurs naturally the biggest share in observed environmental concentrations may be attributed to anthropogenic emissions. Among the most important emission sources are industrial and artisanal processes where mercury or mercury compounds are used: the production of vinyl chloride, the chlor-alkali production and the amalgamation method in gold mining. Moreover, mercury is also released in the course of the production, use and disposal of mercury added products.

Previous regulations in the European Union

The use of mercury in products and processes is more and more restricted in the European Union or is reduced voluntarily by industry. For example, the European Chlorine producers (Euro Chlor) have announced to voluntarily phase-out usage of mercury in chlor alkaline production by 2020. Some other processes no longer play a role in the EU (such as the production of vinyl chloride or acetaldehyde) or are already illegal and limited to oversea territories (amalgamation method in gold mining).

Regulations on the global level

On the global scale there are similar developments, but legally binding provisions were mostly enacted by developed countries. During the negotiations on a global mercury treaty taking place on the level of the United Nations measures were discussed that would be equally obligatory for all parties. Some countries have proposed very extensive and general bans that require a profound factual evaluation before a decision could be taken. It had to be ensured that such provisions could be implemented nationally – i.e. are technically feasible and economically justifiable.

The question is, whether and at which price effective mercury free or less mercury consuming alternatives are available. Even if alternatives are available on the market a trade-off is necessary between technical, organizational, financial efforts and the benefit for human health and the environment.

Negotiations on a global treaty

Negotiations on a global mercury treaty began in June 2010 with the first session of the Intergovernmental Negotiation Committee (INC). The second session took place in January 2011 in Chiba (Japan). Three additional sessions were scheduled to complete the negotiations: October 2011 (Nairobi, Kenya), June 2012 (Punta del Este, Uruguay), and January 2013 (Geneva, Switzerland).

At the beginning of the project, for the first time, a consistent draft convention text was distributed by UNEP. It contained alternative regulations, concepts, and provisions that should build the basis for further negotiations. The technically oriented parts of the convention text dealt with supply and demand, products, processes and emissions. For these issues it should be

evaluated whether the proposed regulatory approaches were technically feasible, effective and economically justifiable. In particular, the situation of developing countries should be taken into account.

With regard to products that have been proposed for a ban, the question arose whether there are equivalent mercury-free alternatives for all applications, which market barriers exist and which consequences a ban would have for the user. For artisanal and industrial processes it should be checked to what extent the proposed regulations would be implementable by affected countries and which environmental and economic impacts restrictions presumably would have.

The analyses should be related closely to the current status of negotiations so that the German participants at the negotiations could be provided, on a short-term basis, with factual information on technically oriented issues.

2.2 Regulatory approaches to address mercury added products

Two alternative approaches were proposed for the regulation of products: a total ban with exemptions and an explicit list of banned products. The first approach would be more effective since it covers less important applications that would probably not be considered in an explicit list of banned products. A total ban has been implemented in some national regulatory frameworks (such as Sweden and Denmark). On the other hand, there are often only scarce information about the less important applications especially with regards to extent of usage and possible substitution barriers. In such cases it is difficult to assess if the benefits of a ban would outweigh the costs. Therefore, in the Convention an explicit ban list was chosen.

2.3 Use of mercury in electronic products and measuring devices

Lamps

In the area of lamps the question arose, whether the proposed provisions would exceed current EU law – especially with regard to mercury added light sources that are used in the automotive industry. It could be shown that in the EU remaining exemptions for some automotive applications ceased on 1 July 2012 so that there is no need for similar exemptions within a global treaty that will enter into force much later. Concerning mercury added light sources the European Restriction of Hazardous Substances RoHS directive contains specific provisions on the maximum mercury content for a large number of lamp categories. It was recommended that the Mercury Convention should contain a simpler list. Its provisions should not fall back significantly behind EU regulations, in order to displace inferior products on the market. The structure of the RoHS directive has been – in a more simple way - accepted for the Minamata Convention but the provisions on maximum mercury contents are less strict.

Electronic components

In the last years, mercury containing switches and relays have been replaced by mercury free products in most application fields. There is, however, a limited number of applications where mercury containing product types are still needed for the time being. It was recommended not to exclude switches and relays from the ban in general, but to identify exemptions explicitly. The Convention followed this approach by generally banning mercury added switches and

relays, but still allowing a number of specific application such as specialized measuring devices, monitoring and control instruments.

Batteries

In the EU, mercury added batteries are banned with the exception of button cells with a mercury content of less than 2 %. American as well as European battery manufacturers pointed out that for all applications mercury free alternatives exist. Proposals to extent existing exemptions for button cells to the global level and for a long time did not appear justified. It was recommended to take available knowledge as a basis and allow mercury added button cells only for a short transitional period.

Measuring devices

The production and marketing of most mercury containing measuring devices is banned by the RoHS directive. According to information from test laboratories, some are still needed for some specialized applications (high-precision measurements and calibrations). This covers mercury triple point cells as a mean to realize one defining point of temperature scales, high precision standard manometers for the realization of the pressure scale and mercury porosimeters for the measurement of porosity. Proposals for a total ban did not contain exemptions for these devices. After the total ban concept has been abandoned, the standard manometer and the mercury triple point cells were still covered as they are variants of to be banned manometers and thermometers. It could be achieved that the ban on mercury added non-electronic devices has an exemption for high precision measuring instruments where mercury-free alternatives are not available.

Products in research and development

Mercury added products are also in use in research and development. Employed mercury quantities are typically small and used under controlled laboratory conditions. Under normal circumstances there is no relevant risk for the environment. It was recommended to consider a general exemption for research and development analogous to existing EU regulations. The Convention now contains exclusions for laboratory-scale research, calibrations of instrumentation and for use as reference standard.

Products for military uses

Another application field of mercury added products are some specific military purposes. Several EU directives contain according exemptions that should be reflected on a global scale as well. In the Convention, provisions on products have been designed in a way that such products are excluded from bans and restriction that are essential for civil protection and military uses.

2.4 Use of mercury in medical devices and pharmaceutical products

Regulatory needs

Mercury added medical devices and pharmaceutical products have mostly disappeared in the EU. Pharmaceuticals and cosmetics that contain mercury added preservation agents and dental amalgam are important exceptions. National and international health agencies proposed to

generally exclude medical devices, pharmaceutical products and cosmetics and to leave bans on mercury containing skin lightening creams and antiseptics to national regulations.

Such an approach would have fallen back behind existing EU regulations that contain more extensive provisions in a couple of areas. The Convention contains restrictions and bans for a number of product categories. Cosmetics with a mercury content above 1 ppm will be banned except eye area cosmetics where mercury is used as a preservative. At the same time mercury containing topical antiseptics (which are no longer in use in the EU), skin lightening soaps and creams will be banned from 2020.

Vaccines, antivenoms and eye drops

Mercury containing preservatives are used for some vaccines, antivenoms and eye drops. Although more and more of these products are provided that do not need mercury containing preservatives, a complete substitution does not seem feasible. This applies especially to multi-dose vaccines that are used in developing countries where an uninterrupted cooling chain cannot be ensured. An exemption for pharmaceutical products that contain mercury containing preservatives was therefore necessary. The Convention excludes vaccines containing thiomersal as preservative from all restrictions and bans. However, since pharmaceuticals except antiseptics are not addressed by the Convention at all, production and marketing of antivenoms, eye drops and any other type of medicinal product remain fully unrestricted.

Thermometers and sphygmomanometers

Demands to further allow thermometers and sphygmomanometers for research and calibration purposes were found justifiable. A complete and efficient substitution could not be shown for all applications, especially since some national and international standards still prescribe the use of mercury added devices. Although information was provided that sphygmomanometers may now be calibrated with mercury-free devices as well, it was still unclear whether these are available globally and to an affordable price. According to the provisions in the Convention, mercury added thermometers and sphygmomanometers may still be used for calibration purposes.

Dental amalgam

The toxicity of dental amalgam remains an intensely debated topic. There is, however an agreement about the risk caused by inappropriate disposal of dental amalgam waste and dental amalgam residues in effluents from dental practices and clinics. Dental amalgam has been banned in some European countries and in dental treatment may be replaced by alternative materials. The situation is somehow different in the other European countries although a general trend towards a reduction of dental amalgam use is observed throughout Europe. Due to higher costs for equivalent filling material (such as composites) the health care system or the patients (depending on the cost sharing model) have to anticipate higher costs.

For Germany these extra costs are estimated to be in the order of 1.2 to 1.3 billion EUR per year, approximately 90% of which are already covered by the patients and the health care insurances, because already now 90% of all fillings are carried out mercury free. For other countries it has to be assessed whether they would be able to bear the extra cost or dental care would suffer. Inclusion of external costs such as extraction of mercury from sewage sludge or fly ashes results in almost equal total costs for dental amalgam and composites. However, such

external costs could be effectively lowered by implementing preventive efficient measures (separators in dental clinics and management of dental waste).

A global ban of dental amalgam did not find a majority at the negotiations. Instead, the approach of the World Health Organization was followed to aim at a phase down of dental amalgam. In order to achieve this goal parties to the convention may choose from a list of potential measures.

2.5 Use of mercury in processes

Chlor-alkali production

The use of mercury in electrolysis cells for the production of chlorine and alkali hydroxide decreases worldwide. The alternative membrane process does not need mercury, consumes less energy and is more cost efficient. The European chlorine producers voluntarily declared to phase-out the mercury cell technology by 2020. The Minamata Convention allows parties five more years until the close down of remaining plants.

Production of alkoxides

Closely related to the chlor-alkali production are some other processes that are also based on mercury cells: the production of alkoxides, alkali metals, pure potassium hydroxide (caustic potash) and sodium dithionite (sodium hydrosulphite).

Worldwide there are only two plants that produce alkoxides with the mercury cell process. Both are located in Germany. In the first step of this process sodium or potassium chloride are electrochemically separated just as in the chlor alkali production. The resulting amalgam is then decomposed with an alcohol to give a sodium or potassium alkoxide solution. Compared with other alkoxide production processes the mercury cell method is economically more favourable but causes mercury emissions and releases. Patents of several chemical companies give a hint that alternative processes are technically feasible for all relevant alkali alkoxides. They are used especially in North America and Asia. However, there were doubts whether all essential alkoxides are available in sufficient quality and quantity. It was not possible to provide clarification on this matter so that the Convention does not contain a short term ban. Instead, it requires parties to the treaty to reduce emissions and releases by 50 per cent by 2020. Moreover, measures have to be taken to reduce the use of mercury and to phase-out the process 10 years after entry into force of the Convention.

Production of alkali metals and sodium dithionite

Alternative mercury-free processes are available and used for the production of potassium hydroxide, sodium metal and sodium dithionite. The market shares of products that were produced with the mercury cell method are rather small. Regarding quality there is no evidence that products that were manufactured by the mercury cell method exhibit an exclusive added value. It was recommended to aim at phasing out these processes. An exception to allow for proceeding the mercury cell based process did not seem necessary. In the Convention all three processes are not mentioned. Existing facilities may be operated with no restrictions. However, the construction of new facilities is prohibited.

2.6 Use of mercury in small scale mining of gold and silver

Silver mining

Use of mercury in small scale mining of gold and silver historically was and at presently is the biggest source of atmospheric mercury emissions. Beside gold mining also silver mining should be considered because at least in the past it was very important. In Latin America about 196,000 t of mercury were consumed in silver mining in the past centuries. There are some reports that mercury is still used for example in Chile and Mexico. A particular problem are mixed gold silver ores where silver is the main product. These ores have to be considered as silver ores even if gold is sought for as the much more valuable metal. It was recommended to extend regulations to silver mining also. This approach was not followed.

Gold mining

Undoubtedly, consumption of mercury in small scale gold mining is much more important. It is estimated to reach a volume of about 1,000 t per year. Emissions and releases from this sector top all industrial source categories. That's why it is very important to find feasible ways to reduce mercury use in this sector. One approach would be a direct ban of mercury usage in gold mining. But since small scale gold mining is already illegal in many countries the efficiency of such a global measure is questionable. Legally binding reduction goals may overburden many developing countries organizationally and administratively. It was recommended to require that affected countries develop national action plans. In these plans they shall document their objectives and measures aiming at reducing the use of mercury. This was the chosen approach in the Convention.

2.7 Secondary mercury mining

In the course of extensive silver mining, especially in Mexico there are huge quantities of historic tailings which show high contents of silver, gold, and mercury. Their re-processing leads to a significant production of secondary mercury (about 20-30 t/y). Should re-processing become more interesting due to increased gold and silver prices, mercury from this source may become an important supply source. At the same time re-processing may result in high mercury emissions. It was recommended to include the processing of mercury containing tailings in the lists of important supply and emission source. This proposal was confronted with the ambition to completely abandon a list of supply sources and to diminish the list of emission sources. In the end, re-processing of tailings is not mentioned in the Convention at all.

2.8 Mercury supply and trade

Mercury mining

Important issues of the negotiations were production and trade restrictions. One proposal was a quick and complete ban of mercury mining. While such a measure would have an immediate impact on the availability of 'fresh' mercury on the market, it would lead to serious economic consequences in some countries. In countries with a high mercury demand, that cannot be met by other domestic mercury sources, an immediate stop of mercury supply from mining lead to closure of production facilities, namely for the production of vinyl chloride monomer. Particularly, China would be affected. It was recommended to develop a stepwise system in

order to adjust the supply to the decreasing demand. This approach was not followed, but the Convention does not contain an immediate ban of mining, either. Countries have to phase-out primary mercury mining 15 years after entry into force of the Convention.

Trade in mercury from mercury mining

Another proposed concept was to ban only trade with primary mercury. Such an approach is problematic, as primary mercury is not easily distinguished from mercury from other sources. Use restrictions for primary mercury alongside a global supply chain encounter practical problems because traders do not know the intended final use of a specific quantity of mercury. It would be better to ban the export of primary mercury with the exception of export for final disposal. A similar approach appears in the Convention. Mercury from primary mining may only be exported after receiving the prior consent of the importing country, if this country demonstrates that the imported mercury is used for an allowed purpose or for environmentally sound intermediate storage. It may also be declared as waste for final disposal.

Licensing system for trade

Another concept was to introduce a licensing system to monitor and control trade in mercury. Such a system was seen difficult to implement on a global scale. The costs would probably high and the effectiveness in countries where mercury is traded illegally low. The Convention did not pick up this idea.

By-product mercury and other sources of supply

After entry into force of the export bans of the EU and the USA, mercury from other regional sources becomes more important for the global market. Such a source could be the production of mercury as a by-product of processing gold, copper and zinc ores. One approach to address by-product mercury was to define a phase-out date for trade with mercury from these sources and to declare mercury from this source as waste after that date. This approach is already implemented in EU legislation. On a global scale this concepts does not appear to be feasible, because the future mercury demand for products and processes is currently not predictable. It would be better to mandate the conference of parties to evaluate frequently whether further source categories should be included in trade restrictions and disposal obligations. This approach did not find its way into the Convention. Only mercury from the decommissioning of chlor-alkali plants is declared as waste for final disposal. Other source categories are not mentioned and the conference of parties is not requested to evaluate whether other supply sources may be relevant.

Trade in mercury compounds

In the EU, export of mercury compounds is currently banned only for a small number of substances. In some years it amounted to the same order of magnitude as export of metallic mercury. It was recommended to extend trade restriction to mercury compounds as well. In the Convention this approach disappeared almost entirely in contrary to earlier draft text. The conference of parties shall only evaluate whether trade in specific compounds (within the context only five potential compounds) compromises the objective of the convention.

Trade in dental mercury

In some countries, trade in dental mercury is misused to circumvent import restriction on mercury. Legally imported mercury that is declared as needed for the preparation of dental amalgam is later diverted and used for small scale gold mining. In order to prevent such practices it was recommended to restrict trade in dental mercury to ready-to-use amalgams (in encapsulated form). In Europe most practices already work with these ready-to-use products. In the Convention the according trade restriction found its way into the text, but it is only one of nine potential measures to phase down the use of dental amalgam. The restriction is not legally binding.

2.9 Conclusion and outlook

Outcome of the negotiations

With the conclusion of negotiations in January 2013 and the signing of the Minamata Convention in October 2013 at the diplomatic conference a comprehensive legal instrument has been established that covers most aspects of the mercury life-cycle. It may be assumed that the Convention will have an impact especially in the long-term. Today's observed mercury concentrations in soil, water and sediments are mainly caused by historic emissions. The Minamata Convention creates the prerequisites so that in future less and less mercury will be added to the global pool. Natural sedimentation and immobilization will lead to a decrease of biologically available mercury.

Short and medium term effects

Short and medium term effects are the phase-out of primary mercury mining and the ban of numerous products and processes that are based on the use of mercury. Thereby, mercury supply, mercury demand and circulation of mercury will decrease.

Challenges for developing countries

The implementation of the Convention will be a challenge particularly for developing countries. They will need technical and organizational assistance in order to identify and manage mercury related risks that are covered by the provisions in the treaty. For example, they will have to determine which soon-to-be banned mercury-added products are present on their markets, remove such products from the market and facilitate market entry of mercury-free alternatives. In the same manner countries will need support to convert mercury using processes. In 2010 there were still about 100 chlor alkali plants in 45 countries in operation that used mercury. In addition, there were six or seven countries where vinyl chloride was produced with the help of a mercury catalyst. A relevant issue for Germany will be a reduction of mercury use in alkoxide production that does not result in a supply deficit for specific alkoxides on the European market.

Management of mercury wastes

In this context, the environmentally sound management of mercury containing wastes requires special attention. End-of-life mercury added products and mercury that has been recovered from plants have to be stored and disposed of in an environmentally sound manner. Many countries lack specialized collection systems, storage facilities, disposal options and trained personnel.

Dental amalgam

Additional efforts are needed in order to achieve a phase-down of amalgam use in dentistry. Especially for developing countries concepts are needed to ensure and improve dental care without relying on the relatively cheap amalgam. For Germany it should be evaluated how the decreasing demand for amalgam could be reflected in the accounting system of the statutory health insurance without inducing extra burdens in the order of a billion Euros or more.

3 Ausgangssituation zu Beginn des Vorhabens und Zielsetzung

3.1 Risiko durch Verwendung von Quecksilber

Quecksilber und seine Verbindungen stellen aufgrund ihrer Toxizität eine potentielle Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit dar. Zwar kommt Quecksilber auch natürlich vor, die in der Umwelt beobachteten Konzentrationen sind aber größtenteils auf anthropogene Emissionen zurückzuführen. Zu den wichtigen Emissionsquellen gehören industrielle und handwerkliche Prozesse, bei denen Quecksilber oder Quecksilberverbindungen eingesetzt werden: die Vinylchlorid-Produktion, die Chlor-Alkali-Produktion und das Amalgamverfahren im Goldbergbau. Daneben wird Quecksilber auch bei der Produktion, der Verwendung und der Beseitigung quecksilberhaltiger Produkte in signifikanter Menge freigesetzt.

3.2 Rechtlich verbindliche Regelungen in der EU und Verhandlungen auf Ebene der Vereinten Nationen

Die Verwendung von Quecksilber in Produkten und Prozessen wird in der Europäischen Union zunehmend rechtlich eingeschränkt oder seitens der Industrie freiwillig zurückgefahren. So haben die europäischen Chlor-Produzenten angekündigt, bis 2020 freiwillig auf die Nutzung von Quecksilber bei der Chlor-Alkali-Produktion zu verzichten (Euro Chlor 2000). Einige andere Prozesse spielen in der EU seit Jahrzehnten keine Rolle mehr (z.B. Vinylchlorid- oder Acetaldehyd-Produktion) oder sind bereits gesetzlich verboten oder auf Übersee-Territorien beschränkt (Amalgamverfahren im Goldbergbau).

Auf globaler Ebene spielen sich ähnliche Entwicklungen ab, doch rechtlich verbindliche Regelungen wurden meist nur von wenigen Industriestaaten getroffen. In den auf Ebene der Vereinten Nationen laufenden Verhandlungen zu einem globalen Quecksilberabkommen wurden daher Maßnahmen diskutiert, die für alle Vertragsstaaten gleichermaßen verbindlich werden sollen. Die von einigen Staaten vorgeschlagenen sehr weitgehenden und allgemeinen Nutzungsverbote bedurften vor einer Entscheidungsfindung einer eingehenden sachlichen Prüfung. Es musste sichergestellt werden, dass sich entsprechende Regelungen national auch umsetzen lassen – also technisch machbar und finanziell vertretbar sind.

Insbesondere stellt sich die Frage, ob und wenn ja zu welchem Preis effektive quecksilberfreie oder zumindest quecksilberärmere Alternativen zur Verfügung stehen. Selbst wenn Alternativen auf dem Markt vorhanden sind, ist eine Abwägung zwischen dem technischen, organisatorischen und finanziellen Aufwand und dem Nutzen für Gesundheit und Umwelt notwendig. Die Verhandlungen zu einem globalen Quecksilberübereinkommen haben im Juni 2010 mit der ersten Sitzung der zwischenstaatlichen Verhandlungsgruppe (Intergovernmental Negotiation Committee - INC) in Stockholm begonnen und wurden im Januar 2011 in Chiba (Japan) fortgesetzt. Ihr Abschluss sollte nach drei weiteren Sitzungen im Oktober 2011 (Nairobi), Juni 2012 (Punta del Este, Uruguay) und Januar 2013 (Genf) erfolgen.

3.3 Zielsetzung

Bei Projektbeginn lag erstmals ein konsistenter Entwurf des Vertragstextes vor. Er enthielt alternative Regelungskonzepte und Regelungsinhalte, die die Grundlage der Verhandlungen werden sollten. Besonders in den technisch orientierten Vertragsteilen, die sich mit Angebot

und Nachfrage, Produkten, Prozessen und Emissionen beschäftigten, sollte geprüft werden, ob die vorgeschlagenen Regelungsansätze technisch machbar, effektiv und ökonomisch vertretbar waren. Hierbei war besonders die Situation von Entwicklungsländern zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf Produkte, die zum Verbot vorgeschlagen wurden, stellte sich die Frage, ob für alle Anwendungen gleichwertige quecksilberfreie Alternativen zur Verfügung stehen, welche Markthemmnisse bestehen und welche Konsequenzen ein Verbot für die Anwender hätte.

Bei den Prozessen, seien sie handwerklicher oder industrieller Natur sollte geklärt werden, inwieweit die vorgeschlagenen Regelungen in den betroffenen Ländern umsetzbar sind und welche umweltpolitischen und ökonomischen Folgen Beschränkungen voraussichtlich haben werden.

Die Analysen sollten sich eng am jeweiligen Verhandlungsstand orientieren, so dass den deutschen Verhandlungsteilnehmern kurzfristig und situationsbezogen eine fachlich-technische Informationsgrundlage zu technisch orientierten Fragestellungen zur Verfügung gestellt werden konnte.

4 Fragestellungen im Vorlauf der dritten Sitzung der Verhandlungsgruppe

4.1 Signifikanz des kleinskaligen Silberbergbaus

4.1.1 Hintergrund und Zielsetzung

In den derzeitigen Verhandlungen zum Quecksilber-Übereinkommen wird dem kleinskaligen Goldbergbau ein eigenes Kapitel im Vertragsentwurf (Dokument INC.3/3) eingeräumt. Der mit dem Goldbergbau eng verwandte Silberbergbau findet aber bislang keinen Niederschlag. Im Folgenden soll kurz analysiert werden, welche Signifikanz der kleinskalige Silberbergbau hat und ob er ggf. als wichtige Quelle von Quecksilberemissionen einzuordnen ist.

4.1.2 Silber- und Goldpreise

Die Preise für Gold und Silber sind in den vergangenen zehn Jahren erheblich gestiegen. Der Preisanstieg bei Silber (+ 720%) war noch höher als bei Gold (+500%, Tab. 1). Dennoch bleibt Silber mit 41 USD je Unze wesentlich günstiger als Gold mit derzeit um 1.800 USD je Unze.

Tab. 1 Silber- und Goldpreise (Quelle: Gold.de)

| Zeitpunkt | Silber [USD/Unze] | Gold [USD/Unze] |
|---------------|----------------------|--------------------|
| 2002 (August) | 5 | 300 |
| 2011 (August) | 41 | 1.800 |
| Preisanstieg | 720% | 500% |

4.1.3 Historische und aktuelle Anwendung des Amalgamverfahrens im Silberbergbau

Der Prozess der Gewinnung von Silber mithilfe des Amalgam-Verfahrens ist genau der gleiche wie bei der Aufbereitung von Golderzen: Silber wird aus dem Erz führenden, aufgemahlenem Gestein mit Hilfe von Quecksilber extrahiert und anschließend durch Destillation von diesem befreit. Der Prozess ist auch als „Patio“ bekannt. Er wurde im 16. Jahrhundert in Spanisch-Mexiko eingeführt und war die Grundlage des dortigen sehr bedeutsamen Silberbergbaus. Er fand später auch Verwendung in Peru, Bolivien und anderen Ländern. Es wird geschätzt, dass zwischen 1570 und 1900 etwa 196 000 t Quecksilber für die Silberproduktion in Nord- und Südamerika verwendet wurden (Nriagu 1994). Die Folge sind erhebliche Mengen an quecksilberhaltigen Aufbereitungsrückständen. Allein für eine Region in Mexico (Zacatecas) wurde geschätzt, dass bis zu 34 000 t Quecksilber in den noch vorhandenen Aufbereitungsrückständen vorhanden sind (CEC 2011).

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts wurde das Amalgamverfahren weitgehend durch das effizientere und billigere Cyanidverfahren ersetzt. Im kleinskaligen Silberbergbau ist der Patio-Prozess aber weiterhin im Einsatz wie Berichte aus Chile (Castro und Sánchez 2003) und Mexiko (Acosta y Accociados 2001) nahelegen. Auch die Autoren der für UNEP (2002) erstellten Referenzstudie „Global Mercury Assessment“ berichteten, dass das Amalgamverfahren weiterhin für den kleinskaligen Silberbergbau eingesetzt wird.

4.1.4 Umfang des gegenwärtigen kleinskaligen Silberbergbaus

Gemeinsame Verarbeitung gemischter Gold-Silbererze

Silber ist ein häufiger Nebenbestandteil von Golderzen. Es gibt auch gemischte Erze, die wesentlich mehr Silber als Gold enthalten, so dass das eigentliche Hauptprodukt Silber ist und nicht Gold. Das Verhältnis von Silber zu Gold kann bis zu 20:1 betragen. Solche gemischten Erze werden genauso wie goldreiche Erze behandelt. Wenn das Amalgam-Verfahren zum Einsatz kommt, wird wesentlich mehr Quecksilber benötigt, da Silber sich chemisch sehr ähnlich wie Gold verhält und ebenfalls ein chemisch stabiles Amalgam bildet. Da der maximale Silberanteil im Amalgam aber kleiner ist (30% Silber im Silberamalgam im Gegensatz zu 50% Gold im Goldamalgam), wird für die Extraktion von Silber mehr Quecksilber benötigt. Ein Erz, das zehn Mal mehr Silber enthält als Gold, muss mit zwanzig Mal mehr Quecksilber behandelt werden, um das Gold vollständig zu extrahieren (Telmer 2011). Beispiele für solche Lagerstätten sind:

- Mt. Muro (Kalimantan, Indonesien): Aufgrund des hohen Silbergehaltes wird bei der Extraktion von Gold bis zu 30-mal mehr Quecksilber verbraucht als bei reinen Golderzen. Der kleinskalige Goldbergbau ist in dieser Gegend für einen Quecksilberverbrauch von 50 bis 100 t verantwortlich. Das entspricht 5-10 % des gesamten weltweiten Quecksilberbedarfs für den Bergbau-Sektor (Telmer 2011, Blacksmith Institute o.J.).
- Sibutad (Mindanao, Philippinen): Etwa 500 Bergleute gewinnen Gold und Silber (manche nur Silber) durch die Zugabe von Quecksilber durch das gemahlene Erz. Etwa fünf Tonnen Quecksilber werden jährlich an diesem Standort verbraucht (Perez et al. 2007) und 65 t im gesamten Land (DENR 2008.).

Die Nutzung von Quecksilber im Silberbergbau wurde als bedeutende Quelle der Umweltverschmutzung identifiziert (Lacerda 1997, UNEP 2002, Quicksilver Caucus 2003). Es liegen derzeit keine Abschätzungen zum weltweiten Gesamtumfang der aus dem kleinskaligen Bergbau gewonnenen Silbermengen vor. Es gibt aber Zahlen für einige Länder. So wird für Chile berichtet, dass die Silbermenge aus dem kleinskaligen Bergbau im Jahr 2000 13,6 t betrug (Gold: 3,5 t, Castro und Sánchez, 2003). Für Silber war das etwa 1% der Gesamtproduktion.

Die Gesamtmenge des für die Silberproduktion eingesetzten Quecksilbers wurde bislang nicht abgeschätzt. In UNEP (2002) findet sich die Vermutung, dass sie einen signifikanten Anteil am globalen Quecksilberverbrauch haben dürfte:

„Since artisanal miners on average use between one and two kilograms of mercury for each kilogram of gold produced (Lacerda, 1997b), this suggests world mercury use in gold mining of at least 500, and possibly 1000 tons per year. If one were to include artisanal mining of silver as well, the estimate of mercury use would be considerably higher.“ (UNEP 2002, S. 124)

Alternativen

Gold- und Silbererze können grundsätzlich in ähnlicher Art und Weise behandelt werden. Der Prozess besteht aus einem Zerkleinern der Erze, an die sich eine Aufkonzentrierung durch Flotation anschließt (Castro und Sánchez 2003). Aus dem Konzentrat kann Silber durch

Einwirkung von Cyanid oder Thiosulfat extrahiert werden. In manchen Gegenden werden die Konzentrate gesammelt und in großen Hütten weiter verarbeitet (CEC 2011)

4.1.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Aufgrund des starken Preisanstiegs bei Silber ist mit einer Zunahme des kleinskaligen Silberbergbaus in vielen Ländern zu rechnen. Vielfach wird hier wie auch beim Gold das Amalgamverfahren zur Aufbereitung der Erze angewandt. Quantitative Schätzungen zum Quecksilberverbrauch liegen derzeit jedoch nicht vor. Sicher ist, dass ein wesentlicher Teil der weltweit durch den kleinskaligen Goldbergbau verarbeiteten Erze stark silberhaltig ist und Silber als Hauptprodukt und nicht nur als Nebenprodukt liefert. Diese Erze verursachen einen erheblich größeren Quecksilberverbrauch als reine Golderze. Allein ein Abbaugbiet mit Gold/Silbererzen ist für den jährlichen Verbrauch von bis zu 100 t Quecksilber verantwortlich.

In der Literatur wie auch im UNEP-Bericht „Global Mercury Assessment“ werden deshalb der kleinskalige Gold- und Silberbergbau immer zusammen behandelt. Es ist deshalb anzuraten, dies auch im Quecksilberübereinkommen vorzunehmen, um keine Regelungslücke im Bergbau zuzulassen.

4.2 Analyse und Bewertung von Optionen zu Regelungen zur Gewinnung, Nutzung, und Freisetzung von Quecksilber innerhalb des Entwurfes INC.3/3

4.2.1 Hintergrund

Der Vertragsentwurf (Dokument INC.3/3) enthält Vorschläge für Regelungen, die den gesamten Lebenszyklus von Quecksilber betreffen. Dieses Kapitel enthält eine Bewertung der Themen Definitionen, Angebot, Handel, Produkte und Prozesse.

4.2.2 Artikel 2 - Definitionen

Definition von mercury-added product (2f, comment A)

Der Vorschlag, quecksilberhaltige Produkte über Grenzwerte (Minimalgehalte) zu definieren, birgt Schwierigkeiten, da es nicht möglich ist, einen einheitlichen Wert festzulegen, der für alle Produktarten einen gleichermaßen sinnvollen Grenzwert darstellt. So sind Leuchtstofflampen zwischen 1,23 und 5 mg je Lampe zugesetzt. Diese können um die 200 g wiegen (Quecksilbergehalt 0,0006 Gew.-%, SCHER 2010). Das ist nicht weit vom erlaubten (unbeabsichtigten) Quecksilbergehalt von Batterien entfernt, der laut EU-Batterierichtlinie 2006/66/EG max. 0,0005% betragen darf.

4.2.3 Artikel 3 - Angebot

Beschreibung der Optionen

Die beiden folgenden Tabellen (Tab. 2, Tab. 3) führen auf, welche alternativen Regelungsalternativen vorgeschlagen sind.

Tab. 2: Regelungsvorschläge zu Primärbergbau und Primärquecksilber (Artikel 3)

| Option | Alternative 1 | Alternative 2 |
|---|---|--|
| 1a). Export(verbot) | Verbot des Exports von Primärquecksilber (ggf. Export zum Zweck der Beseitigung) | Export von Primärquecksilber nur in Übereinstimmung mit Übereinkommen (Nr. 1) |
| 1a) <i>bis</i> Verkauf und Nutzungsverbot | Verbot von Verkauf und Nutzung von Primärquecksilber (ggf. Nutzung für erlaubte Zwecke) | |
| 1a) <i>ter</i> - Lagerung | Verpflichtung zur Lagerung von Primärquecksilber | |
| 1b) Inventar | Berichtspflicht zu Lage von Bergwerken, Fördermenge, Nutzung von Primärquecksilber | Nationales Inventar (Nr. 3) |
| 1c) Stilllegung bestehender Bergwerke | Verpflichtung zur Stilllegung von Bergwerken (ggf. nach Übergangsfrist) | Länder, die auf Bergbau verzichten, erhalten Kompensation (Nr. 4) |
| 2. Regulierung Bergbau | Verbot des (neuen) Primärbergbaus (ggf. zu Stichtag) | Verpflichtung, Bergbau zu regulieren und Recycling zu fördern - Gewinnung und Lagerung Quecksilber - Beste Verfügbare Technik - Rückgewinnung Quecksilber (Nr. 2) |

Tab. 3: Regelungsvorschläge zu Quecksilber aus anderen Quellen (Artikel 3)

| Option | 1 (Artikel 3. Option 1 Nr. 3) | | 2 |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Inhalt a) Berichte | Berichtspflicht: Identifizierung der Quellen | | |
| b) Verkauf und Nutzung | <p>Alt 1</p> <p>Verbot von Verkauf und Nutzung von Quecksilber aus Quellen in Annex A außer für erlaubte Nutzungen</p> | <p>Alt 2</p> <p>Verbot von Verkauf und Nutzung von Quecksilber aus Quellen in Annex A nach einem Auslaufdatum</p> <p>Vor Datum: Verkauf und Nutzung nur für erlaubte Nutzungen</p> | Länder, die auf Nutzung von Quecksilber-Reserven verzichten, erhalten Kompensation (a4) |
| c) Exportverbot | <p>Verbot des Exports außer für</p> <ul style="list-style-type: none"> > Lagerung > Beseitigung > erlaubte Nutzung | Verbot des Exports außer Regelungen nach Artikel 4 | |
| c) bis . Klassifizierung als Abfall | | <p>Alles Quecksilber ist Abfall: wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> > aus Primärbergbau vor Inkrafttreten > Verkauf, Nutzung verboten > Verkauf, Nutzung und Export für erlaubte Zwecke nicht beabsichtigt | |
| d) Lager/ Beseitigungspflicht | <p>Quecksilber aus Quellen in Annex A, das nicht verkauft, genutzt oder zu erlaubten Zwecken exportiert wird, ist</p> <ul style="list-style-type: none"> > umweltverträglich zu lagern > umweltverträglich zu beseitigen | <p>Quecksilber aus Quellen in Annex A, das verkauft, genutzt oder zu erlaubten Zwecken exportiert wird, ist</p> <ul style="list-style-type: none"> > umweltverträglich zu lagern | |
| e) Berichte | <p>Berichtspflicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> > produzierte Menge Quecksilber durch Quellen in Annex A > Menge verkauft, genutzt oder exportiert | | Nationales Inventar (a3) |
| | | | <p>Implementierung unter Berücksichtigung soziökonomischer Situation.</p> <p><i>Einhaltung der Regelungen in Abhängigkeit von der</i></p> |

| | |
|--|--|
| | Verfügbarkeit ausreichender finanzieller Ressourcen (a5) |
|--|--|

Bewertung

Regelungen zu Primärbergbau und Primärquecksilber

Fragen des Exports (Nr.1 a) werden auch in Artikeln 4 und 5 geregelt. Hierdurch gibt es Überschneidungen und Dopplungen. Grundsätzlich wird bei allen Nutzungs- und Exportbeschränkungen (Nutzung/Export nur für erlaubte Zwecke Option 1 Nr. 1a und Nr.1a-bis) von der zu einfachen Vorstellung ausgegangen, dass es eine direkte Geschäftsbeziehung zwischen Quecksilber-Bergwerken und Endabnehmern gibt. Nur unter dieser Voraussetzung ließe sich sinnvoll prüfen, ob Primärquecksilber tatsächlich für erlaubte Zwecke gebraucht wird. Tatsächlich wird ein Großteil des internationalen Handels mit Quecksilber (wie bei anderen Rohstoffen auch) über eine Kette global tätiger Zwischenhändler ausgeführt. Zum Zeitpunkt eines Exports und auch während der Produktion steht noch nicht fest, zu welchem Zweck Quecksilber gebraucht wird. Die Regelung ist nur dann umzusetzen, wenn Händler und Grenzkontrollorgane Primärquecksilber eindeutig erkennen und von anderen Quellen unterscheiden könnten. Das ist in aller Regel nicht der Fall. Ein Exportverbot für Primärquecksilber ist daher weder praktikabel noch überprüfbar. Folgende alternative Regelungen sind denkbar:

- Die konsequenteste Antwort auf dieses Problem wäre, allen Ländern mit Primärbergbau (z.B. > 1 t pro Jahr) den Export jedweden Quecksilbers grundsätzlich zu untersagen.
- Eine andere Möglichkeit wäre, zu verlangen, dass Primärquecksilber bei der Produktion in gekennzeichnete Behälter („flasks“) zu füllen ist. Ob das im Einzelfall auch umgesetzt und kontrolliert werden kann, bleibt offen.
- Eine weitere Möglichkeit wäre, dass Primärquecksilber ausschließlich und direkt durch lizenzierte Produzenten an lizenzierte Händler oder an lizenzierte Raffinerien abgegeben wird, die das Quecksilber nur an andere lizenzierte Händler oder an lizenzierte Nutzer abgeben dürfen. Alle Akteure der Kette müssten einer permanenten Berichtspflicht unterliegen und der Export und Import wird nur diesen Akteuren erlaubt. Quecksilber in Händen nicht-lizenzierter Produzenten, Händler und Raffinerien wird als Abfall deklariert und ist zu beseitigen. Ob das den bereits jetzt regen Schwarzhandel eindämmt, ist fraglich.

Ein grundsätzliches Verbot des Primärbergbaus (Option 1 Nr. 1 c) und Nr.2) ist nur dann durchsetzbar, wenn der Bedarf durch andere Quellen sicher gedeckt werden kann. Dies ist in Europa und den USA wahrscheinlich der Fall. In China ist damit erst zu rechnen, wenn die Menge an Nebenprodukt-Quecksilber aus der Zink- und Bleiproduktion deutlich steigt und der Verbrauch für die Vinylchlorid-Produktion deutlich sinkt. Das ist derzeit nicht abzusehen. Die Regelung ist derzeit nicht umsetzbar, ggf. sind Möglichkeit der zeitlich befristeten und verlängerbaren Ausnahme zuzulassen für Länder, die nationalen Bedarf anmelden (eigentlich nur China).

Das Verbot neuen Bergbaus (Option 1 Nr. 2 - Klammer) ist zu unscharf formuliert. Es kann bedeuten Bergbau einer bislang nicht ausgebeuteten Lagerstätte, ein neues Bergwerk, oder

Bergbau in einem Land, das bislang keinen Quecksilber-Bergbau betrieben hat, zu verbieten. In jedem Fall bleiben Regelungslücken. Folgender Vorschlag wäre präziser:

- *„Each Party that did not have any primary mercury mining on its territory at the date of entry into force of this Convention, shall not allow the commencement of any new primary mercury mining.“*

Die Forderung nach Kompensation für Verzicht auf Primärbergbau und Nutzung von Quecksilber-Reserven (Option 2 Nr. 4) zielt v.a. auf Kirgistan, das Quecksilber in unbekanntem Umfang exportiert. Weitere Exportnationen sind China und Mexiko. Für China ist der Export eher unerwünscht, für Mexiko unerheblich. So wie Nr. 4 derzeit formuliert ist, ist es eine Einladung für alle Länder kurz vor Inkrafttreten noch ihre Exportwilligkeit zu bekunden, um noch Kompensation zu erhalten. Selbst Spanien könnte sich melden (der Quecksilber-Bergbau ist in der EU nie verboten worden, nur Nutzung und Export des gewonnenen Erzes). Der Artikel sollte gestrichen werden, aber Kirgisistan braucht wahrscheinlich ein spezifisches Entgegenkommen.

Die Verpflichtung, Quecksilber aus dem Primärbergbau sicher zu lagern (d) Alternative 2. fehlt in Alternative 1, ist aber ebenso gut in Artikel 12 zu regeln.

Die Verpflichtung Quecksilber-Bergbau zu regulieren und Aufarbeitung von Bergbaurückständen zu fördern (Option 2 Nr. 2), ist unabhängig von den anderen Vorschlägen zu unterstützen, da Primärbergbau aller Voraussicht nach noch einige Zeit bestehen bleibt.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Option 1 grundsätzlich wegweisender ist und zu einem schnelleren Ende des Primärbergbaus führen wird. Einige Regelungsvorschläge sind jedoch praxisfern und anzupassen oder zu streichen. Option 2 ist recht schwach, enthält aber zwei Punkte (Kompensation und Regulierung des Bergbaus), die berücksichtigt werden sollten.

Andere Produktionsquellen

Für die Nutzungs- und Exportbeschränkungen (Option 1. Nr. 3 Alternative 1 b) und c) gilt bei Quecksilber aus anderen Quellen das gleiche wie das oben für Primärbergbau gesagte. Es ist für Händler weder zu erkennen, aus welcher Quelle Quecksilber stammt, noch für welche Endnutzung es vorgesehen ist. Eine Einstufung von Handels-Quecksilber in verschiedene Klassen (aus Quelle A B C, für Nutzung X Y Z mit Frist 1 2 3) ist nicht machbar und nicht kontrollierbar. Die konsequente Lösung ist, Quecksilber bereits an der Quelle zu Abfall zu erklären, der endgültig zu beseitigen ist (Option 1 Nr. 3 c) bis). Alle folgenden Maßnahmen wären dann unter „Waste“ (Artikel 13) zu behandeln.

Die Festlegung von Auslaufristen für bestimmte Produktionsquellen entbehrt derzeit jeder fundierten Grundlage. Der Markt für Quecksilber befindet sich in einem Umbruch und es ist für Nutzungen außerhalb der EU, der USA und Japan sehr schwer abzuschätzen wie sich der Bedarf entwickelt, auch wenn man nur den Bedarf für „akzeptierte“ Nutzungen (ohne ASM) betrachtet. Nicht einmal für die EU ist auszuschließen, dass es zu einem Defizit kommt, das nur durch Importe gedeckt werden kann (BIO/GRS 2010).

In Annex A werden derzeit für vier Quellen Fristen genannt.

- Nr. 2 Nebenproduktquecksilber
- Nr. 3 Staatliche Reserven (außerhalb USA keine bekannt, Verkauf bereits verboten)

- Nr. 4 Chlor-Alkali-Anlagen (Menge außerhalb USA und EU unbekannt, aber eher klein)
- Nr. 5 Andere private Reserven: betrifft Händler:

Die Nutzung von Nebenproduktquecksilber zu verbieten, ist vorläufig kontraproduktiv, da China sonst keine wirtschaftlichen Anreize erhielte den Primärbergbau einzustellen. Händlern zu verbieten Lager zu halten, heißt, den Handel ganz zu verbieten, denn ohne Lager ist Handel nicht möglich, da Angebot und Nachfrage immer zeitlich versetzt auftreten. Da bessere Bedarfsprognosen derzeit nicht möglich sind, wird empfohlen Fristen nur für Nr. 3 und Nr. 4 im Annex A zu setzen. Die COPs sollten regelmäßig prüfen, welche neue Fristen zu setzen sind.

Die Einstufung „alten“ Quecksilbers, das aus Primärbergbau stammt, zu Abfall wirft Fragen auf. Da solches Quecksilber nicht gekennzeichnet ist und ohne weiteres auch nicht als solches identifiziert werden kann, ist die Regelung nicht umsetzbar. Sie bedeutet faktisch auch eine rückwirkende Enteignung der jetzigen Besitzer, was wahrscheinlich einige rechtliche Probleme erzeugt.

Es ist wenig klar, warum die Auflistung in Annex A, das Verbot der Nutzung und die Einstufung als Abfall in drei verschiedenen Artikeln behandelt wird, die nur indirekt miteinander verlinkt sind. Klarer wäre es diese Aspekte miteinander zu verknüpfen im Sinne von:

Mercury that has been produced from a source listed in Annex A after the phase-out date specified in this Annex is classified waste that has to be managed and disposed in accordance with Article 13 [except for a use allowed to the Party under this Convention]

Alle weiteren Nutzungs- und Exportbeschränkungen wären dann an dieser Stelle überflüssig, da Quecksilber entweder im Lande gebraucht oder als Abfall zu behandeln ist (was unter der Basel-Konvention geregelt ist oder ggf. weitergehend in Artikel 13).

4.2.4 Artikel 4 - Handel mit Vertragsstaaten

Beschreibung der Optionen

Der Handel mit Vertragsstaaten und Nicht-Vertragsstaaten ist derzeit in zwei Artikeln geregelt. Es gibt Vorschläge dies zu kombinieren. Der Handel mit Produkten ist derzeit im Produkt-Artikel 6 geregelt. Es gibt Vorschläge, dies in Artikel 4 zu regeln. Es gibt zudem Vorschläge, den Handel mit Quecksilberverbindungen nicht zu regeln. Tab. 4 gibt eine Übersicht über die vorliegenden Regelungsalternativen.

Bewertung

Die Einrichtung eines Lizenzierungssystems ist als Methode gedacht um den Import/ Export mit Quecksilber, Quecksilberverbindungen und Produkten zu steuern und nachvollziehbar zu machen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass bereits heute Quecksilber in großen Mengen illegal importiert und exportiert wird¹. Die Einrichtung eines Lizenzierungssystems würde an einer

¹ Persönliche Information einer Vertreterin einer Nichtregierungsorganisation über den illegalen Import von über hundert Tonnen Quecksilber nach Indonesien. Das Quecksilber stammt aus Singapur wo es offiziell exportiert und

solchen Praxis wenig ändern, da viele Länder nicht in der Lage sind, die Einhaltung von Handelsbeschränkungen effektiv zu überprüfen. Die Ausdehnung auf Quecksilberverbindungen und Produkte ist wünschenswert, dürfte aber einen erheblichen bürokratischen Aufwand erzeugen, da die Vielfalt bzw. Stückzahl der international gehandelten Verbindungen und Produkte sehr groß ist. In jedem Land dürfte zudem eine recht unüberschaubare Anzahl an potentiellen Importeuren auftreten. Nach der vorgeschlagenen Regelung wäre es z.B. verboten als Privatperson in der Schweiz Energiesparlampen aus Deutschland zu bestellen, wenn nicht vorher ein Lizenzierungsverfahren durchlaufen wurde. Der Handel würde also extrem behindert. Der Nutzen eines solchen Systems wäre auch unklar, denn gehandelt werden darf sowieso nur mit Produkten, die auch zugelassen bzw. nicht verboten sind. Effektiver ist es, nur noch möglichst wenige Produkte zuzulassen.

Tab. 4: Regelungsvorschläge zu Handel mit Vertragsstaaten

| Thema | Option 1 | Option 2 |
|-----------------------------|---|---|
| 1. Import | Import nur für - umweltverträgliche Lagerung (a) - umweltsichere Beseitigung (b) - für eine erlaubte Nutzung (c) | |
| 2. Export | Export nur - nach Exportnotifizierung (a) | |
| b) PIC und Zweck | ... und - nach PIC und nur für Zweck -- der umweltverträglichen Lagerung (b i) -- umweltsicheren Beseitigung (b ii) -- für eine erlaubte Nutzung (b iil) | ... und - nach PIC, wenn Exportland Vertragsstaat ist und dies verlangt (b) |
| c) PIC - Nichtvertragsstaat | | - nach PIC durch Nichtvertragsstaat und dann nur für zum Zweck (c) -- der umweltverträglichen Lagerung -- der umweltverträglichen Beseitigung |
| 2. bis a) | Benennung einer nationalen Behörden für den Informations-Austausch | |
| b) Lizenzierungssystem | Einrichtung eines Lizenzierungssystems zur Regulierung des Handels mit Quecksilber, Quecksilber-Verbindungen und Quecksilber-Produkten. Jeder Vertragsstaat ist - verantwortlich für Verwaltung des Liz.-systems - erlaubt nur liz. Personen Import/ Export - berichtet jährlich | |
| 3. a) Import/Export | Verbot des Imports/ Export für Zwecke | |

notifiziert wurde. In Indonesien taucht dieses Quecksilber aber in den offiziellen Importstatistiken nicht auf (Hagemann 2011).

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| für ASM | ASM | |
| Import/Export für Dentalzwecke | Verbot des Imports/ Export für Zwecke Dental außer Fertig-Amalgam | |
| 4. Basel | Basel zuständig für Abfall | |
| 5. Weitergehende Regelungen | Jedes Land darf weitergehende Regelungen treffen | |

Ein Lizenzierungssystem sollte daher auf elementares Quecksilber und Quecksilberverbindungen beschränkt bleiben. Zu empfehlen wäre weiterhin, einen Schwellenwert einzuführen (z.B. eine Jahreshöchstmenge oder eine Maximalmenge je Sendung) unterhalb dessen eine Lizenzierung nicht nötig ist. Für Kleinmenge unter z.B. 10 oder 100 kg je Sendung oder pro Jahr steht der Verwaltungsaufwand in keinem Verhältnis zum Nutzen. Darüber hinaus sollte das Lizenzierungssystem zweiseitig ausgebaut werden, d.h. ein Export darf nur an einen lizenzierten Importeur und der Import nur von einem lizenzierten Exporteur erfolgen. Der Vorteil wäre, dass die Regelung auch greift, wenn nur einem der Export- und Importländer eine ausreichend starke staatliche Überwachung stattfindet.

Dann wäre Paragraph 1 (Import) zu ergänzen mit

1 (c) After the country of export has confirmed that the exporter is a legal person registered according to the licensing system in 2 bis (b)

Paragraph 2 (Export) wäre zu ergänzen mit

2 (c) After the country of import has confirmed that the importer is a legal person registered according to the licensing system in 2 bis (b)

2 bis. (b) wäre zu ändern in

Establish a domestic licensing system to regulate trade of mercury, mercury compounds and mercury-added products. Each Party required under this paragraph to establish such a licensing system shall:

Nach 2 bis. (b) (iii) wäre zu ergänzen

(iv) Be applicable for legal persons that import or export or intend to import or export
- Alternative 1: more than X kg of mercury and mercury compounds annually
- Alternative 2: more than X kg of mercury and mercury compounds in a shipment

Die Erlaubnis des Exports für den Zweck einer umweltsicheren Lagerung - Nr. 1 (a) und Nr. 2 (b) (i) hat eine wichtige, nicht offensichtliche Bedeutung. Wie bei den meisten Rohstoffen ist der Nutzungszweck für Quecksilber oder Quecksilberverbindungen beim Export/ Import meist noch nicht bekannt. Der Export und Import erfolgt dann durch Großhändler, die das Quecksilber an weitere Abnehmer, die immer noch nicht die Endnutzer sein müssen, verkaufen. In diesem Fall würde die Erlaubnis nach 1(b) und 2 (b) (ii) nicht greifen. Es muss daher eine Regelung geben, die es Händlern erlaubt Quecksilber dennoch zu importieren/ exportieren. Dies ist dann möglich, wenn diese Händler eine Einrichtung zur umweltsicheren Lagerung (Artikel 12) betreiben, was in Nr. 1 (a) und Nr. 2 (b) (i) beschrieben wird.

Es muss aber in Artikel 12 berücksichtigt werden, dass die umweltsichere Lagerung nicht nur sehr große Langzeitlager wie in den USA (für mehrere 1000 t Quecksilber) meint, sondern auch wesentliche kleinere Einrichtungen für einige wenige bis einige Hundert Tonnen.

4.2.5 Artikel 6: Produkte

Übersicht über die Optionen

In Tab. 5 werden die Regelungsoptionen im Bereich „Produkte“ beschrieben.

Tab. 5: Regelungsvorschläge zu Produkten

| Option | Option 1 | | Option 2 | Option 3 | Option 4 |
|--------------|---|---|--|---|--|
| Typ | Verbotsliste | | Totalverbot mit Ausnahmen | Gestufte Verbotsliste | Vollständige Erlaubnis, aber Quecksilber-Gehalte senken |
| Inhalt | Alternative 1 | Alternative 2 | | | |
| | Annex C: Liste verbotener Produkte | Annex C: Liste verbotener Produkte | Annex C: Liste erlaubter Produkte | Eingruppieren von Produkten in drei Kategorien (Nr. 1): > Verboten (Produkte mit verfügbaren und bezahlbaren Alternativen) > Vorläufig erlaubt (Übergangsfrist nötig) > Unverzichtbar (Keine bezahlbaren Alternativen verfügbar) COP entscheidet über Auflistung, Umlistung, Übergangsfristen | Länder sollen Quecksilber-Gehalt in Produkten senken durch > steuerliche Anreize > Rechtslegung > Verbreitung alternativer Produkte > öffentliche Aufklärung (Nr. 1) |
| Nr. 1 Import | Verbot des (Imports) und Produktion von Produkten in Annex C, außer > Länderspezifische Ausnahme (Nr. 1 a) und c) > bereits vorhandene Produkte vor Inkrafttreten | Inhaltlich identisch mit Alt. 1 (Nr. 1) | Verbot der Produktion aller Produkte mit Ausnahme derjenigen in Annex C Verbot des Imports außer im Fall länderspezifischer Ausnahmen | Verbot des Imports, Exports und Produktion von Produkten in Annex C I | X Jahre nach Inkrafttreten der Konvention dürfen Parteien den Import aus Nicht-Vertragsparteien verbieten |

| | | | | | |
|------------------------------------|--|--|---|--------------------------------|--|
| | | | (Nr. 1 c) | | |
| Nr. 2 Export | Verbot des Exports (Nr. 1. b) außer > zur Beseitigung (Nr. 2) > an Land mit Ausnahmeregelung nach PIC | Inhaltlich identisch mit Alt. 1 (Nr. 1) | Inhaltlich identisch mit Option 1, Alt. 1 (Nr. 1 b) | | |
| Nr. 3 Herstellung | Verbot Produkte herzustellen, die bislang im Lande nicht produziert wurden > (ggf. außer es ersetzt Produkt mit mehr Quecksilber) (Nr. 3) | | Minimierung der Quecksilber-Freisetzung und Exposition bei Produktion (Nr. 3) | | |
| Nr. 4 Export von Werkzeug | Verbot des Exports von Werkzeug. Kredite, Versicherungen zur Herstellung von Produkten in Annex C (Nr. 4) | | | | Vertragsparteien sollen von Export von Technologien zur Produktion und Nutzung von Quecksilber und Quecksilber-Produkten abraten |
| Nr. 5 Berichte | Berichtspflicht: Produktion, Import, Export von Annex C-Produkten, sowie neue Produkte | Berichtspflicht zu allen Quecksilber-Produkten Menge Quecksilber, Produkttypen, Produktionsquellen Quecksilber, Quecksilber-Menge je Produkte, Pläne zur Einstellung der Produktion | I Inhaltlich identisch mit Option 1, Alt 2 Nr. 5 (Nr. 4) | | |
| Nr. 6 Einstellen der Produktion | NIP: Einstellen der Produktion | | Inhaltlich identisch mit Option 1, Alt 1 Nr. 6 (Nr. 5) | NIP: Einstellen der Produktion | Implementierung unter Berücksichtigung soziök. Situation. NIP: Einstellen der Produktion (Nr. 4) |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|--|---|---|---------|
| | | | | <i>Compliance</i> in Abh. Der Verfügbarkeit ausreichender finanzieller Ressourcen (Nr. 4 Alt 1) | Alt. 2) |
| Annex C - Inhalte/ Gliederung | >Verbotenes Produkt/ Ausnahmen/ >Fristende der Ausnahme | > Erlaubtes Produkt/ > Erlaubte Nutzung- Maximaler Quecksilber- Gehalt, Fristen | >Verboten/ >Einstellen der Produktion/ >Essentielle Nutzung | KEIN ANNEX | |

Bewertung

Die grundsätzliche Frage, ob eine Verbotsliste (Option 1) oder ein Totalverbot mit Ausnahmen (Option 2) zu bevorzugen ist, ist bereits mehrfach diskutiert worden. Immer wieder tauchen Verfahren oder Produkte auf, die Quecksilber in umweltgefährdender Weise einsetzen. Eine Verbotsliste deckt diese bislang unbekanntes Verfahren nicht ab und schafft Regelungslücken. Auf der anderen Seite wird argumentiert, dass diese wenig bekannten Produkte und Verfahren nicht relevant seien oder zu wenige Informationen zu ihrer Relevanz und Substituierbarkeit vorlägen. Beide Einwände sind richtig. Es ist daher zu überlegen, für diese weniger bekannten Verfahren eine weitere Liste oder Teilliste anzulegen. Für Produkte und Verwendungen auf dieser Liste gelten dann abgeschwächte, allgemeine Anforderungen wie:

Parties shall take appropriate measures to reduce or, where feasible, eliminate the production, use, export and import of products listed in Annex C bis and of any other products not listed in Annex C or Annex C bis.

Eine solche Regelung würde dann alle Nutzungen abdecken, wäre aber mit Option 1 und Option 3 kompatibel. Bei Option 3 wäre diese Liste Annex C Part IV.

Es ist zu überlegen ob das Verbot des Exports von Werkzeug, die Bereitstellung von Krediten etc. zur Produktion von Produkten in Annex C (Nr. 4) nicht eine Ausnahme beinhalten müsste für Länder mit einer Ausnahmeregelung.

Die Berichtspflichten zu Produkten (Nr. 5 Alternative 2) sollten im Artikel 22 gesammelt werden, statt hier nochmals extra zu erscheinen. Abgesehen davon erscheinen sie exzessiv und teilweise nicht umsetzbar. Nicht immer ist Quelle des verwendeten Quecksilbers bekannt (iii). Die Menge Quecksilber je Produkt (iv) müsste für jeden Produkttyp und Hersteller einzeln recherchiert werden. Es wäre ausreichend, Informationen je Sektor zu erhalten:

(i) The quantities of mercury used each year for each product type listed in Annex C [and C bis] and for each process in Annex D, including information on the amount of waste, contaminated with mercury that has been recycled for re-use within the according industry sector;

(ii) — The products or processes in which mercury was used;

(iii) — The sources of supply from which the mercury was purchased;

(iv) — The amount of mercury in any products sold; and

(v) Any plans to phase out the use of mercury in the products or processes.

Das Modell der gestuften Verbotsliste (Option 3) ist insoweit interessant als es recht klar deutlich macht, welche Produkte welchen Status haben. Für verbotene Produkte des Teils 1 in Annex C gibt es im Gegensatz zu Option 1 keine Ausnahmeregelung. Es ist zu befürchten, dass hier entweder keine oder nur ganz wenige, völlig irrelevante Produkte auftreten, da alle Produkte irgendwo noch im Einsatz sind.

Teil 2 ist der interessanteste, da er effektiv mit dem Annex C aus Option 1 identisch sein wird. Teil 3 (Unverzichtbare Nutzungen) kann zur Folge haben, dass die Erlaubnis zur Produktion bestimmter Produkte auf lange Zeit explizit zementiert wird. Angesichts der Erfahrung mit anderen Konventionen ist zu befürchten, dass es mehr als ein Jahrzehnt dauern kann, bis ein

Produkt aus einer solchen Liste entfernt wird. Daher ist das Modell aus Option 1 (Verbot mit länderspezifischer Ausnahme) zu bevorzugen.

Das Verbot neue Produkte zu entwickeln (Option 1, Nr. 3 ohne Klammern), könnte dazu führen, dass auf andere Weise vorteilhafte Technologien nicht zum Einsatz kommen. Beispielsweise dürfte eine Energiesparlampe nicht entwickelt werden, würde es sie noch nicht geben. Der Text in Klammern, der bestimmte Anforderungen stellt, ist also notwendig.

Es ist fraglich, ob das Verbot der Neuaufnahme einer Produktion bereits existierender Produkte so haltbar ist. Beispielsweise dürfte in der deutschen Stadt A keine neue Lampenfabrik entstehen, wenn die dort produzierten Energiesparlampen 1% mehr Quecksilber enthielten als die Lampen eines Mitbewerbers in der Stadt B. Beide Produkte wären nach EU-Recht zugelassen, aber nur der alte Produzent darf weiter produzieren. Eine solche Regelung hätte höchstwahrscheinlich von europäischen Gerichten kein Bestand. Es wäre daher vorzuschlagen, die Regelung so zu reduzieren, dass nur die Aufnahme der Produktion neuartiger Produkte betroffen ist, nicht die Produktion sonst zugelassener Produkte.

Zuletzt bedeutet die jetzige Formulierung, dass sonst weltweit zugelassene Produkte nicht neu in Ländern produziert werden dürfen, in denen es eine solche Produktion bislang nicht gegeben hat. Das könnte man so lesen, dass ein Umweltübereinkommen dazu genutzt wird, um die Vormachtstellung bestimmter Industrie- und Schwellenländern in bestimmten Industriesektoren zu zementieren und eine wirtschaftliche Entwicklung von Entwicklungsländern zu behindern. Folgende Formulierung wäre klarer:

Each Party [shall not allow] [should take measures to discourage] the manufacture or production of any new ~~[new] variety, type or category~~ of mercury-added product that was not available on the market ~~manufactured or produced in commerce in the territory of the any~~ Party at the date of entry into force of this Convention for it, ~~except where the product is intended to replace an existing mercury-added product that contains more mercury per unit than does the new product~~ [or where the mercury-added product that is newly manufactured or produced has other compensating environmental or human health benefits]

Option 4 mit gänzlichen freiwilligen Maßnahmen zur Senkung des Quecksilber-Gehaltes von Produkten fällt weit hinter EU-Standards zurück. Die Regelung bedeutet effektiv, dass alle Produkte ungehindert weiter genutzt werden dürfen unabhängig davon ob es Alternativen gibt oder nicht. Eine solche Regelung bringt gegenüber einem Verzicht auf Regelungen keinen oder nur einen vernachlässigbaren Vorteil.

In allen Optionen fehlt eine generelle Ausnahme für Forschungs- Entwicklungs- und Analyse Zwecke (gemäß 76/769/EWG). Es sollte also ergänzt werden:

The provisions in Article 6 shall not apply to marketing or use for research and development or analysis purposes.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Option 2 (Totalverbot mit Ausnahmen) der ambitionierteste Ansatz ist, derzeit aber wohl schon innerhalb der EU keine Mehrheit findet. Option 1 (Verbotsliste) kann einige Aspekte von Option 2 auffangen, wenn Annex C um eine Liste anderer noch nicht verbotener Produkte ergänzt wird und diese mit einer weichen Regelung (Soll-Maßnahmen zur Reduzierung) versehen werden.

4.2.6 Annex C (Option 1)

Die Auflistung von Produkten im jetzigen Entwurf von Annex C ist nur provisorisch. So sind unter Nr. 1 Batterietypen genannt, die sowohl quecksilberhaltig als auch quecksilberfrei sein könnten. Ohne den Zusatz

containing more than 0.00x wt. % mercury

würde der Annex C bedeuten, dass ab dem Zeitpunkt X alle Batterietypen unabhängig vom Quecksilber-Gehalt verboten sind.

In Nr. 2 „Messgeräte“ wäre ggf. zu ergänzen:

- Hydrometer (aus NORDEN, 2007)
- Gyroskop (aus NORDEN, 2007)

In Nr. 3 „Elektronische Bauteile“ fehlen:

- ABS brake activators and airback activators in cars (in NORDEN, 2007, verboten auch durch die europäische Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG²)

In Nr. 4 „Lampen“ meint der Eintrag „mercury-containing lamps“ wohl Niederdruck-Fluoreszenzlampen (solche die durch die RoHS-Richtlinie 2011/65/EU 3 abgedeckt sind), schließt aber andere Lampentypen, z.B. Quecksilberhochdrucklampen mit ein. Der Eintrag müsste daher lauten:

Compact fluorescent lamps ~~Mercury-containing lamps~~ [containing more than 5 mg of mercury]

Die Angaben eines Höchstgehaltes sollte mit Bedacht gewählt werden. Die RoHS-Richtlinie 2011/65/EU sieht Höchstmengen von nur 2,5 mg ab 2013 vor (für Lampen < 30 W) und bis zu 7,5 mg für Lampen > 150 W. Andere Lampentypen werden z.T. ganz verboten oder haben andere Höchstgehalte. Entweder man führt in der Konvention sehr detaillierte Regelungen wie in 2011/65/EU ein, oder man orientiert sich am Höchstgehalt je Produktgruppe in RoHS, was aber nicht besonders ambitioniert ist. In jedem Fall sollte eine Unterscheidung stattfinden nach:

- 1) single capped CFLs
- 2) double capped linear fluorescent lamps
- 3) cold cathode fluorescent lamps and external electrode fluorescent lamps (CCFL and EEFL) for special purposes (u.a. Hintergrundbeleuchtung für LCD-Bildschirme)

² Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 269/34.

³Richtlinie 2011/65/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten Text von Bedeutung für den EWR. Amtsblatt Nr. 174, 0088 – 0110.

- 4) other low pressure discharge lamps
- 5) High Pressure Sodium (vapour) lamps
- 6) High Pressure Mercury (vapour) lamps
- 7) Metal halide lamps (MH)
- 8) Mercury in other discharge lamps for special purposes not specifically mentioned in this Annex.

In Nr. 6 Seifen und Kosmetika ist das Ausstiegsdatum zu spät. Diese Produkte können sofort vom Markt genommen werden. Alternativen liegen zu vergleichbaren Preisen vor (Uram et al. 2010).

Bei Nr. 7 Farben ist zu unterscheiden zwischen Pigmenten und Anstrichfarben. Hier stellt sich die Frage, ob es eine generelle Ausnahme geben sollte für Farben zu Restaurierung von Kunstwerken. Bestimmte Kunstwerke (Buchmalerei, Ölgemälde, Statuen) lassen sich nur mit den Original-Mineralfarben wiederherstellen, da die Farbigkeit nur von diesen bestimmten Mineralen erreicht werden kann. Soweit bekannt, spielt nur Zinnober eine Rolle. Anstrichfarben sind Zubereitungen, die einen quecksilberhaltiger Zusatzstoff, ein Antifaulmittel enthalten können. Es müsste also klarer heißen:

Paints containing mercury compounds as preservatives or biocides
Nr 7 bis: pigments except for restoration of artwork

Nr. 8 Pestizide sollte ergänzt werden um Biozide.

Folgende Produkte und Nutzungen fehlen bislang in den vorgeschlagenen Verbotslisten:

- Vakuumpumpen
- Continuous conductors in rotating seam welding wheels (NORDEN, 2007)
- Feuerwerk (NORDEN, 2007)
- Spielzeug
- Sprengstoff

4.2.7 Artikel 7 Prozesse

Übersicht

Tab. 6: Regelungsvorschläge zu Quecksilber in Prozessen

| Option | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|--|--|--|
| | Verbotsliste | Totalverbot mit Ausnahmen | Verbotsliste |
| Nr. 1 Verbot | Verbot von Prozessen in Annex D, aber länderspezifische Ausnahmen | Alle Prozesse verboten, aber länderspezifische Ausnahmen | Verbot von Prozessen in Annex D, aber Übergangsfristen |
| Nr. 2 Verbot neuer Prozesse | > Verbot der Nutzung von Quecksilber in neuen Prozessen >Verbot der Nutzung von Prozessen, die vorher im Land nicht genutzt wurden | | |
| Nr. 3 NAP zu alten Anlagen | Jeder Vertragsstaat mit Anlagen aus Liste D soll > NAP zur Reduzierung und Eliminierung des Prozesses > NAP soll mindestens Elemente aus Annex D Teil 2 enthalten > BAT anwenden | | |
| Nr. 4 BAT | COP entscheidet Richtlinien zu BAT | | |
| Nr. 5 Erweiterung Annex | Vertragsstaat darf Prozess für Annex D nominieren | | |
| Nr. 6 Export von Anlagen | Verbot des Exports von Anlagen zu Prozessen in Annex D außer zur Senkung der Emissionen | | |
| Annex D | Verbotsliste >MCCA >VCM* >Prozesse mit Quecksilber als Katalysator >ASM * bis 5 Jahre nach Verfügbarkeit alternativer Katalysator | Ausnahmeliste Prozess-Ausnahme-Frist | Verboten, Auslaufen lassen Unverzichtbar |
| Annex D Teil 2 | Elemente des NAP Inventur: Anlagen und verbrauchte Quecksilber-Menge Strategie zum Ersatz bestehender Anlagen Strategien zur Reduzierung der Quecksilber-Emissionen (Strategien zum umweltverträglichen Management von Abfall und Überschuss-Quecksilber) Ziele und Zeitpläne Review | | |

Bewertung

Das Verbot der Nutzung von Prozessen, die vorher im Land nicht genutzt wurden, sollte versucht werden umzusetzen (Nr. 2). Allerdings könnte es Länder geben, die argumentieren, dass ein Prozess der in einem anderen Land erlaubt ist, in ihrem Land nicht verboten sein kann. Außerdem widerspricht dieses Verbot dem Konzept der Länderspezifischen Ausnahmen. Ein Land, das eine Ausnahme notifizieren kann, muss auch die Möglichkeit haben diese Ausnahme zu nutzen, sonst werden verschiedene Länder ungleich behandelt. Die Formulierung von Nr. 2 geht aber so weit, dass selbst solche Prozesse nicht neu in einem Land genutzt werden dürfen, die nicht einmal auf der Verbotsliste stehen. Das wäre sehr ungerecht und könnte als Zementierung der industriellen Vormachtstellung einiger Industrie- und Schwellenländer interpretiert werden. Eine neutralere Formulierung wäre:

Each Party shall not allow the [intentional use of mercury or mercury compounds in any other manufacturing process in which mercury or mercury compounds were not used in the territory of the Party as at the date of entry into force of this Convention for it] [introduction of new manufacturing processes in which mercury or mercury compounds are intentionally used] except in cases where the process is intended to replace an existing process using mercury or mercury compounds that consumes more mercury per unit of produced good than does the new process] [or where the new process has other compensating environmental or human health benefits

Diese Formulierung wäre damit auch konsistent mit der entsprechenden Regelung für Produkte, indem sie Neuerungen zulässt, wenn damit entweder Quecksilber eingespart werden kann (z.B. veränderter VCM-Prozess mit niedriger dosierten Quecksilber-Katalysatoren, wie derzeit in China in Planung) oder es einen anderen positiven Umwelteffekt erzeugt, der die Einführung rechtfertigt.

Die Verbotsliste (Annex D Teil 1 Option 1) ist derzeit sehr kurz. Es fällt auf, dass Prozesse die in der EU noch in Nutzung sind, nicht aber in anderen Regionen (Alkoholat-Synthese mit Quecksilberzellen, Polyurethan-Elastomer-Produktion) nicht auftauchen. Zumindest die Polyurethan-Synthese ist unter Punkt 3 (Quecksilber-katalysierte Prozesse) abgedeckt. Falls dieser allgemeine Verbotspunkt zu Quecksilber-katalysierten Prozessen bestritten wird, so ist zu empfehlen zumindest noch diejenigen Prozesse aufzunehmen, die weltweit wahrscheinlich keine Bedeutung mehr haben, z.B. (aus NORDEN-Liste):

- Acetaldehyd-Produktion
- Vinylacetat-Produktion
- Produktion von "cube" (1-Amino Anthrachion) Farben und Pigmente

Es ist weiterhin zu überlegen, unter Annex D einen Teil 1bis aufzunehmen, in dem handwerkliche Prozesse aufgeführt werden:

- Vergolden
- Spiegelherstellung
- Ledergerbung

Eine generelle Ausnahme für bestimmte Prozesse sollte für die Restaurierung von Kunstwerken gegeben werden, da sich bestimmte handwerkliche Effekte nur durch alte Techniken erzielen

lassen. Es ist aber sicherzustellen, dass nur besonders ausgebildete und zugelassene Personen diese Tätigkeiten ausführen

Abschließende Bewertung: Option 1 und 2 können weitgehend gleiche Wirkung entfalten, wenn der Annex D für Option 1 ausreichend weit gefasst wird. Option 3 bei den Prozessen entspricht Option 3 bei den Produkten. Die dortige Diskussion ist auch für Prozesse anwendbar. Option 2 ist ambitionierter, da sie ein eindeutiges, abschließendes Ziel vorgibt. Dieses Ziel scheint auch erreichbar, wenn es gelingt einen Quecksilber-freien Katalysator für die VCM-Produktion zu finden.

5 Fragestellungen im Vorlauf der vierten Sitzung der Verhandlungsgruppe

5.1 Übersicht über Hersteller, die Alkoholate und Kaliumhydroxid ohne Einsatz von Quecksilber herstellen

5.1.1 Hintergrund

Eine Methode zur Herstellung von Alkali-Alkoholaten besteht in Zersetzung von elektrolytisch hergestelltem Natrium- oder Kaliumamalgam durch Alkohol. Dieser Prozess ist eng mit der Chlor-Alkali-Produktion durch Quecksilber-Zellen verwandt (VCI 2005). Es stellte sich die Frage, ob für die folgenden Alkoholate auch Prozessalternativen bestehen, die ohne Quecksilber auskommen:

- Natriumethylat
- Kaliumethylat
- Kaliummethylat

Darüber hinaus können mit den Anlagen hochreine Kaliumhydroxid-Lösungen hergestellt werden. Auch hierfür war zu prüfen ob Alternativen vorliegen.

5.1.2 Alternative Hersteller

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht an Unternehmen, die eines oder alle oben genannten Alkoholate herstellen. Es fällt auf, dass viele der Unternehmen auch Natrium-Metall oder Kaliummetall anbieten, die Ausgangsbasis für die Herstellung der Alkoholate nach dem Metall-Verfahren. Die meisten Unternehmen sind in China in der Provinz Shangdong angesiedelt. Zu Produktionskapazitäten gibt es wenig Informationen, sie dürften derzeit geringer sein als an den Standorten Lülldorf und Ludwigshafen (ca. 10 000 t andere Alkoholate). Zu beachten ist, dass die Produktion in China geradezu explodiert ist. Die meisten Firmen weisen darauf hin, dass sie erst in den 2000er Jahren gegründet wurden.

Im Hinblick auf hochreine Kalilauge gibt es mehrere Hersteller, die KOH-Lösungen anbieten, deren Reinheit spezifisch für die Anforderungen der Halbleiter- oder Photovoltaikindustrie ausgerichtet sind. Ein Beispiel ist Kanto Chemicals aus Japan, die KOH-Lösung aus hochreiner KCl mit dem Membranverfahren herstellen. Die Reinheit bezieht sich dabei besonders auf metallische Nebenbestandteile, die den Ätzprozess stören könnten. Der etwas höhere Chloridgehalt scheint keine wesentliche Rolle zu spielen. Dazu wären aber noch zusätzliche Informationen der Anwender von Interesse.

Tab. 7: Übersicht über Hersteller von Alkali-Alkoholaten und hochreiner KOH

| Name und Standort des Unternehmens | NM | NE | KM | KE | KOH | Na/K-Metall | Method e |
|--|----------------------------------|-------------------------------|----|----|-----|-------------|----------|
| Zibo Zhangdian Fengshui Social Welfare Chemical Factory, Zibo, Shangdong. "We are the earliest manufacturer in China for sodium alcoholate series " | X | X | | | | Na | |
| Linyi Zhenfeng Chemical Co, Lushang, Shangdong (Tochterfirma von Zibo Zhangdian) | X | X | | | | | |
| Zibo Huixin Chemical, Zibo, Shangdong "is the unique registered manufacturer in China" | X 3 000(f) 10 000(fl)) | X 600(f) 5 000(fl)) | | | | Na | Metall |
| Dezhou Longteng Chemical Co, Dezhou, Shandong "is the only specialized manufacture of solid/liquid Sodium methoxide ... in China" | X | X | X | | | | |
| Zibo Fuxi'er Chemical, Liangxiang Industrial Park | X | X | X | X | | K | |
| Feicheng Acid Chemicals, Feicheng City, Shandong Province | | | X | | | | |
| Shandong Xiangde Biotechnology Co., Ltd (früher: Yucheng Runfeng Fine Chemical), Shiliwang industrial park, Yucheng, Shandong "Is the biggest specialized manufacturer in China" | X | X | X | X | | | Metall |
| Shandong Fuxi'er Chemical, Xuzhai Industrial Park, Zibo | X | X | X | X | | K | Metall |
| Kemira Produktion oder nur Vertrieb? | | | X | | | | |
| Simonchem, Shijiazhuang City, Hebei | | | | | | K, Na | |
| Nippon Soda, Japan | X | X | | | | Na | |
| Alkali Metals, India | X | X | | | | Na | |
| Kanto Chemicals, Japan | | | | | X | | |
| (f): Fest; | | | | | | | |

(f): fest; (fl):flüssig/ Lösung

5.2 Bewertung der BIOIS-Studie zu Dentalamalgam und Batterien

5.2.1 Hintergrund

Im Auftrag der EU-Kommission untersuchte BIOIS (2012) die Verfügbarkeit und Effektivität quecksilberfreier Knopfzellen und Zahnfüllungs-Materialien. Sie bewerteten zudem die ökonomischen Konsequenzen verschiedener Regelungsszenarien und ihre Auswirkung die Freisetzung von Quecksilber bei der Nutzung und Beseitigung dieser Produkte. Vor dem Hintergrund der zeitgleich verlaufenden internationalen Verhandlungen stellte sich die Frage, ob die von der Studie dargestellten Regulierungsoptionen auch als Grundlage für das globale Übereinkommen genutzt werden können. Es war daher nötig, den im April 2012 vorgelegten Entwurf der Studie ⁴ eingehend zu prüfen und aufzuzeigen, welche zusätzlichen Informationen zur Verbesserung der Aussagekraft der Studie noch notwendig wären.

5.2.2 Vorbemerkung: Rückverfolgbarkeit

In allen Teilen der Studie sollte sichergestellt werden, dass sich alle dargestellten Daten auf zitierte Veröffentlichungen oder andere Teile der Studie beziehen. Ein Beispiel wo ein Datum nicht rückverfolgbar ist, ist die Darstellung, dass Dentalamalgam 21-32% der gesamten Quecksilberemissionen in die Luft ausmachen (Seite 39, Zeile 14). Diese Zahl bezieht sich wahrscheinlich auf die Quecksilber-Materialflussanalyse in Anlage C.

5.2.3 Dentalamalgam (Kapitel 2-5 und Anlagen)

Nutzung von alternativen Füllmaterialien

Auf Seite 51 wird eine Abbildung gezeigt zur Anzahl der Zahnrestauration je EU-Mitgliedsstaat. Wenig überraschend sind die größeren Mitgliedsstaaten an der Spitze. Es wäre interessant einen Vergleich auf Basis der Restaurationen je 1 000 (oder 10 000) Einwohner zu sehen. Das kann z.B. mit Hilfe eines Torten-Diagramms erfolgen, wobei der Durchmesser des Diagramms die Gesamtzahl der Restaurationen je 1 000 Einwohner und die Tortenschnitte das relative Verhältnis der verwendeten Materialien zeigt.

Unsicherheit

Die Studie war erfolgreich darin, die relevanten Daten zur Nutzung von Dentalamalgam in den verschiedenen Mitgliedsstaaten zusammenzutragen. Eine Anzahl von Datenlücken wurde geschlossen durch Annahmen und Interpolationen. In der gegenwärtigen Situation, in der viele Interessenvertreter nicht in der Lage sind bessere Daten zu liefern, war dieser Ansatz wahrscheinlich die beste Möglichkeit, um ein Gesamtbild der Dentalamalgam-Nutzung in der EU27 zu erhalten. Drei Szenarien wurden entwickelt, um den zukünftigen Bedarf in Abhängigkeit von verschiedenen politischen Entscheidungen vorauszusagen. Wie es im Bericht herausgestellt wurde, bestehen viele Eingangsdaten aus Annahmen und sind darum unsicher.

⁴ Die folgenden Abschnitte beziehen sich auf den Entwurf vom März 2012: BIO (2012) Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries. Draft final report.(5 March 2012)

http://www.amalgam-informationen.de/dokument/BIO_Draft-final-report.pdf

Dementsprechend sind die vorausgesagten Werte für die zukünftige Nachfrage nach Amalgam ebenso unsicher. Obwohl eine vollständige Unsicherheitsanalyse von großem Nutzen wäre, dürfte eine solche Aufgabe die vorhandenen Ressourcen wohl überschreiten. Die Kommission konnte daher überlegen, Unsicherheitsanalysen in zukünftigen Studien zu berücksichtigen. Allerdings sollte schon jetzt auf der Basis von Minimal- und Maximalwerten von Eingangsfaktoren eine Abschätzung der Bandbreiten für die finanziellen Auswirkungen machbar sein.

An einigen Stellen im Text (Kapitel 4.2. und 4.3) werden Bandbreiten für die resultierenden finanziellen Auswirkungen angegeben (z.B. unter 4.3.1 „Öffentliche Gesundheit und Sicherheit“), an anderen Stellen aber wie z.B. 4.2.3.3. sind Bandbreiten für die Anzahl der Restaurationen mit Dentalamalgam zwischen 2012 und 2025 nicht angegeben, sondern nur diskrete Zahlenwerte.

Auswirkung der politischen Option 2

Die politische Option 2 beschreibt eine Empfehlung an Mitgliedsstaaten, nationale Maßnahmen zur Reduzierung der Nutzung von Dentalamalgam vorzunehmen. In der Studie wird ausgeführt, dass sich die Auswirkungen dieser Option sehr schwer quantifizieren lassen, doch das anzunehmen ist, das die Reduktion in der Mitte zwischen dem Basis-Szenario (keine Maßnahmen) und einem Verbot (Option 3) läge. Solch eine Annahme könnte viel zu optimistisch sein. Die Kommission könnte den Autoren Informationen zu Verfügung stellen zu Auswirkung von Empfehlungen in anderen Feldern der Umweltpolitik.

Kosten-Nutzen-Analyse

Es wäre hilfreich für die Studie, wenn in knapper Art und Weise ein Vergleich angestellt würde zu allen vermiedenen Kosten (Gesundheitswirkungen, notwendige Investitionen in emissionsmindernde Technologien) und den zusätzlichen Kosten (Ausbildung von Zahnärzten, höhere Kosten für alternative Füllmaterialien). Derzeit werden (S. 98) nur die jährlichen Kosten dargestellt, die ein Patient zusätzlich zu tragen hat, nicht aber zugleich die vermiedenen Kosten.

Es wird bemerkt, dass viele Patienten freiwillig die Zusatzkosten für eine alternative Behandlung tragen, so dass die effektiven, durch politische Entscheidungen verursachten Zusatzkosten für die Patienten sich aus der Differenz der politischen Optionen (2 und 3) und dem Basis-Szenario ergeben. Diese effektiven Kosten sollten dann mit den vermiedenen Kosten verglichen werden, besonders mit den vermiedenen Gesundheitskosten.

Quecksilber-Abfälle in Deponien

Obwohl die allgemeine Annahme richtig ist, dass Deponien, die quecksilberhaltige Abfälle enthalten, keine Emissionsquelle sein sollten, ist dieses tatsächlich schon der Fall. Quecksilber kann eine Deponie zusammen mit dem verbrannten oder nicht verbrannten Deponiegas verlassen. Moderne Deponien werden so geplant, dass sie die Abfälle gegenüber der Biosphäre isolieren, aber alle in Deponien verwendeten Materialien haben eine begrenzte Lebensdauer und werden langfristig durchlässig (z.B. Peggs 2003).

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass einige Länder den zulässigen Quecksilbergehalt von Abfall beschränken, der auf Oberflächen-Deponien abgelagert werden soll (siehe BIOIS/GRS 2010). Kurzfristig ist davon auszugehen, dass Deponien keine wesentlichen Freisetzungquelle

in den Boden sein werden, da für die im Deponiebau verwendeten Abdichtmaterialien eine Lebensdauer von 75-400 Jahren angenommen wird.

5.3 Analyse des Norwegischen Vorschlags zur Regelung von Prozessen

5.3.1 Gegenstand des Vorschlages

Es gibt zwei grundlegende Möglichkeiten, die Nutzung von Quecksilber in Prozessen zu regeln: über eine Verbotsliste (alle Prozesse sind erlaubt außer jenen auf der Liste, Option 1 in INC.3/3) oder ein Totalverbot, das von Übergangsregelungen für ausgewählte bestehende Prozesse begleitet wird (Option 2 in INC.2/3). Norwegen hat auf Basis von Option 1 einen Formulierungsvorschlag für die Verbotsliste gemacht, der u.a. die Produktion von Chemikalien verbieten würde, wenn dafür Quecksilber als Katalysator oder Elektrode eingesetzt würde:

[Manufacturing process not allowed under Article 7:] Production of chemicals and polymers in which mercury or mercury compounds are used as catalysts or electrodes

Unter diese Formulierung, die richtiger hieße:

Production processes for chemical substances including polymers in which mercury or mercury compounds are used as catalysts or electrodes

fielen auch die Herstellung von Alkoholaten, Alkalimetallen und Dithioniten mit Hilfe von Quecksilberzellen. Begründet wird der Vorschlag mit dem Argument, dass für alle Verfahren, bei denen Quecksilber als Elektrode oder Quecksilberverbindungen als Katalysator eingesetzt werden, Prozessalternativen zur Verfügung stünden.

5.3.2 Prozesse, die auf der Verwendung von Quecksilber oder Quecksilberverbindungen beruhen

Folgende Prozesse der industriellen Chemie verwenden aktuell oder verwendeten in der Vergangenheit Quecksilber oder Quecksilberverbindungen zur Herstellung chemischer Produkte:

a) Nutzung von Quecksilber als Elektrode

1. Herstellung von Chlor und Alkalihydroxiden (NaOH, KOH) durch Elektrolyse von Salzlösungen und Zersetzung des Amalgams durch Wasser (Chlor-Alkali-Elektrolyse)
2. Herstellung von Metallalkoholaten durch Elektrolyse von Salzlösungen und Zersetzung des Amalgams durch Alkohole
3. Herstellung von Dithioniten durch Elektrolyse von Salzlösungen und Zersetzung des Amalgams durch Sulfite
4. Herstellung von Alkalimetall durch Elektrolyse von Salzlösungen und thermische Zersetzung des Amalgams

b) Nutzung von Quecksilberverbindungen als Katalysatoren

1. Herstellung von Vinylchlorid durch Hydrochlorierung von Acetylen (C_2H_2) unter Verwendung von Quecksilber(II)chlorid (Hg_2Cl_2 , „Sublimat“) als Katalysator
2. Herstellung von Polyurethanen mit Hilfe von Phenyl-Quecksilberverbindungen

3. Herstellung von Acetaldehyd, Vinylacetat und anderen organischen Verbindungen mit Hilfe von Katalysatoren, die Quecksilberverbindungen enthalten

5.3.3 Verwendung von Quecksilberverbindungen bei der Herstellung von Polyurethan

Anwendung

Quecksilberhaltige Katalysatoren auf der Basis von Phenylquecksilberneodecanoat werden genutzt um einige Typen von Polyurethan-Elastomeren zu produzieren. Der Katalysator fördert die Reaktion zwischen einer Polyol- und einer Isocyanatkomponente. Dabei wird der Katalysator typischerweise dem Polyol beigemischt. Er verbleibt nach der Reaktion im Produkt und lässt sich von diesem nicht trennen. Quecksilberhaltige Katalysatoren werden eingesetzt, da die erhaltenen Polyurethane besondere Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten aufweisen. Hierzu gehören u.a.: Elastomer-Beschichtung von Leder, Behandlung von Textilien und Fasern, Beschichtung von Computer-Bauteilen. Die fertigen Polyurethane können bis zu 35 Gew.-% Quecksilber enthalten. In der Vergangenheit wurden auch Bodenbeläge (z.B. für Sporthallen) mit quecksilberhaltigen Polyurethanen hergestellt. Quecksilber kann aus den Produkten durch Nutzung, Zerfall oder bei der Abfallbeseitigung freigesetzt werden (COWI 2008).

In der EU werden jährlich ca. 130 bis 260 t Katalysatoren mit Phenylquecksilberneodecanoat hergestellt (v.a. in Deutschland und Spanien). Ein großer Teil davon wird exportiert. Ebenfalls exportiert werden fertige Produkte (Polyurethane), die Phenylquecksilberneodecanoat enthalten. Hierzu liegen allerdings keine Daten vor (Norwegian Climate and Pollution Agency 2010). Die weltweit jährlich genutzte Menge an Quecksilber-Katalysatoren für die Herstellung von Polyurethanen wird auf 300 bis 500 t geschätzt (COWI 2008). Neben Phenylquecksilberneodecanoat kommen mindestens weitere 20 Organo-Quecksilberverbindungen als Katalysator in Frage. In welchem Ausmaß diese in der EU genutzt oder für den Export produziert werden, ist weitgehend unklar (ECHA 2011).

Alternativen

Mittlerweile ist eine Vielzahl von Katalysatoren auf dem Markt, die die Herstellung von Polyurethanen mit ähnliche oder gleichartigen Eigenschaften ermöglichen. Hierzu gehören

- Bismuthcarboxylate
- Zinkcarboxylate
- Zirkoniumcarboxylate
- Titanchelate
- tertiäre Amine.
- Organozinn-Verbindungen (In der EU bereits weitgehend verboten)

Für viele Anwendungen liegen alternative Katalysatoren bereits vor. Bei einigen Anwendungen bereitet der Ersatz derzeit noch Schwierigkeiten, besonderes bei Produkten für den Einsatz unter extremen Bedingungen (z.B. Offshore-Anlagen). Dies kann aber auch damit zu tun haben, dass bislang kein Druck vorhanden war nach Alternativen zu suchen. Jedoch sind auch hier mittlerweile quecksilberfreie Alternativen auf den Markt gelangt. Nach Abschluss der

Konsultationen mit der Industrie geht die ECHA (2011) davon aus, dass ein Ersatz der verbleibenden quecksilberhaltigen Katalysatoren innerhalb von fünf Jahren möglich ist. Sie schlägt daher ein Verbot des Inverkehrbringens von fünf Phenylquecksilberverbindungen vor. Hierzu gehören:

- Phenylmercury acetate (CAS 62-38-4, EC 200-532-5)
- Phenylmercury propionate (CAS No 103-27-5, EC No 203-094-3)
- Phenylmercury 2-ethylhexanoate (CAS No 13302-00-6, EC No 236-326-7)
- Phenylmercuric octanoate, (CAS No 13864-38-5, EC No na*)
- Phenylmercury neodecanoate (CAS No 26545-49-3, EC No 247-783-7)

Der Einsatz von alternativen Katalysatoren verursacht nach Informationen der ECHA keine zusätzlichen Kosten. Die Gesundheitsrisiken der alternativen Katalysatoren werden als signifikant kleiner angesehen. Organozinnverbindungen werden dabei aufgrund ihrer Toxizität nicht als Alternative betrachtet. Zirconium und Titan haben eine geringe Toxizität, gewisse nachteilige Gesundheitseffekte werden bei übermäßiger Einnahme von Bismuth und Zink beobachtet (ECHA 2011).

5.3.4 Herstellung von Natrium-Metall über das Amalgam-Verfahren

Übersicht

BASF produziert am Standort Ludwigshafen Natrium-Metall durch Destillation des bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösung erhaltenen Natrium-Amalgams. Die Jahresproduktionskapazität betrug 2007 1 000 t (Matsakis 2007).

Alternativen

Außer bei dem neu eingeführten Verfahren in Ludwigshafen wird Natrium-Metall weltweit und seit Jahrzehnten ausschließlich durch die Schmelzflusselektrolyse von Natriumchlorid hergestellt (U.S. International Trade Commission 2008). Hierbei wird kein Quecksilber verwendet, die Produktion ist aber energieaufwendiger und damit teurer.

5.3.5 Herstellung anderer Chemikalien mit quecksilberhaltigen Katalysatoren

Übersicht

Die Verwendung von Quecksilberverbindungen war in der Vergangenheit bedeutsam bei der Produktion von Acetaldehyd und Vinylacetat. Hierbei wurden Quecksilber(II)-Verbindungen eingesetzt wie Quecksilber(II)chlorid und Quecksilber(II)sulfat. In beiden Fällen wurde Acetylen (wie bei der Herstellung von Vinylchlorid) eingesetzt:

Acetaldehyd: $\text{HCCH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$

Vinylacetat: $\text{HCCH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}_2\text{CCHO-CO-CH}_3$

Die Herstellung von Acetaldehyd wurde bei Minamata betrieben und war ursächlich für die dortige Kontamination der Küstengewässer mit Methylquecksilber. Eine andere Altlast ist Termitau in Kasachstan. Dort wurde ebenfalls Acetaldehyd mit Hilfe von Quecksilberkatalysatoren produziert (Ullrich et al. 2007). Es mussten bislang 4 Millionen m³ kontaminiertes Erdreich saniert und deponiert werden um die Umweltgefährdung durch die

Altlast zu senken (COWI 2012). 2003 betrug die Weltjahresproduktion von Acetaldehyd ca. 1 Mio. t (Eckert et al. 2006).

Weitere Produkte, die früher mit Quecksilber-Katalysatoren (HgSO_4) hergestellt wurden, sind 1-Amino Anthrachinon-Verbindungen („cube“). In Russland bestand eine Produktion bis zum Jahre 2000, danach wurde sie eingestellt. Es liegen keine Informationen über eine Produktion an anderen Orten vor. Außerdem wird berichtet, dass in zwei russischen Betrieben Vitamin B-2 mit Hilfe von metallischem Quecksilber synthetisiert wurde. Die Betriebe sind seit 1998-1999 geschlossen (ACAP, 2005.).

Alternativen

Die Produktion über Acetylen ist, soweit bekannt weltweit und wohl vollständig durch das Wacker-Verfahren ersetzt worden, das statt von Acetylen (aus Kohle über Carbid) von Ethylen (aus Erdöl oder Gas) ausgeht. Ebenso wird Vinylacetat durch oxidative Addition von Essigsäure an Ethylen hergestellt. Die in beiden Verfahren angewandten Katalysatoren enthalten Palladium. Eine weitere Methode zur Herstellung von Acetaldehyd beruht auf der Oxidation von Ethanol (Quelle: Wikipedia).

Der erneute Aufstieg der Nutzung von günstiger Kohle als Kohlenstoffbasis für organische Synthesen (besonders China, aber auch Indien und Usbekistan) könnte aber die Wiedereinführung der Acetylen-Route wieder in Spiel bringen. Daher wäre ein vorbeugendes Verbot der Nutzung quecksilberhaltiger Katalysatoren sinnvoll.

5.3.6 Markt für Natriummethylat

Die Weltjahresproduktion für Natriummethylat wird auf 150 000 t geschätzt (Nandini 2010). Umgerechnet entspräche dies ca. 450 000 t 30%iger Lösung. Dies schließt die neueren Anlagen in Südamerika wahrscheinlich nicht ein. Davon werden ca. 200 000 t in Deutschland von BASF und Evonik über das Amalgam-Verfahren hergestellt (Sodium Methylate Importers Association 2011). Alle neuen Anlagen nutzen entweder das Na-Metall-Verfahren oder die Reaktivdestillation (Tab. 8⁵).

Tab. 8: Produzenten von Natriummethylat (Sodium Methylate Importers Association 2011)

| Produzent/ Ort | Ort/ Land | Verfahren | Produktionskapazität (Lösung oder Feststoff, teilweise nicht bekannt) [t/a] |
|-----------------|----------------------------|---------------------|--|
| Evonik | Lülsdorf/ Deutschland | Amalgam | 100 000 Lösung |
| BASF | Ludwigshafen/ Deutschland | Amalgam | 100 000 Lösung |
| Interstate | Erie/ USA | Na-Metall | 10 000 |
| DuPont | Laporte/ USA | Na-Metall | ? |
| DuPont | Niagara Falls/ USA | Na-Metall | ? |
| InChem | Rock Hill/ USA | Na-Metall | ? |
| Vertellus | Indianapolis/ USA | Na-Metall | ? |
| Evonik | Mobile/ USA | Reaktivdestillation | 60 000 |
| DuPont | Pirapozinho/ Brasilien | Na-Metall | 30 000 |
| BASF | Guaratinguetà/ Brasilien | Reaktivdestillation | 60 000 |
| BASF | General Lagos/ Argentinien | Reaktivdestillation | 60 000 (geplant 2013) |
| SMOTEC Plus | Damman/ Saudi Arabien | Reaktivdestillation | 60 000 |
| Etwa 20 weitere | China | Na-Metall | ? |

5.3.7 Herstellung und Verbrauch von Quecksilberkatalysatoren in der Vinylchlorid-Produktion

Für die Produktion von Vinylchlorid-Monomer (VCM) wird als Katalysator Quecksilber(II)chlorid (HgCl_2) auf Aktivkohle eingesetzt. Die Herstellung erfolgt entweder durch Adsorption von Quecksilberchlorid aus der Gasphase oder durch Eintauchen der Aktivkohle in eine wässrige HgCl_2 -Lösung. China stellt die Katalysatoren selbst her (China Ministry of Environmental Protection 2011). Über die Herstellung in anderen Ländern ist nichts bekannt.

Frische Katalysatoren haben einen Quecksilberchlorid-Gehalt von etwa 12,5%. Da Quecksilber(II)chlorid einen kleinen Dampfdruck aufweist, verdampft es während der

⁵ Seit 2013 ist zudem eine Anlage in La Rochelle (Frankreich) in Betrieb, die mit dem Metallverfahren arbeitet. Die Jahreskapazität beträgt 25 000 t (Metaux Speciaux 2013).

Produktion von Vinylchlorid und geht in die Produkte oder Abfälle über. Dadurch sinkt der HgCl_2 -Gehalt und damit die Leistungsfähigkeit der Katalysatoren. Bei einem Verbrauch von etwa 1,0- 1,4 kg Katalysator je Tonne produzierten VCM entspricht dies einem Jahresverbrauch an Quecksilber von etwa 574-803 t. Hiervon verbleiben 206 bis 289 t im verbrauchten Katalysator, der Rest verteilt sich auf Abfallsäure, Emissionen, Aktivkohle und Produkte (China Ministry of Environmental Protection 2011).

In China wird der größte Teil der verbrauchten Katalysatoren durch lizenzierte Unternehmen recycelt, um das enthaltene Quecksilberchlorid zurückzugewinnen. Es handelt sich um fünf Unternehmen, meist mit dem Sitz in der Provinz Guizhou (Anonymus 2010).

5.4 Bewertung der Effizienz und Machbarkeit von Regelungsalternativen zu "Angebot und Nachfrage" (Artikel 3,5, und 5 sowie Annexe A und B des Übereinkommensentwurfes)

5.4.1 Hintergrund

Im Vorfeld der vierten Sitzung der Verhandlungsgruppe wurde von UNEP der Verhandlungsstand am Ende der dritten Sitzung zusammengefasst und als neuer Vertragsentwurf bereitgestellt (Dokument INC.4/3). In diesem Entwurf befanden sich für den Bereich Angebot und Nachfrage („supply“ und „trade“) verschiedene alternative Regelungsoptionen.

5.4.2 Gekoppelte Angebots- und Nachfrage-Beschränkungen

In einer Regelungsoption für Artikel 3 (4) wird vorgeschlagen Quecksilber aus allen Angebotskategorien neben Bergbau und drei an anderer Stelle genannten Quellen als Abfall zur Beseitigung einzustufen, unabhängig von der Nachfragesituation.

Analyse von Angebots- und Nachfragedaten

Außerhalb der EU ist Asien der bei weitem wichtigste Importmarkt für Quecksilber. Hier wird am meisten Quecksilber produziert und genutzt (abgesehen von der nicht allgemein akzeptierten Nutzung im kleinskaligen Goldbergbau). Die folgenden Angebots- und Nachfragekategorien sollten berücksichtigt werden:

- In Asien (besonders China, aber auch in Indien, Russland, Uzbekistan und möglicherweise Iran) ist die Hydrochlorierung von Acetylen (Herstellung von Vinylchlorid) mit Hilfe von Quecksilber-Katalysatoren das wichtigste Anwendungsgebiet (Concorde 2009). Sie verbraucht etwa 1 000 t pro Jahr was ungefähr der Quecksilbermenge entspricht, die durch Primärbergbau produziert wird. Solange eine akzeptierte Nachfrage für die Vinylchlorid-Produktion besteht, ist das Angebot durch den chinesischen Primärbergbau wahrscheinlich unverzichtbar.
- Die Nachfrage für die Chlor-Alkali-Produktion wird nach der Stilllegung der verbliebenen Anlagen in den USA und Europa deutlich sinken.
- Die verbleibende Nachfrage für Produkte sinkt aufgrund des Verzichts auf viele quecksilberhaltige Messgeräte und, möglicherweise bald, auf quecksilberhaltige Batterien.

- Allerdings wird das langsame Sinken der Nutzung von Dentalamalgam und die Produktion von Leuchtstofflampen ein gewisses Nachfrageniveau erzeugen, das nicht allein durch Recycling-Quecksilber (wie in der EU) gedeckt werden kann. Die globale Recycling-Kapazität ist derzeit in der EU, den USA und der Schweiz konzentriert, wo der Export von Quecksilber verboten ist. In Asien (außer einem Recycling von Quecksilber-Katalysatoren), Afrika und Südamerika bestehen derzeit keine Recycling-Kapazitäten.
- Das Angebot in Form von Nebenprodukt-Quecksilber (besonders aus der Zink-Produktion) könnte die einzig relevante Angebots-Quelle für Länder aus diesen Regionen werden

Diskussion

Der Ansatz, Quecksilber aus praktisch allen Quellen zu Abfall zu erklären, erscheint nicht machbar. Solange es akzeptierte Nutzungen von Quecksilber gibt (z.B. Herstellung von Lampen, Konservierungsmittel für Impfstoffe), muss ein gewisses Angebot ebenfalls akzeptiert werden. Das kann auch Quellen einschließen, die in der EU nicht mehr benötigt werden, aber für andere Regionen bedeutsam sind wie der Primärbergbau.

Es sollte in Betracht gezogen werden, dass die Quellen des Quecksilberangebotes von Region zu Region unterschiedlich sind. Die europäische Entscheidung, Quecksilber aus der Nichteisenmetall-Produktion zu Abfall zu erklären, aber nicht Quecksilber aus Recycling-Operationen war auf einer Prognose der regionalen Angebots- und Nachfrageentwicklung begründet, die auf die globale Ebene nicht ausgedehnt werden kann.

Darüber hinaus wäre eine Einstufung von Quecksilber aus bestimmten Quellen als Abfall zu statisch und berücksichtigt nicht die erheblichen Änderungen bei Angebot und Nachfrage, die gegenwärtig und in den kommenden Jahren zu erwarten sind. Es ist deshalb ein schrittweiser Ansatz nötig, der die regionalen und sektorspezifischen Bedarfs- und Angebots-Charakteristika berücksichtigt, aber zugleich eine dynamische Verstärkung der Angebotsbeschränkungen ermöglicht.

Regulierungsvorschlag

Auf der Grundlage verfügbarer Daten zu weltweiten Angebotsquellen und Nutzungscharakteristika ist es möglich bestimmte Quellen mit spezifischen Nutzungen zu verknüpfen. Die folgende Strategie würde diese Verknüpfungen ansprechen und eine dynamische Entwicklung des Übereinkommens erlauben. Dadurch ließe sich eine Hierarchie der Quellen erschaffen:

1. Neuer Primärbergbau: Wird in keinem Land erlaubt, dass im Jahr X nicht bereits ein Quecksilber-Bergwerk betrieben hat (betrifft nur China und Kirgisistan)
2. Bestehende Bergwerke: Nachdem die Vertragsstaatenkonferenz festgestellt hat, dass effektive quecksilberfreie Katalysatoren für die Hydrochlorierung von Acetylen verfügbar sind und nach einer Übergangsperiode von X Jahren (5?) müssen alle noch bestehenden Quecksilberbergwerke ihren Betrieb einstellen, neue Bergwerke dürfen nicht eröffnet werden und Quecksilber darf nicht mehr aus Quecksilbererz gewonnen werden

3. Quecksilber als Nebenprodukt der Nichteisenmetall-Produktion. Wenn die Vertragsstaatenkonferenz festgestellt hat, dass die Nachfrage für die verbleibenden unverzichtbaren Nutzungen, die in Anlage C aufgeführt sind, gedeckt werden kann durch Angebot von Quellen, die nicht Primärbergbau und Nebenprodukt-Quecksilber, wird Quecksilber aus der Nichteisenmetallproduktion zu Abfall erklärt.
4. Quecksilber, das aus Abfällen, Böden, Nebenprodukten der Öl- und Gasproduktion sowie dem Recycling von Produkten stammt wird als Abfall eingestuft.

5.4.3 Zusätzliche Daten zu Quecksilberverbindungen

Während der globale Handel mit Quecksilberverbindungen noch nicht analysiert wurde, liegen Handelsdaten für Quecksilberverbindungen vor, die die EU verlassen oder in die EU eingeführt wurden (BIOIS/GRS 2010). 2007 hatte die EU etwa 1 661 t Quecksilberverbindungen exportiert. Wenn die Zahlen für die beiden Folgejahre auch kleiner waren (258 und 127 t), ist der Handel mit Quecksilberverbindungen offensichtlich signifikant und kann in der gleichen Größenordnung wie der Handel mit metallischem Quecksilber. Handelsbeschränkungen für den Handel mit Quecksilberverbindungen sind ebenso wichtig wie Beschränkungen für elementares Quecksilber.

5.4.4 Vorgeschlagener Text

Artikel 2e) (Definition von Quecksilberverbindungen)

Eine Definition von Quecksilberverbindungen, die das Verständnis dieses Fachbegriffes auf eine bestimmte Anzahl von Verbindungen beschränkt, ist nicht kompatibel mit dem Ziel des Übereinkommens wie es in Artikel 1 formuliert ist. Da alle Quecksilberverbindungen hochtoxisch sind, widerspräche eine Erlaubnis für die uneingeschränkte Nutzung und Emissionen durch eine Vielzahl von Quecksilberverbindungen der Idee des Übereinkommens. So wären Methylquecksilber, Phenylquecksilber-Verbindungen (mittlerweile in der EU verboten), Thiomersal und Dentalamalgam außerhalb des Übereinkommens. Emissionen von Methylquecksilber (das zur Minamata-Krankheit geführt hat) wären gemäß der Definition des Vertragswerkes legal.

Stattdessen sollte die Definition so gelassen werden, wie sie im Dokument INC.4/3 ist. Weitere Beschränkungen bezüglich bestimmter Verbindungen sollten allenfalls in den relevanten Artikeln platziert werden.

Artikel 3 (Angebot)

Ausgehend von den obigen Überlegungen werden die folgenden Änderungen für den Bereich „Angebot“ vorgeschlagen

Para 1: Each Party shall prohibit taking into operation new mercury mines [fall back: except in those countries that were operating mercury mines in the year XXX (2010?).

Para 2: After the COP has found that effective mercury-free catalysts for hydrochlorination of acetylene are available or no more country is allowed to use this process, whichever event comes first, and after a transition period [of X years] [fall back: to be determined by the COP] each party shall

- (a) cease operation of still producing mercury mines,

- (b) not take new mines into operation
- (c) not produce mercury or mercury compounds from processing of mercury ores.
- (d) each party shall declare all mercury and mercury compounds from primary mining as waste ~~and shall ensure that all mercury and mercury compounds from this supply source are disposed of in an environmentally sound manner as set out in Article XX, and not allow the export of any mercury or mercury compounds produced from primary mercury mining after January 1, [2009][2013] except for the purpose of environmentally sound disposal as set out in Article XX~~

[Kommentar: Die Paragraphen 2 a-c lassen keine Regelungslücken übrig zum Betrieb von Bergwerken und zur späteren Aufbereitung zuvor geförderter Erze.]

Para 3: Each Party shall declare as waste all mercury and mercury compounds from:

- i. Decommissioned chlor-alkali production facilities;
- ii. Decommissioned VCM or VCM/PVC production facilities;
- iii. Natural gas cleaning;
- iv. Processing of mine tailings

~~within its territory and ensure that all mercury and mercury compounds from these supply sources are disposed of in an environmentally sound manner as set out in Article XX, and not allow the export of any mercury or mercury compounds produced from these sources after the entry into force of this Convention except for the purpose of environmentally sound disposal as set out in Article XX]~~

[Kommentar: Punkt IV bezieht sich auf die bevorstehende Verarbeitung großer Mengen historischer spanischer Aufbereitungsrückstände aus der Silberproduktion in Mexiko, die bis zu 15 000 t Quecksilber hervorbringen könnte (CEC 2011)]

Para 3bis: After the COP has found that global mercury demand for remaining allowed uses listed in Annex C can be met without mercury supply from non-ferrous metal production, mercury from this supply source shall be declared waste

[Kommentar: Es erfolgt keine Referenz in Bezug auf Anlage D (Prozesse) da sowohl die VCM- als auch die Chlor-Alkali-Produktion bis zur ersten Vertragsstaatenkonferenz beendet sei sollte. Es gibt keinen Grund, hier eine Nachfrage für den kleinskaligen Goldbergbau zu berücksichtigen]

Para 3ter: After the COP has found that global mercury demand for remaining allowed uses listed in Annex C can be met without supply from any or several of the following supply sources, mercury from such identified supply sources shall be declared waste

- (e) Extraction of mercury and mercury compounds from waste, contaminated soil, products and gas cleaning residues
- (f) Recycling of metallic mercury and mercury catalysts
- (g) Stockpiles of mercury and mercury compounds
- (h) Stockpiles of mercury added products and mercury in devices

(i) Other sources

[Kommentar. Die Paragraphen 1, 4, 5 sollten ein dynamisches Erweitern der Angebotbeschränkungen ermöglichen. Punkt (h) bezieht sich auf Leuchttürme, Messeinrichtungen wie Porosimeter, Teleskope und Quecksilber-Targets in Szintillationsdetektoren]

Para 4: Notwithstanding paragraphs 1 to 5, each Party shall:

- (a) Identify ~~other~~ mercury supply sources generating large stocks that are located within its territory;
- (b) Mercury and mercury compounds that are intended to be used for the purpose of a use allowed to the Party under this Convention or to be exported to another Party for the purposes of a use allowed to the Party under this Convention, are stored in an environmentally sound manner in accordance with Article XX before such use or export
- (c) Mercury and mercury compounds that are not intended to be used for the purpose of a use allowed to the Party under this Convention or to be exported to another Party for the purposes of a use allowed to the Party under this Convention, are declared waste to be disposed of in an environmentally sound manner as set out in Article XX;

[Kommentar: Dieser Ansatz ermutigt Länder, den größten Anteil der nationalen Lagermengen als Abfall zu deklarieren, was weit über die allgemeinen Beschränkungen in den Paragraphen 1-5 hinausgeht. Andererseits verbietet Paragraph 6 c) den Export von Quecksilber und Quecksilberverbindungen an Nicht-Vertragsparteien.

Para 5: ~~Each Party shall not allow the export of mercury or mercury compounds except for the purpose of environmentally sound storage or for the purposes of a use allowed under this Convention.~~ [Gestrichen aufgrund Duplizierung mit 6 b ii]

Para 6/ 6 alternative:

[keine Änderungen vorgeschlagen]

Para 7: ~~[As of XXX, each Party shall ban the export of mercury and mercury compound to any State not Party to this Convention.]~~ [Kommentar: nun abgedeckt durch Paragraphen 6+7, die Exportverbote mit Angebotseinschränkungen verknüpfen]
Para 7bis: Each party shall ensure that all mercury and mercury compounds that are declared waste are disposed of in an environmentally sound manner as set out in Article XX, and not allow the export of any mercury or mercury compounds declared waste after the entry into force of this Convention except for the purpose of environmentally sound disposal as set out in Article XX.

[Kommentar: alle weiteren Anforderungen bezüglich Beseitigung und Export sind in diesem neuen Paragraphen konzentriert anstatt dass sie in einer Vielzahl von Stellen im Text erscheinen]

Article 4 (Quecksilber-Lagerbestände)

Para 1: Each Party with individual stockpiles that are identified according to Article [4] as metallic mercury, mercury compounds or stabilised mercury exceeding 20 metric

tons at one or more sites on its territory, at the date of entry into force of this Convention shall establish a national inventory for the purposes of recording and monitoring these stockpiles.

[Kommentar: Die Grenze von 50 t erscheint zu hoch. Das Inventar einer kleineren Chlor-Alkali-Anlagen kann deutlich unter diesem Wert liegen (25 t). Daher erscheint eine Grenze von 20 t sinnvoll.]

5.5 Abschätzung potentieller Zusatzkosten für das Gesundheitssystem beim Verzicht auf Amalgam-Füllungen

5.5.1 Hintergrund

Die Nutzung von Quecksilber in Dentalamalgam ist eine der wichtigsten Anwendungen im Produktbereich (COWI 2007). Es stellt sich daher die Frage, welche Optionen es gibt, um Dentalamalgam im Quecksilber-Übereinkommen zu behandeln. Ein Vorschlag ist ein baldiges verbot der Anwendung von Dentalamalgam. Für diesen Fall ist zu prüfen, welche zusätzlichen Belastungen sich für das Gesundheitssystem ergeben.

5.5.2 Einbringen von Zahnfüllungen und ihre Vergütung durch die Krankenkassen

Das Jahrbuch der Kassenzahnärztlichen Vereinigung weist für das Jahr 2009 56,1 Mio. Füllungen auf, die sich auf die alten und neuen Bundesländer wie folgt aufteilen (Tab. 9, KZBV 2011).

Die Vergütung für diese und andere zahnärztliche Leistungen erfolgt für die Behandlung von Kassenpatienten auf der Basis des Einheitlichen Bewertungsmaßstabs für Zahnärztliche Leistungen (BEMA 2004). Dieser Maßstab bewertet jede Leistung mit einer bestimmten Punktzahl, die den spezifischen Arbeitsaufwand berücksichtigt. So wird eine einflächige Füllung mit 32 Punkten und eine dreiflächige Füllung mit 49 Punkten bewertet (Tab. 9). Der monetäre Punktwert wird jährlich neu durch die Krankenkassen festgelegt. Dabei wird zwischen alten und neuen Bundesländern und zwischen Primärkassen (z.B. AOK) und den Ersatzkassen (z.B. TK) unterschieden (Tab. 10). Die Behandlung von Privatpatienten erfolgt nach der Gebührenordnung für Zahnärzte (GOZ). Für 2009 war die Fassung von 1988 gültig. Mittlerweile gilt die neue Fassung von 2012. Sie wird in dieser Untersuchung nicht betrachtet.

Tab. 9: Übersicht über die in 2009 von den gesetzlichen Krankenkassen abgerechneten Füllungen (Quelle: Gesundheitsberichterstattung des Bundes auf ⁶Basis der Einzelleistungsstatistik (vertragszahnärztliche Versorgung) der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (KZBV 2011))

| Abk. | Leistung | Punkte nach BEMA 2004 (KZBV o.J.) | Alte BL (Tausend) | Neue BL (Tausend) | Alle BL (Tausend) |
|------|---|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| F1 | BEMA-Nr. 13a Punkte Füllung - einflächig (nur die Kaufläche) | 32 | 12 232 | 3 698 | 15 931 |
| F2 | BEMA-Nr. 13b Füllung - zweiflächig (die Kaufläche des Zahns und eine Fläche zu einem Nachbarzahn) | 39 | 17 919 | 4 300 | 22 219 |
| F3 | BEMA-Nr. 13c Füllung - dreiflächig (die Kaufläche des Zahns und beide Flächen zum Nachbarzahn) | 49 | 8 758 | 2 451 | 11 210 |
| F4 | BEMA-Nr. 13d Füllung - mehr als dreiflächig oder Eckenaufbau im Frontzahnbereich | 58 | 5 235 | 1 521 | 6 756 |
| | Gesamt (F1-F4) | | 44 145 | 11 970 | 56 115 |

Aus den Fallzahlen, den Bewertungspunkten und den Punktwerten lassen sich dann die Vergütung je Behandlung und die Gesamthöhe aller Vergütungen ableiten. Sie enthalten bereits die Materialkosten. Eine genaue Aufteilung der vergüteten Leistungen nach Kassenarten ist nicht verfügbar. Die Berechnung erfolgt daher in Bandbreiten. Danach betrug die Gesamtsumme aller Vergütungen für Füllungen (F1-F4) im Jahr 2009 etwa 2 Mrd. EUR.

Tab. 10: BEMA Punktwerte für 2009 (KZBV 2010)

| Kassentyp | Alte BL [EUR/Punkt] | Neue BL [EUR/Punkt] |
|--------------|---------------------|---------------------|
| Primärkassen | 0,8586 | 0,7797 |
| Ersatzkassen | 0,9138 | 0,816 |

5.5.3 Anteil von Amalgam an allen Füllmaterialien

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland nur noch ca. 10% aller Zahnfüllungen mit Dentalamalgam ausgeführt, also etwa 5,6 Mio. (BIO 2012⁷). Der Bedeutungsverlust des Einsatzes von Amalgam wird auch durch eine Untersuchung der Mundgesundheit belegt, die das Auftreten von Füllmaterialien in den Jahren 2005 und 1995 verglich (Schiffner und Micheelis 2010). Danach waren 2005 nur noch 24,9% aller vorhandenen Füllungen bei 12-Jährigen aus

⁶ <http://www.gbe-bund.de/>

⁷ Basis: Informationen der Bundeszahnärztekammer und des Verbandes der Deutschen Dentalindustrie (VDDI)

Amalgam gefertigt. Bei 15-Jährigen waren es nur noch 23,4%. Höher ist der Anteil bei 35-44-Jährigen (48%) und bei 65-74-Jährigen (38,8%). Bei den älteren Personen ist zu beachten, dass die beobachteten Füllungen schon längere Zeit vorhanden sein können und bei neueren Füllungen relativ weniger Amalgam zu Einsatz kommt. Die Zahlen für das gegenwärtige Auftreten von Füllmaterialien (24,9 -38%) stehen also nicht im Widerspruch zu dem berichteten Anteil von Amalgam bei Neubehandlungen (10%).

In einigen deutschen Zahnarztpraxen, gerade mit jüngeren Ärzten ist der Verzicht auf Amalgam Standard, Füllungen mit Amalgam werden nicht mehr angeboten (Uram et al 2010). Offensichtlich können diese Ärzte auf den Einsatz von Amalgam bei allen Befunden verzichten. Die niedrige Verwendungsquote und die Praxis vieler Zahnärzte stehen im Widerspruch zu den Aussagen der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung, die Amalgam für die Behandlung im Seitenzahnbereich immer noch als „Mittel der Wahl“ bezeichnet (KZBV 2012).

Bei Gesamtkosten in Höhe von ca. 2 Mrd. EUR für das Ausführen von Zahnfüllungen (Tab. 12) würden bei einem Amalgam-Anteil von 10% für Füllungen mit Amalgam jährliche Kosten in Höhe von etwa 200 Mio. EUR anfallen.

5.5.4 Potentielle Zusatzkosten

Im Bewertungskatalog BEMA ist die Füllung mit Amalgam weiterhin als Standardbehandlung im Seitenzahnbereich vorgesehen. Für Frontzähne wird bereits jetzt standardmäßig Komposit eingesetzt. Höhere Kosten, die für Seitenzahnbehandlungen durch andere Materialien verursacht werden, sind je nach Krankenkasse durch den Patienten selbst zu zahlen. Es gibt Krankenkassen, die die Füllung mit Glasionomeren und Kompomeren vollständig übernehmen, z.B. die Techniker-Krankenkasse, einige regionale AOKs und die Siemens BKK⁸. Aufgrund der freien Krankenkassenwahl ist also praktisch kein Patient gezwungen eine Amalgamfüllung zu akzeptieren, nur weil er die Kosten für Alternativmaterialien nicht tragen kann. Allerdings sind die genannten Materialien auch nicht besonders dauerhaft und werden häufig nur als Provisorium oder für kleinere Defekte empfohlen (KZBV 2012). Die Zusatzkosten für die deutlich teureren Komposite sind aber stets von den Patienten zu entrichten.

Die vom Patienten zu tragenden Zusatzkosten je Füllung mit einem Alternativmaterial werden von BIO (2012) mit etwa 40 EUR angegeben (Bandbreite 0 bis 80⁹). Eine andere Studie spricht von 40 bis 130 EUR je nach Größe der Kavität und spezifischem Aufwand (Antony et al. 2008).

Hieraus lässt sich nicht ableiten, welche Zusatzkosten für das Gesundheitssystem entstünden, wenn Amalgam-Füllungen aus dem Leistungskatalog gestrichen würden, weil nicht klar ist, welche Kosten bereits jetzt von verschiedenen Krankenkassen getragen werden und wie hoch die tatsächlichen Zusatzkosten je Füllung mindestens sind. Der Bewertungsmaßstab BEMA 2004 sieht allerdings bereits jetzt eine Punktebewertung für Füllungen mit Kompositmaterial im Seitenzahnbereich vor. Sie liegt etwa 60% höher als bei Amalgamfüllungen. Die Anwendung beschränkt sich aber auf solche Fälle, in denen eine Amalgamfüllung kontraindiziert, also aus medizinischen Gründen abzulehnen ist, z.B. bei Amalgamallergien.

⁸ Angaben auf den Internet-Seiten der jeweiligen Krankenkassen

⁹ Basis: Informationen der Bundeszahnärztekammer und des Verbandes der Deutschen Dentalindustrie (VDDI)

Für die Mehrzahl der Patienten wird für die Berechnung der Behandlungskosten die Gebührenordnung der Zahnärzte herangezogen. Sie regelt die Kosten im privatärztlichen Bereich und damit auch jene Behandlungen, die über den von der GKV im BEMA vorgesehenen Umfang hinausgehen. Sollte die Behandlung mit Amalgamen aus dem Leistungskatalog gestrichen werden, ist zu erwarten, dass eine Regelung im BEMA vorgesehen wird. Die derzeit für Patienten anfallenden Mehrkosten nach GOZ-Berechnung sind also kein Maßstab für die potentiell zukünftigen Mehrkosten bei BEMA-Berechnung.

Unter der Annahme, dass

- zukünftig alle Füllungen mit plastischen Alternativmaterialien ausgeführt werden und
- die Punktebewertung der BEMA für Kompositfüllungen (13 e- bis 13 g) anzuwenden sind
- alle Füllungen zukünftig vollständig von den Krankenkassen bezahlt werden

würden sich Mehrkosten in Höhe von etwa 1,2 bis 1,3 Mrd. EUR ergeben (Tab. 12). Hierin enthalten sind die Mehrkosten für Material. Wenn die Informationen aus BIO (2012) richtig sind, so würden diese ca. 4 EUR je Füllung betragen (Amalgam: 1 EUR, Komposit: 5 EUR). Bei 56 Mio. Füllungen pro Jahr wären dies ca. 197 Mio. EUR.

Tab. 11: BEMA Punktzahlen für Zahnfüllung im Jahr 2009 (KZBV 2010)

| Behandlung | Amalgam-Füllung | | | Komposit-Füllung | | | Differenz [EUR] |
|--|-----------------|--------|----------------------------|------------------|--------|----------------------------|-----------------|
| | Abk. | Punkte | Vergütung je Füllung [EUR] | Abk. | Punkte | Vergütung je Füllung [EUR] | |
| Einflächige Füllung | 13a | 32 | 24,95 - 29,24 | 13e | 52 | 40,54 - 47,52 | 15,59 - 18,28 |
| Zweiflächige Füllung | 13b | 39 | 30,41 - 35,64 | 13f | 64 | 49,90 - 58,48 | 19,49 - 22,85 |
| Dreiflächige Füllung | 13c | 49 | 38,21 - 44,78 | 13g | 84 | 65,49 - 76,76 | 27,29 - 31,98 |
| Vierflächige und mehr als vierflächige Füllungen | 13d | 58 | 45,22 - 53,00 | 13g | 84 | 65,49 - 76,76 | 20,27 - 23,76 |

Zu berücksichtigen ist aber auch die möglicherweise unterschiedliche Lebensdauer von Füllungen aus Amalgam und andern Füllmaterialien. Wenn die Alternativmaterialien eine kürzere Lebensdauer haben, müssen sie häufiger ersetzt werden, was Zusatzkosten verursacht. Zur Frage der Haltbarkeit liegen zwar einige Studien vor, ihre Aussagen sind aber widersprüchlich. Zum Teil werden für Komposite kürzere Standzeiten gefunden, zum Teil gleich große (Antony et al. 2008). Besonders neue Studien weisen auf eine gleich lange Lebensdauer und teilweise sogar auf eine längere Lebensdauer von Kunststoff-basierten Kompositen hin (Bio 2012).

Der Vergleich wird erschwert durch das weitgehende Fehlen von Langzeitstudien und durch den technologischen Fortschritt, der die Eigenschaften der Komposite stetig verbessert.

Besonders auffällig ist das Fehlen von Studien aus Deutschland, sowohl hinsichtlich der Haltbarkeit als auch des Einsatzes von Alternativmaterialien. Zuverlässige Aussagen zu Zusatzkosten oder Zusatzeinsparungen aufgrund unterschiedlicher Haltbarkeit sind auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials nicht möglich. Die Hinweise der neueren Studien auf vergleichbare Standzeiten lassen vermuten, dass mit einem wesentlichen Kosteneffekt nicht zu rechnen ist.

Der auf der Basis der BEMA-Punktwerte abgeleitete Betrag von 1,2-1,3 Mrd. EUR ist ein Maximalwert, da ein Teil dieser Kosten schon heute von vielen Krankenkassen getragen wird und im Einzelfall auch günstigere Materialien zum Einsatz kommen könnten. Der effektive Betrag würde also kleiner ausfallen. Zu berücksichtigen ist auch, dass in Deutschland schon jetzt 90% aller neuen Zahnfüllungen mit Alternativmaterialien ausgeführt werden (Bio 2012¹⁰), ohne dass für die GKV Zusatzkosten anfallen. Schon jetzt sind also die meisten Patienten bereit, für Zusatzkosten bei Zahnfüllungen selbst aufzukommen.

Bei einer Anpassung des Leistungskatalogs in der Weise, dass die finanzielle Belastung des Gesundheitssystems auf der Basis der verbliebenen 10% Amalgam-Füllungen beschränkt werden, würden die Gesamt-Zusatzkosten auf 120 bis 130 Mio. EUR limitiert bleiben, z.B. indem die Vergütung für die Zahnärzte zwar erhöht, bei Zahnfüllungen aber auf ein System mit Festzuschuss umgestellt wird, wie das seit 2005 auch schon bei Zahnersatz der Fall ist (GKV-Spitzenverband o.J.). Eine nähere Analyse solcher Modelle führt aber über den Rahmen dieser Untersuchung hinaus.

Eine ähnliche Überlegung wurde von BIO(2012) angestellt. Sie gingen auf der Basis der von deutschen Stellen gelieferten Zahlen zum gegenwärtigen Amalgam-Gebrauch davon aus, dass zwischen 2010 und 2015 63 Mio. Füllungen nicht mit Amalgam sondern mit einem Alternativmaterial auszuführen wären. Dann ergäben sich über den Gesamtzeitraum Zusatzkosten in Höhe von 1,9 bis 2,5 Mrd. EUR, pro Jahr also 120 bis 160 Mio. EUR. Dies liegt recht nah an den oben angestellten Überlegungen.

Tab. 12: Gesamtkosten für Amalgam- und Kompositfüllung

| Behandlung | Amalgam-Füllung | | Komposit-Füllung | | Differenz [Tsd. EUR] |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Abk. | Gesamtkosten [Tsd. EUR] | Abk. | Gesamtkosten [Tsd. EUR] | |
| Einflächige Füllung | 13a | 428.356 - 454.259 | 13e | 696.079 - 738.172 | 267.723 - 283.912 |
| Zweiflächige Füllung | 13b | 730.784 - 775.447 | 13f | 1.199.235 - 1.272.529 | 468.451 - 497.082 |
| Dreiflächige Füllung | 13c | 462.123 - 490.173 | 13g | 792.211 - 840.296 | 330.088 - 350.123 |
| Vier- und mehrflächige Füllung | 13d | 329.485 - 349.448 | 13g | 477.186 - 506.098 | 147.700 - 156.649 |
| Gesamt | | 1.950.749 - 2.069.328 | | 3.164.711 - 3.357.094 | 1.213.962 - 1.287.766 |

¹⁰ Basis: Informationen der Bundeszahnärztekammer und des Verbandes der Deutschen Dentalindustrie (VDDI)

Tab. 13: Vergütung für Füllungen nach BEMA

| Abk. | Leistungsart | Vergütung je Behandlung (Alte BL) | Vergütung je Behandlung (Neue BL) | Gesamtvergütung (Alte BL) | Gesamtvergütung (Neue BL) | Gesamtvergütung (Alle) |
|------|--|--|--|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| F1 | BEMA-Nr. 13a Punkte Füllung - einflächig | 27,48 - 29,24 | 24,95 - 26,11 | 336.085 - 357.692 | 92.272 - 96.567 | 428.356 - 454.259 |
| F2 | BEMA-Nr. 13b Füllung - zweiflächig | 33,49 - 33,49 | 30,41 - 31,82 | 600.025 - 638.601 | 130.759 - 136.846 | 730.784 - 775.447 |
| F3 | BEMA-Nr. 13c Füllung - dreiflächig | 42,07 - 42,07 | 38,21 - 39,98 | 368.478 - 392.168 | 93.645 - 980.05 | 462.123 - 490.173 |
| F4 | BEMA-Nr. 13d Füllung - mehr als dreiflächig oder Eckenaufbau im Frontzahnbereich | 49,80 - 49,80 | 45,22 - 47,33 | 260.702 - 277.462 | 68.784 - 719.86 | 329.485 - 349.448 |
| | Gesamt | | | | | 1.950.749 - 2.069.328 |

6 Fragestellungen im Vorlauf der fünften Sitzung der Verhandlungsgruppe

6.1 Bewertung der Ergebnisse der UNEP/AMAP-Studie zu den globalen Quecksilberemissionen

6.1.1 Hintergrund

Zuverlässige Informationen zu den globalen anthropogenen und natürlichen Quecksilberemissionen sind eine wesentliche Grundlage für die Bewertung, welche Emissionsquellen durch internationale Regelungen prioritär zu behandeln sind. Der UNEP-Verwaltungsrat hatte daher beschlossen, UNEP aufzufordern die bisher vorliegende Studie (UNEP 2009¹¹; AMAP/UNEP 2008) zu aktualisieren und in einem neuen Bericht vorzulegen¹². Teile des neuen Berichtes lagen im Juli 2012 als Entwurf vor¹³. Es war zu prüfen, ob die im Bericht berücksichtigten Emissionsquellen mit dem im vorliegenden Projekt erreichten Erkenntnisstand übereinstimmen.

6.1.2 Wiederaufbereitung von historischen Bergbaurückständen

Unter den berücksichtigten atmosphärischen Emissionsquellen scheint die Wiederaufbereitung von historischen Bergbaurückständen („tailings“) zu fehlen. Obwohl die Wiederaufbereitung unter die Nichteisenmetall-Produktion subsummiert werden kann, kann sie zu Quecksilberfreisetzung führen, die weit über jenen Werten liegen, die bei der Verarbeitung der ursprünglichen Erze liegen. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient die Wiederaufbereitung von Bergbaurückständen, die das Produkt historischen großmaßstäblichen Bergbaus sind, bei dem Quecksilber zur Amalgamierung eingesetzt wurde. Infolgedessen können die Aufbereitungsrückstände viel höhere Quecksilbergehalte aufweisen als das ursprüngliche Erz. Wenn solche Rückstände erneut aufbereitet werden, und solche Aktivitäten werden sehr attraktiv aufgrund gestiegener Edelmetall-Preise, wird Quecksilber in die Atmosphäre, Gewässer oder Böden mobilisiert. Dies erfolgt nur dann nicht, wenn es besondere technische Vorrichtungen gibt, um Quecksilber aus dem Prozess zu entfernen (Hagemann et al. 2010).

Ein wichtiges Beispiel ist die Wiederaufbereitung von Rückständen aus dem historischen Silberbergbau. Ein kürzlich erschienener Bericht (CEC 2011) schätzt, dass etwa 15 000 t Quecksilber immer noch in historischen Silberbergbau-Rückständen rund um die Stadt Zacatecas in Mexiko vorhanden sind. Jährlich werden etwa 10 t Quecksilber in die Atmosphäre emittiert. Es sind einige Bergbauprojekte in Vorbereitung, die die gegenwärtigen kleinen und mittelgroßen Aktivitäten in großmaßstäbliche Projekte verwandeln würden.

Es ist festzustellen, dass die Wiederaufbereitung von Bergbaurückständen weder in die im Bericht als „primär“ noch in die als „sekundär“ bezeichneten anthropogenen Emissionsquellen

¹¹ Zum Zeitpunkt der Beschlussfassung lag eine Berichtsversion von 2008 vor, die nach der Verwaltungsratssitzung 2009 in einer korrigierten Fassung veröffentlicht wurde.

¹² Entscheidung 25/5, Paragraph 36 der 25. Verwaltungsratssitzung im Jahr 2009

¹³ Teil A und Anlagen 1-4. Mittlerweile liegt die Endfassung des Gesamtberichtes vor: UNEP/ AMAP (2013a, 2013b)

fällt. Die Wiederaufbereitung von quecksilberhaltigen Bergbaurückständen (außer von Rückständen aus dem gegenwärtigen kleinskaligen Goldbergbau) sollte explizit unter einer dieser Kategorien erwähnt werden.

Unsicherheiten

Es ist sehr zu begrüßen, dass der Bericht eine ehrliche Abschätzung von Unsicherheiten enthält, auch wenn nun die Bandbreite für die atmosphärischen Gesamtemissionen reich breit geworden ist. Allerdings ist nicht klar, ob alle Faktoren, die zu der Gesamtunsicherheit beitragen berücksichtigt worden sind. Der Bericht würde zusätzliche Qualität durch eine Sensitivitätsanalyse erhalten, mit der diejenigen Emissionsquellen, Emissionskategorien, Länder identifiziert werden, die am stärksten zur Gesamtunsicherheit beitragen. Zukünftige Anstrengungen zur Verbesserung der Datenbasis (Aktivitäten, Emissionsfaktoren, Emissionsminderungsbeiträge) könnten dann effektiv auf die so identifizierten unsicheren Eingangsfaktoren konzentriert werden.

Modellverifikation

Das UNEP/ AMAP-Modell basiert auf einer großen Zahl von Annahmen zu Emissionsfaktoren, Emissionsminderungs-Effektivitäten und einer Klassifizierung von Ländern hinsichtlich der installierten Emissionsminderungs-Techniken. Zur Sicherstellung der Relevanz und der Verlässlichkeit von globalen Emissionsabschätzungen ist es unverzichtbar, dass gezeigt werden kann, dass die berechneten und national berichteten Emissionsdaten kohärent sind. Tatsächlich zeigen die Beispiele in Anlage 3¹⁴, dass es signifikante Abweichungen für die Republik Korea, Japan und den USA gibt, besonders bei der Kohleverbrennung und der Nichteisenmetall-Produktion. Die gleiche Beobachtung kann gemacht werden, wenn europäische Daten in den Vergleich einbezogen werden (siehe nächster Abschnitt). Da Kohleverbrennung und Nichteisenmetall-Produktion die beiden wichtigsten industriellen Emissionsquellen sind, sollte die Zuverlässigkeit des Modells für diese beiden Sektoren am höchsten sein. Wenn es ernsthafte Abweichungen gibt, dann

- muss das Modell angepasst werden oder
- sollten die nationalen Emissionsdaten (für alle oder einige Sektoren) die Modelldaten ersetzen oder
- ist eine Diskussion notwendig, mit der erklärt wird, warum der Modellansatz trotzdem vorteilhafter für eine globale Abschätzung oder
- die Modellergebnisse bleiben unverändert, aber die dargestellten Unsicherheiten werden angepasst.

Die Autoren sollten eine dieser Maßnahmen im Endbericht treffen.

¹⁴ In der Endfassung Anlage 7

6.1.3 Nationale Emissionsdaten: Vergleich der modellierten Emissionen im UNEP/AMAP-Bericht und den berichteten Emissionen in OSPAR, LRTAP und dem E-PRTR

Wenn man die im UNEP/AMAP-Berichtsentwurf zusammengetragenen Informationen zu den Quecksilberemissionen in Deutschland mit den Daten aus anderen Quellen wie OSPAR (2011), LRTAP¹⁵ und E-PRTR¹⁶ vergleicht, werden deutliche Abweichungen offensichtlich. Ganz allgemein sind die „Mittelwerte“ im UNEP/AMAP-Bericht für alle außer einem Sektor (Abfallverbrennung) viel höher als die Quecksilberemissionsdaten in jeder einzelnen der drei genannten Informationsquellen. Die höchste relative Abweichung wird für die Zementindustrie (UNEP/AMAP: 5 635 kg/a, E-PRTR: 667 kg/a) und die Chlor-Alkali-Produktion (UNEP/AMAP: 7 028, E-PRTR: 577 kg/a) gefunden. Hier sind die UNEP/AMAP-Schätzungen eine Größenordnung höher. In absoluten Zahlen weichen die Daten für Kohleverbrennung am stärksten ab (UNEP/AMAP: 21 994 kg/a; E-PRTR: 5 279 kg/a). Während der UNEP/AMAP-Bericht die Gesamtemissionen auf 39 t (Bandbreite 21-67 t) schätzt, sind im E-PRTR 7,5 t und bei LRTAP 9,3 t zu finden. Der Umfang und die Strukturierung der berücksichtigten Sektoren sind in den vier Zusammenstellungen jeweils etwas anders, daher können die Daten etwas variieren. Dennoch sind die deutlichen Datenabweichungen zwischen UNEP/AMAP auf der einen Seite und OSPAR, LRTAP und E-PRTR auf der anderen Seite offensichtlich.

Es wurde nur ein Datenvergleich für Deutschland vorgenommen, aber eine stichprobenartige Prüfung zeigte für andere europäische Länder die gleichen Muster. Es wird daher angenommen, dass im UNEP/AMAP-Bericht zumindest die deutschen wenn nicht auch die europäischen (EU) Emissionen ernsthaft überschätzt worden sind. Europäische Emissionsdaten im E-PRTR sind das Ergebnis von jährlichen anlagenbezogenen Berichten. Im Fall von Quecksilber beruhen sie größtenteils auf Messungen anstatt auf berechneten Daten. Darum ist davon auszugehen, dass die Daten im E-PRTR präziser und zuverlässiger sind. Wenn das UNEP/AMAP-Modell die Emissionen gut dokumentierte deutscher Anlagen um einen Faktor 4 oder höher überschätzt, muss man sich fragen wie groß die Unsicherheit für Länder ist, bei denen wesentlich weniger Informationen auf Anlagenniveau vorliegen.

Es wäre daher wichtig, wenn die Autoren darlegten, warum höhere Schätzwerte gefunden wurden und warum sie glauben, dass diese zuverlässiger sind. Es wird empfohlen, dass entsprechende Erläuterungen in der Endversion des Berichtes berücksichtigt werden.

6.2 Nutzen und Risiken der Substitution von Dentalamalgam - Zusammenfassung und Bewertung der Studie von BIO

6.2.1 Übersicht

In einer Studie für die EU-Kommission hat das französische Unternehmen BIO eine Analyse von Handlungsmöglichkeiten zur Reduzierung der Quecksilberemissionen aufgrund der

¹⁵ National German Report for 2010, submitted 2012

http://webdab1.umweltbundesamt.at/download/submissions2012/DE_NFR2012.zip?cgiproxy_skip=1

¹⁶ Europäisches Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister (E-PRTR - European Pollutant Release and Transfer Register): Datenbankeinträge für deutsche Emissionen in 2010 <http://prtr.ec.europa.eu>

Verwendung von Dentalamalgam vorgelegt. Die wesentlichen Ergebnisse der Studie werden hier zusammengefasst und bewertet.

6.2.2 Direkte und indirekte gesundheitliche Risiken durch die Nutzung von Dentalamalgam und Komposite

Direkte gesundheitliche Auswirkungen durch die Nutzung von Dentalamalgam

Es ist weiterhin umstritten, ob es signifikante gesundheitliche Beeinträchtigungen über allergische Reaktionen hinaus durch die Verwendung von Dentalamalgam gibt. Potentiell Geschädigte sind sowohl Patienten (durch das Tragen von Amalgamfüllungen) als auch das Personal (durch Einatmen von Quecksilberdämpfen während der Behandlung). Wiewohl einige Studien Hinweise auf mögliche Zusammenhänge zu neurologischen Schäden gaben, konnte diese in anderen nicht gefunden werden. In der BIOIS-Studie wurde daher auf eine Bewertung direkter gesundheitlicher Effekte verzichtet.

Emissionen aufgrund der Nutzung von Dentalamalgam

Jährlich werden in der EU ca. 55 bis 95 t Quecksilber für Dentalamalgam verwendet, davon 70% in Form von fertig formulierten Amalgam-Kapseln¹⁷. Die Tendenz ist fallend. Etwa 60 t Quecksilber in Dentalamalgam werden exportiert, 35 t importiert. Etwa 45 t Quecksilber pro Jahr gelangen in die Abwässer von Zahnarzt-Praxen und werden teilweise durch Separatoren zurückgehalten. Etwa 13 t Quecksilber gelangen jährlich in die kommunalen Abwassersysteme. Hinzu kommen 2-3 t/a aufgrund Abrieb und Auflösung in der Mundhöhle und anschließender Ausscheidung. Dieses Quecksilber verbleibt im Klärschlamm und wird dann – je nach Verwendungsart in verschiedene Umweltkompartimente abgegeben. 52 t Hg/a fallen als Abfall an, von denen aber 24% (13 t Hg/a) nicht getrennt erfasst werden und in Deponien oder Müllverbrennungsanlagen enden. Weitere atmosphärische Emissionen entstehen durch Kremation (um 2,8 t Hg/a).

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von Dentalamalgam jährlich folgende Emissionen verursacht:

Luft: 16-23 t (etwa 21-23% aller Emissionen in die Luft in der EU)

Oberflächenwasser: 2-4 t

Boden und Grundwasser: 16-24 t

Insgesamt werden in der EU27 jährlich ca. 370 Mio. Zahnfüllungen vorgenommen, davon 125 Mio. mit Amalgam. 245 Mio. Füllungen entfallen auf Quecksilber-freie Materialien, davon 48% Komposite und 34% Kompomere. Der Anteil der Amalgame ist europaweit am Fallen.

Indirekte Auswirkungen aufgrund von Quecksilberemissionen in die Umwelt

Quecksilberemissionen aufgrund der Nutzung von Dentalamalgam erhöhen die Quecksilberkonzentration in Böden und Gewässern. Dort kann es in Methylquecksilber umgewandelt und über Nahrungsmittel v.a. Fisch vom Menschen aufgenommen werden.

¹⁷ Referenzjahr 2010

Besonders gefährdet sind Schwangere und Ungeborene. Bei Ungeborenen kann es zu irreversiblen neurologischen Schädigungen kommen, die eine dauerhafte Verminderung des Intelligenzquotienten zur Folge haben. Dieser lässt sich volkswirtschaftlich bewerten. In Bezug auf ein kg atmosphärisch emittierten Quecksilbers ergeben sich dann laut ECHA (2010) volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von 5 000 bis 20 000 EUR. Die Schäden könnten tatsächlich noch weit höher liegen (bis 250 000 EUR), wenn ein weitaus weniger gesicherter Zusammenhang mit Herz-Kreislaufkrankungen berücksichtigt wird (ECHA 2010, BIO 2012).

Zusammensetzung und Einteilung von Kompositen

Eine Kompositfüllung besteht aus anorganischen Füllstoffen in einer organischen Kunststoffmatrix, die mit Hilfe eines Haftvermittlers miteinander verbunden werden. Die Füllstoffe werden hinsichtlich ihres Materials, ihrer Partikelgröße als auch hinsichtlich ihres Anteils am Komposit unterschieden (Erdal und Orriss 2012).

Als anorganische Füllstoffe werden Silikate (z.B. Lithium-Aluminium-Silikat), Siliziumdioxide, Gläser bzw. Glaskeramiken (z.B. Barium-Aluminiumborat-Glas) sowie Kombinationen von Glas und Natriumfluorid verwendet. Durch Zugabe von Barium oder Strontium zu den Füllpartikeln wird ein röntgendichtes Material erreicht, dass die Detektion von wiederauftretendem Karies erleichtert.

Hinsichtlich der Größe der Partikel werden Komposite in Makrofüller (Partikelgröße 10-1000 μm), Mittelfüller (1-10 μm), Minifüller (0,1-1 μm), Mikrofüller (0,01-1 μm) und Nanofüller (0,005-0,01 μm) unterschieden. Zusätzlich gibt es verschiedene Hybrid-Komposite mit einer Mischung aus zwei Größenklassen an Partikeln. Je größer die Partikelgröße der Füllstoffe, umso größer ist ihr Anteil am Gesamtmaterial. Im Seitenzahnbereich wird i.d.R. mit einem größeren Füllstoffanteil gearbeitet (bis zu 87%) als für die Frontzähne.

Die organische Kunststoffmatrix des Komposits besteht aus einem zunächst flüssigen Monomer, das durch eine Reaktion in ein starres Polymer überführt wird. Die Kunststoffmatrix ist meist aus einem Methacrylat aufgebaut. Oft werden Dimethacrylat (Bisphenol A-glycidylmethacrylat (Bis-GMA) oder Urethan-Dimethacrylat (UDMA) verwendet. Da Bis-GMA oder UDMA hochviskose Monomere sind, werden Monomere mit geringem Molekulargewicht zugemischt (z.B. Mono- oder Di-Methacrylate wie Methylmethacrylat (MMA), Ethylenglycoldimethacrylat (EDMA) oder Triethylenglykoldimethacrylat (TEGDMA).

Um eine vorzeitige Polymerisation durch normales Tageslicht zu verhindern, wird ein Inhibitor wie z.B. Hydrochinon in die Matrix eingearbeitet. Durch eine Silanisierung der Oberfläche der anorganischen Füllstoffe mit bifunktionellen vinyl-Silanen werden die anorganischen Füllstoffe mit der organischen Matrix (Methacrylate) miteinander verbunden (Verbundphase).

Bezüglich der Aushärtung der Komposite (Polymerisation) kann man diese in chemisch aushärtende, licht-aushärtende (mit UV-Licht oder mit sichtbarem Licht) und dual aushärtende unterteilen. Bei den dual aushärtenden Kompositen wird die chemische Aushärtung durch die Vermischung von einem Polymerisationsinitiator (z.B. organischem Peroxid 1%ig) und einem Aktivator (z.B. einem tertiären Amin 0,5%ig) gestartet.

Um Verfärbungen der Komposite zu verhindern, werden Substanzen wie 2-Hydroxid-4-Methoxybenzophenon zugegeben. Pigmente, z.B. verschiedene anorganische Oxide und organische Komponenten werden in geringen Mengen hinzugefügt, um den Farbton des Komposits dem des Zahnes anzugleichen.

Bei der Verarbeitung der Kompositfüllung muss nach der Reinigung des Zahnes ein Bonding auf das Zahnmaterial aufgebracht werden, damit die Kompositfüllung eine Verbindung mit dem Zahn eingeht. Das Bonding beinhaltet zunächst das Anätzen der trockenen Zahnstruktur (oft mit 10-15%iger Phosphorsäure-Lösung oder 34 bis 37%igen -Gel) mit anschließender Waschung des Zahnes mit Wasser und erneuter Trocknung mittels eines Luftstromes. Danach wird ein Haftvermittler aufgebracht, bestehend aus einem niedrig viskosen Harz wie z. B. Hydroxyl-Ethyl-Methacrylat. Oft wird der Haftvermittler in einem Lösungsmittel aufbewahrt, welches z.T. die anschließende Trocknung vor dem Aushärten beschleunigt. Das Lösungsmittel kann Aceton, Alkohol oder Wasser sein.

Gesundheitsrisiken von Inhaltsstoffen in Kompositen

Vor allem die Substanz Bisphenol-A wird hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Risiken von Dental-Kompositen diskutiert. Bisher wurde Bisphenol A in Dentalkompositen nicht als bedeutsames Gesundheitsrisiko betrachtet (SCENIHR 2008, BIO 2012, Erdal und Orris 2012). Die Exposition gegenüber Bisphenol A, das in Kompositharzen (in der organische Kunststoffmatrix) enthalten ist, ist deutlich geringer als die tolerierbaren täglichen Aufnahmemengen, wie sie z.B. von der Wissenschaftlichen Kommission für Lebensmittel der EU, von der Gesundheitsorganisation von Kanada oder von der USEPA formuliert wurden. Die Mengen, die freigesetzt würden, wären sehr viel geringer als in anderen gegenwärtig verwendeten Anwendungen. Nach Untersuchungen aus Schweden kann BPA in Spuren auch in Füllstoffen enthalten sein, die nicht als BPA-haltig gekennzeichnet sind. Die Konzentrationen sind aber so klein, dass selbst angenommener vollständiger Auflösung in 4 Jahren die Expositionsgrenzen der EU nicht überschritten würden (Socialstyrelsen 2012).

Ein Review von Schlüsselstudien über Dentalharze, die Bisphenol-A als Grundmaterial zeigte, dass die höchste berichtete akute orale Exposition gegenüber Bisphenol-A mehr als 50 000-mal geringer ist als die Konzentrationen, die eine akute orale Toxizität in Tierstudien ausgelöst haben (Richardson, 1997). Auf dem Markt gibt es bereits eine große Zahl von Kompositen, die kein Bisphenol-A enthalten (BIO 2012 listet 19 Produkte auf). Nach BIO (2012) liegen für die Verwendung von alternativen Materialien in der Zahnmedizin bis jetzt keine Belege von Beeinträchtigungen auf die menschliche Gesundheit vor. Ausnahme sind hierbei lediglich Hautreaktionen des Personals in der Zahnarztpraxis, die mit der organischen Kunststoffmatrix der Komposite vor dem Aushärten ohne Handschuhe umgingen.

6.2.3 Kosten durch Nutzung und Substitution von Dentalamalgam

Folgekosten aufgrund des gegenwärtigen und früheren Gebrauchs von Dentalamalgam

Dentalamalgam ist eine wesentliche Quecksilberquelle im Abwasser. Auch ohne eine zukünftige Verwendung fallen folgende Kosten laufend an:

- Einrichtung und Wartung von Amalgam-Separatoren in Zahnarztpraxen (147-3227 USD/a – US-Studie)
- Einrichtung und Wartung von Filtern in Krematorien (Investitionskosten 250 000 bis 350 000 EUR und Abfallentsorgungskosten von etwa 2,9 Mio. EUR/a)
- Kosten für die getrennte Erfassung von Amalgam-Abfall (ca. 100-600 EUR pro Praxis und Jahr)

- Einrichtung und Betrieb von Gasreinigungsanlagen in Abwasserbehandlungsanlagen (Investitionskosten von bis zu einigen Mio. EUR pro Anlage)

BIO (2012) verweist im Text auf eine neue Studie von Concorde (2012), in der gezeigt wird, dass die Kosten für Dentalamalgam und quecksilberfreien Füllungen in etwa gleich sind, wenn alle externen Kosten in den Preis je Füllung einbezogen werden. Hierbei wurden Maßnahmen berücksichtigt, die nötig sind, um Quecksilber weitgehend aus allen relevanten Abfallströmen zu beseitigen, u.a. thermische Behandlung von Klärschlamm, Recycling schwach quecksilberhaltiger Abfälle, Filter in Müllverbrennungsanlagen. Hierbei wurden bereits getätigte Investitionen, z.B. für integrierte einfache Auffangbehälter für Dentalquecksilber in Zahnarztstühlen nicht berücksichtigt. Die finanziell am schwersten wiegenden Positionen sind die thermische Behandlung quecksilberhaltiger Verbrennungsrückstände (160-240 Mio. USD), das Recycling schwach quecksilberhaltiger Amalgam-Abfälle (192-288 Mio. USD) und die thermische Behandlung von Klärschlämmen (440 660 Mio. USD). Insgesamt werden jährliche Kosten in Höhe von 2,1 bis 3,4 Mrd. USD ausgewiesen (Tab. 14). Diese lassen sich für die USA auf 40 bis 66 USD je Füllung berechnen. In der Summe wären Amalgamfüllungen gleich teuer wie Komposite (um 186 USD).

Tab. 14: Kosten zur Entfernung von zusätzlichen 90% Quecksilber aus Abfällen und Emissionen

| Maßnahmen (Auswahl) | Kosten je kg entfernten Quecksilber [USD/kg] | Gesamtkosten [Mio. USD] |
|--|--|-------------------------|
| Thermische Behandlung quecksilberhaltiger Müllverbrennungsrückstände | 160 000 - 240 000 | 160-240 |
| Thermische Behandlung statt Deponierung von Hausmüllabfällen | 20 000-40 000 | 112-224 |
| Thermische Behandlung quecksilberhaltiger Klärschlämme | 80 000-120 000 | 440-660 |
| Chemische Behandlung von Abwässern der Medizinabfallbehandlung | 160 000 - 240 000 | 48-72 |
| Rauchgasreinigung bei Krematorien | 30 000 - 50 000 | 99-165 |
| Recycling von Amalgam-Abfällen 50 ppm Hg | 160 000 - 240 000 | 192-2.88 |
| Abfallmanagement und -transport | | 1.043-1.701 |
| Gesamtkosten (einschl. weiterer Maßnahmen) | | 2.086 - 3.402 |
| | | |
| Kosten je Füllung [USD] | | 40,91-66,71 |

Zusatzkosten durch Substitution von Dentalamalgam

Die vom Patienten zu zahlenden Zusatzkosten für eine Quecksilber-freie Füllung liegen im Schnitt der EU27 bei etwa 12 EUR (44 EUR vs. 32 EUR). Die tatsächlichen Kostenunterschiede, d.h. die Kosten, die dem Zahnarzt entstehen und mit den Krankenversicherungen abgerechnet werden, liegen im Schnitt bei etwa 13 EUR, allerdings ist die Unsicherheit aufgrund mangelhafter Datenlage recht hoch. Der Kostenunterschied wird im Wesentlichen durch den unterschiedlichen Zeitaufwand je Füllung verursacht. Es bestehen jedoch große Unsicherheiten, wie groß der zusätzliche Zeitaufwand tatsächlich noch ist. Offensichtlich ist es eine Frage der Ausbildung und der Erfahrung. Zahnärzte mit guter Ausbildung und langer Erfahrung im Einsetzen von Kompositen sind in der Lage Komposite in gleicher oder nur geringfügig längerer Zeit einzusetzen als Amalgame. Das zeigt die Erfahrung aus Schweden. Demgegenüber sagt der Council of European Dentists (CED) aus, der Zeitaufwand für Komposite wäre etwa 2,5-mal höher.

Schon jetzt wird EU-weit nur noch ein Drittel der Füllungen mit Amalgam ausgeführt, Tendenz sinkend. Bei einer Zahl von etwa 250 bis 430 Mio. Füllungen, die zwischen 2010 und 2025 mit Quecksilber-freien Materialien ausgeführt werden, betragen die Gesamtkosten, die von den Patienten in diesem Zeitraum aufgrund der Nutzung von Alternativen getragen werden, in der EU27 1,7 bis 12 Mrd. EUR, also ca. 110 bis 800 Mio. EUR jährlich. Da angenommen wird, dass der Anteil der Komposite auch ohne zusätzliche rechtliche Regelungen steigen wird, gehen BIO (2012) davon aus, dass dieser Betrag bis 2015 erheblich steigen wird von durchschnittlich knapp unter 100 bis knapp unter 600 Mio. EUR.

Nach Angaben der WHO weisen neuere Studien darauf hin, dass Füllungen mit neuen Komposit-Materialien die gleiche Lebensdauer wie Amalgame aufweisen. Die Zahnärzteverbände CED und FDI vertreten hingegen die Meinung Amalgam wäre weiterhin überlegen (BIO 2012).

Handlungsoptionen

Das französische Unternehmen BIO Intelligent Service hat im Auftrag der Europäischen Kommission untersucht, welche Möglichkeiten bestehen, um die Belastung der Umwelt durch Quecksilber aus Dentalamalgam entsprechend der Quecksilber-Strategie der Europäischen Kommission zu senken (BIO 2012).

Sie betrachteten dabei drei Handlungsoptionen:

- 1) Handlungsoption 1: Verbesserung der Rückhaltung von Dentalamalgam in Zahnarztpraxen und Kliniken durch bessere Umsetzung geltender Vorschriften zu Behandlung gefährlicher Abfälle. Angestrebte Rückhalteeffizienz: 100% Ausstattung und 95% Rückhaltung.
- 2) Handlungsoption 2: Ermutigung von EU-Mitgliedsstaaten, Einsatz von Amalgam zugunsten von quecksilberfreien Materialien zu vermindern
- 3) Handlungsoption 3: Verbot der Nutzung von Dentalamalgam in der Zahnheilkunde ab 2018.

Handlungsoption 1 würde zu jährlichen Zusatzkosten in Höhe von etwa 5 bis 26 Mio. EUR führen. Damit ließen sich Emissionen in Höhe von 7 t Hg/a (Luft), 1 t/a (Wasser) und 11 t/a (Boden) vermeiden. Aufgrund niedrigerer Luft-Emissionen würden im Jahre 2015 volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von jährlich ca. 35 bis 140 Mio. EUR vermieden.

Es wird davon ausgegangen, dass Handlungsoption 2 den Jahresverbrauch von Quecksilber in Amalgam auf 20 t/a stabilisieren wird (statt bei 35 t in 2025). Eine weitere Reduzierung ist unwahrscheinlich, da es sich um eine freiwillige Maßnahme handelt. Aufgrund der höheren Kosten für Quecksilber-freie Alternativen ergäben sich Zusatzkosten für die Patienten in Höhe von 2,5 bis 17,1 Mrd. EUR (2010-2025). Dem stehen im Jahr 2025 vermiedene volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von jährlich ca. 1-8 Mio. EUR entgegen.

Das Verbot von Amalgam in Option 3 würde sofort den größten Teil des Amalgams vom Markt nehmen und so etwa 50 t Hg/a einsparen. Die Emissionen in Luft und Abwasser sinken aufgrund des Bestandes von ca. 1 000 t in den Mundhöhlen der Europäer aber nur langsam. Deshalb ist eine Kombination mit Option 1 erforderlich. Für die Patienten würden sich Zusatzkosten in Höhe von 3,9 bis 26,8 Mrd. EUR. ergeben (2010-2025), jährlich also etwa 260 bis 1 780 Mio. EUR. Die Bandbreite ist so groß, da unklar ist, wie groß die Preisunterschiede für Füllungen tatsächlich ausfallen. 2025 würde der Betrag etwa 800 Mio. EUR ausmachen, wobei ohne rechtliche Regelungen (Basis-Szenario) bereits knapp unter 600 Mio. EUR erwartet werden. Der Effekt des Verbots wäre also nur in einer Größenordnung von etwa 200 Mio. EUR.

Positive Effekte wären für die Hersteller von Füllungsmaterialien und von Krankenversicherungen spürbar. Etwa 15 bis 60 Mio. EUR an volkswirtschaftlichem Schaden ließen sich durch das Verbot im Jahr 2018 vermeiden.

6.2.4 Zusammenfassung und Bewertung

Gesundheit

Soweit bekannt, sind die potentiellen gesundheitlichen Risiken von quecksilberfreien Materialien sehr begrenzt und betreffen v.a. das Personal in den Zahnarztpraxen. Diese Risiken lassen sich durch persönliche Schutzmaßnahmen minimieren. Ein signifikantes Risiko für die Patienten konnte bislang nicht belegt werden. Das in einigen Füllmaterialien enthaltene Bisphenol-A liegt in so kleinen Konzentrationen vor, dass eine gesundheitsschädliche Wirkung unwahrscheinlich ist. Das Risiko durch BPA kann durch Verwendung BPA-freier Materialien vermieden werden. Dahingegen sind die direkten (Quecksilber-Dämpfe in den Praxen) und indirekten gesundheitlichen Risiken (Quecksilber-Abfälle, Abwässer) eindeutig belegt.

Kosten

BIO schlägt zwei Maßnahmen zur Weiterverfolgung vor. Die kurzfristig effektivste ist der Einbau, Betrieb und Wartung von effektiven Amalgamseparatoren in den Zahnarztpraxen. Der prognostizierte volkswirtschaftliche Nutzen von 35 bis 140 Mio. EUR übersteigt die Kosten von 5 bis 26 Mio. EUR jährlich deutlich. Das ebenfalls vorgeschlagene Totalverbot von Dentalamalgam verursacht nach Berechnungen von BIO jährliche Zusatzkosten in Höhe von jährlich etwa 260 bis 1 700 Mio. EUR. Es ist aber zu beachten, dass der größte Teil dieser Zusatzkosten auch ohne Regelungen entstünde, da auch ohne gesetzlichen Druck immer mehr Zahnärzte und Patienten eine quecksilberfreie Behandlung wünschen. Die durch ein Amalgamverbot hervorgerufene Kostensteigerung beträgt für 2010-2025 etwa 2,2 bis 14 Mrd. EUR (jährlich 150 bis 1 000 Mio. EUR). Bei Annahme von Kostensenkungen durch bessere Ausbildung und Erfahrung dürfte die Preisdifferenz noch stärker abnehmen. Sie beträgt laut BIO in 2015 nur noch knapp über 200 Mio. EUR jährlich.

Die Einbeziehung externer Kosten in den Preis für Dentalamalgam zeigt, dass die wahren Kosten der Nutzung von Quecksilber wesentlich höher sind. Tatsächlich ist der Aufwand beträchtlich, der in den Zahnarztpraxen, bei der Abwasserbeseitigung, der Klärschlammreinigung, der Müllverbrennung und bei Krematorien betrieben werden müsste, um Quecksilber aus Amalgam zurückhalten zu können. Der Investitionsaufwand lässt sich für die EU nicht beziffern, dürfte aber viele Mrd. EUR betragen. Diese Kosten werden nicht vom Patienten oder den Krankenkassen sondern von der Allgemeinheit getragen.

Eine Vergleichsstudie von Concorde (2012) für die USA zeigt, dass bei Einberechnung relevanter externer Kosten die Kosten je Füllung für Amalgam und Komposite gleich hoch liegen könnten. Es muss aber bemerkt werden, dass die Unsicherheiten bei der Berechnung der Zuschläge sehr hoch sind. Es wurde nicht berücksichtigt, dass einige technische Reinigungsmaßnahmen auch aufgrund anderer quecksilberhaltiger Stoffe (v.a. Batterien und Messinstrumente) durchgeführt werden müssten. Auch ist im Einzelfall nicht klar, in welchem Umfang die angeführten Maßnahmen gerechtfertigt (Zusatznutzen vs. Kosten und CO₂-Emissionen) und in der EU noch nötig sind. Dennoch zeigt die Studie eindrücklich, dass die Frage der Zusatzkosten nicht auf die Zusatzkosten in den Zahnarztpraxis reduziert werden darf.

Es wäre für die zukünftige Diskussion hilfreich, wenn in einer zusätzlichen Studie geklärt werden könnte:

- welche Kosten für Umweltschutzmaßnahmen in der EU bereits angefallen sind, weil Quecksilber in der Zahnheilkunde verwendet wurde
- welche weiteren Kosten in der Zukunft anfallen werden, um bestehende nationale oder europäische Auflagen zur Reinhaltung von Abwasser und Emissionen hinsichtlich Quecksilber einzuhalten (soweit die Emissionen teilweise oder ganz durch Quecksilber aus Dentalamalgam hervorgerufen werden)
- wieviel Quecksilber in der Vergangenheit aufgrund der Nutzung von Dentalamalgam in der EU in Luft, Gewässer und Böden freigesetzt wurden
- ob und in welchen Mengen bestimmte Produkte wie z.B. Klärschlamm, Müllverbrennungsrückstände nicht mehr oder nur nach zusätzlicher Aufbereitung verwendet werden können, weil sie Quecksilber aus Dentalamalgam enthalten
- wie hoch die Zusatzkosten aufgrund der gegenwärtigen und vergangenen Verwendung von Quecksilber in der EU sind.

Handlungsoptionen

Eine Verschärfung der Anforderungen für die Abscheidung von Dentalamalgam in Zahnarztpraxen erscheint angesichts des Nettonutzens sehr vorteilhaft. Hinsichtlich der weiteren Nutzung von Dentalamalgam ist festzuhalten, dass Dentalamalgam schon jetzt nur noch für ein Drittel aller Füllungen verwendet wird. Ein Verbot ab 2018 liefe konform mit der bereits jetzt zu erkennenden Tendenz, Amalgam immer weniger einzusetzen. Wenn die von BIO unterstellte Annahme zutrifft, dass die Kostendifferenz zwischen Amalgam- und Kompositfüllungen im Laufe der Jahre sinkt, würde ein späteres Verbot zu geringeren jährlichen und auch integralen Zusatzkosten führen.

6.3 Alternativen zur Herstellung von Kaliumalkoholaten

6.3.1 Hintergrund

Kaliumalkoholate lassen sich wie andere Alkalialkoholate auch mit dem Amalgamverfahren herstellen. Ökonomisch wichtige Substanzen dieser Gruppe sind Kaliummethylat und Kaliumethylat. Vorherige Arbeiten zeigten (siehe Kapitel 5.11, dass es in China Anbieter dieser beiden Substanzen gibt. Jedoch konnte zunächst nicht geklärt werden, ob chinesische Unternehmen auch selbst über Verfahren zur Herstellung dieser Substanzen verfügen. Dies sollte über eine Patentrecherche näher untersucht werden.

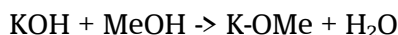
6.3.2 Alternative Prozesse

Feicheng Acid Chemicals Co. Ltd. (Taian, Prov. Shandong)

Das Unternehmen stellt Kaliummethylat her. Laut Unternehmensangaben beträgt die jährliche Produktionskapazität 2 000 t¹⁸. Das Unternehmen hält ein Patent aus dem Jahr 2002 (CN 1443741), das die Herstellung aus Kaliumhydroxid und Methanol beschreibt, wobei

¹⁸ Siehe <http://www.chinafac.com/english/html/products/product06/>

wasserhaltiges Methanol kontinuierlich aus dem Prozess abgeführt wird, um das bei der Reaktion



entstehende Wasser zu entfernen. Das Methanol wird getrocknet und in den Prozess zurückgeführt. Es gibt weitere chinesische Unternehmen, die Kaliummethylat oder Kaliummethylat anbieten und nach eigenen Angaben auch produzieren (u.a. Dezhou Longteng Chemical Co, Dezhou, Shandong; Zibo Fuxi'er Chemical, Liangxiang; Shandong Xiangde Biotechnology). Deren Produktionsmethoden sind jedoch nicht bekannt.

Evonik (Deutschland)

Evonik hält ein Patent aus dem Jahr 2008 (EP1997794), das allgemein die Herstellung kurzkettiger Alkalialkoholate beschreibt. Als Ausgangsstoffe dienen eine wässrige Lösung von Alkalihydroxid (Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid oder Lithiumhydroxid) sowie ein kurzkettiger Alkohol mit maximal 5 Kohlenstoffatomen (Methanol, Ethanol, n- oder iso-Propanol sowie Isomere des Butanols und des Pentanols). Als bevorzugte Alkalihydroxide werden Natriumhydroxid und Kaliumhydroxid, als bevorzugte Alkohole werden Methanol und Ethanol genannt. Die Reaktion wird im Gegenstrom in einer Reaktionskolonne vorgenommen.

BASF

Das Patent US6759560 (2004) beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Alkalimethylaten, insbesondere Natriummethylat und Kaliummethylat. Hierbei werden Alkalihydroxide mit Methanol gemischt und in einer Säule zu Reaktion gebracht. Das wasserhaltige Methanol wird durch destillative Fraktionierung vom Wasser befreit und zurückgeführt.

Ceramatec (Salt Lake City, Utah, USA)

Ceramatec beschreibt im Patent US8075758 (2011) die Herstellung von Alkalialkoholaten durch Elektrolyse von Alkalisalz-Lösungen und Alkoholen. Durch Verwendung von semipermeablen Membranen, die nur für das jeweilige Alkali-Ion durchlässig sind, gelingt es das Wasser der Alkalisalzlösung vom Alkohol zu trennen und direkt wasserfreie alkoholische Lösungen von Alkoholaten herzustellen. Als Alkalimetalle kommen Natrium, Lithium und Kalium in Frage. Als mögliche Alkohole werden Methanol, Ethanol, sowie Isomere des Propanols und des Butanols genannt. Ein ähnliches Verfahren wurde auch durch Tama Kagaku Kogyo (Japan) im Patent JP3622790 (1994) beschrieben.

Degussa (jetzt Evonik Degussa GmbH)

In einer Patentschrift von 1982 (CH 627624) beschreibt Degussa die Herstellung von wasserfreien Alkoholaten durch Reaktion von Alkalimetall mit Alkoholen in einem inerten Lösungsmittelgemisch. Die Reaktion findet oberhalb des Schmelzpunktes des Alkalimetalls in einer Emulsion mit dem inerten Lösungsmittel (z.B. Alkane, Benzol oder Toluol) statt. Die möglichen Alkalimetalle werden nicht im Patent genannt, doch zeigt ein Verweis auf Houben-Weyl „Handbuch der Organischen Chemie“ (4. Auflage 1963), dass dieser Syntheseweg (Alkalimetall + Alkohol) schon seit längerem als grundsätzliche Möglichkeit bekannt ist.

Clariant (Frankfurt)

Clariant erhielt 2003 ein Patent (US6616859), in dem die Synthese von Alkalialkoholaten in Mikroreaktoren beschrieben wird. Dabei werden Alkalimetalle (Kalium, Natrium, Lithium) mit Alkoholen (mit 1-30 Kohlenstoffatomen) zur Reaktion gebracht. Das Verfahren wird vorzugsweise auf langkettige Alkohole ab 3 Kohlenstoffatomen angewandt.

Metallgesellschaft (jetzt GEA Group)

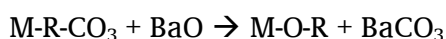
Im Patent EP0299577 (1992) wird ein Verfahren zur Herstellung von Alkoholaten aus Alkalihydroxiden und Alkoholen beschrieben. Als Ausgangsstoffe können Natrium-, Kalium-, Lithium-, Cäsium- und Rubidiumhydroxid sowie Alkohole mit ein bis sechs Kohlenstoffatomen (Methanol bis Hexanol) dienen. Das im Patent aufgeführte Beispiel bezieht sich auf Kaliummethylat. Die Reaktion findet durch Mischung beider Komponenten bei 50-110°C statt wobei der wasserhaltige Alkohol abgetrennt und durch eine Membrantechnik vom Wasser befreit, kondensiert und dann zurückgeführt wird.

Dow Chemical Company (Midland, Michigan, USA)

Patent DE1043309 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von wasserfreien Alkalialkoholaten, insbesondere Kaliummethylat durch Reaktion von Alkoholen mit mindestens zwei bis maximal 18 Kohlenstoffatomen mit Alkalihydroxiden. Die Reaktion findet in einer Säule bei 70 bis 200°C statt, wobei der Alkohol nach oben durch die mit festen Natriumhydroxid oder Kaliumhydroxid gefüllte Säule nach oben steigt. Entstehendes Wasser wird durch überschüssiges Hydroxid durch Bildung einer wässrigen Lösung gebunden.

Callery Chemical (Pittsburgh, PA, USA) (jetzt BASF)

Von Callery Chemical wurde 1959 ein Verfahren (US3053906) entwickelt zur Herstellung von Alkalialkoholaten aus einem Alkalialkylcarbonat und einem Alkohol im Beisein eines Erdalkalioxids (vorzugsweise Bariumoxid BaO) bei Temperaturen zwischen 50 und 150°C.



Das Verfahren wurde vor allem für die Synthese von Natriummethylat vorgeschlagen.

DuPont

Ein Verfahren zur Herstellung von Kaliumalkoholaten wurde bereits 1942 von DuPont beschrieben (US2278550). Hierin wird das Alkalisalz einer schwachen Säure (z.B. Kaliumcarbonat) mit einem Alkohol (z.B. Methanol) zur Reaktion gebracht. Das Gleichgewicht



wird durch Abfiltrieren von Kaliummethylat und Abdestillieren wasserhaltigen Methanols stetig nach rechts verschoben.

Wacker-Gesellschaft (jetzt Wacker-Chemie)

Das soweit bekannt früheste Patent zur Herstellung von Alkoholaten wurde 1931 an die Wacker-Gesellschaft vergeben (DE 519443) und beschreibt erstmals die Herstellung von Alkalialkoholaten aus Alkohol und festen Alkalihydroxiden, wobei das entstehende Wasser durch Ko-Destillation mit überschüssigem Alkohol abgetrennt wird.

Systematische Übersicht

Die folgende Tab. 15 fasst die aufgefundenen Patente zur Herstellung von Alkalialkoholaten systematisch zusammen. Insgesamt werden vier alternative Verfahren beschrieben:

1. Reaktion von Alkalimetall mit Alkohol zu Alkalialkoholat und Wasserstoff
 $M + R-OH \rightarrow R-O-M + 0,5 H_2$
2. Reaktion von Alkalihydroxid mit Alkohol zu Alkalialkoholat und Wasser
 $MOH + ROH \rightarrow R-O-M + H_2O$
3. Reaktion von Alkalicarbonat mit Alkohol zu Alkalialkoholat, Wasser und Kohlendioxid
 $M_2CO_3 + 2 ROH \rightarrow 2 R-O-M + H_2O + CO_2$
4. Elektrolyse von Alkalihydroxid und Alkohol zu Alkalialkoholat und Wasser
 $MOH + ROH \rightarrow R-O-M + H_2O$

Alle Verfahren sind durch je mindestens zwei Patente belegt.

Tab. 15: Patente zur Herstellung von Alkalialkoholaten einschließlich Kaliumalkoholaten (unterstrichen: Kaliummethylat (KM) oder Kaliumethylat (KE) explizit als mögliche Produkte bezeichnet; andernfalls: Teil der Menge der allgemein beschriebener Produkte)

| Reaktionstyp | Geeignet für Herstellung von Kaliumalkoholaten | Unternehmen | Patent |
|---|--|--|------------------------|
| Reaktion Alkalimetall mit Alkohol | ? | ICI (GBR) | GB 629184 (1947/1949) |
| | ? | Ethyl Corp. (USA) | FR1070601 (1952/1954) |
| | ? | Degussa (jetzt Evonik Degussa GmbH) (DEU) | CH627724 (1977/1982) |
| | KM, KE | Clariant (SUI) | US6616859 (2001/2003) |
| | KM, <u>KE</u> | Metallgesellschaft (jetzt GEA Group) (DEU) | EP0299577 (1987/1992) |
| Reaktion Alkalihydroxid mit Alkohol | Ja, aber nicht explizit genannt | Hüls (jetzt Chemiepark Marl / Evonik Degussa GmbH) (DEU) | DE968903 (1952/1958) |
| | <u>KE</u> und höher | Dow Chemical (USA) | DE1043309 (1957/1959) |
| | <u>KM</u> | Feicheng Acid Chemicals (CHN) | CN 1443741 (2002/2003) |
| | KM, KE | Evonik Degussa GmbH (DEU) | EP1997794 (2008/2011) |
| | KM | BASF (DEU) | US6759560 (2000/2004) |
| | ? | Wacker (DEU) | DE519443 (1928/1931) |
| | <u>KM</u> , KE | Chimtek Engineering (RUS) | RU 2358963 (2007/2009) |
| Reaktion von Alkalicarbonat mit Alkohol | <u>KM</u> | DuPont (USA) | US2278550 (1939/1942) |
| | <u>KM</u> , <u>KE</u> | St. Petersburg Tech. Univ. (RUS) | RU 2178402 |

| | | | |
|--|--------|-------------------------|-----------------------|
| | | | (2007/2009) |
| Elektrolyse von Alkalihydroxidlösung neben Alkohol | KM, KE | Ceramatec (USA) | US6616859 (2006/2011) |
| | ? | Tama Kagaku Kogyo (JAP) | JP3622790 (1994/1995) |

6.3.3 Anbieter

Die folgende Tab. 16 listet Hersteller auf, die nach eigenen Angaben Kaliummethylat oder Kaliumethylat anbieten.

Tab. 16: Hersteller von Kaliumalkoholaten

| Hersteller | Standort | Web | Produktionskapazität Kaliummethylat | Produktionskapazität Kaliumethylat |
|--|--------------------------------------|--|---|------------------------------------|
| Shandong Fuxi'er Chemical Co.,Ltd./ Zibo Fuxi'er Chemical Co.,Ltd./ Shanxian Fuxi'er Chemical Co.,Ltd./ Fuxiler Chemical Co.Ltd. | Zibo, Prov. Shandong | http://www.haolonger.com/en/index.asp / http://www.fuxier.com.cn | 600 t/a | Ja |
| Chemindustry International Qingdao Ltd. | Linzi District, Zibo, Prov. Shandong | http://www.chem-industry.com | Lösung: 50 000t/a inkl NaM) Fest 10 000 t/a (inkl. NaM, NaE, KE) | Ja |
| Feicheng Acid Chemicals Co. Ltd. | Taian, Prov. Shandong | http://www.chinafac.com/english/ | 4000 t/a, durch eigenes Patent abgesichert: CN 1443741 | |
| Dezhou Longteng Chemical Co | Dezhou, Prov. Shandong | http://www.ltchem.cn/about_e.htm http://www.Sodium-methoxide.cn | 20 000 t/a | 5 000 t/a |
| Yucheng Xiangde Biotechnology Co./ Yucheng Runfeng Biotechnology Co | Yucheng, Prov. Shandong | http://www.ycrfchem.com/productsen.html | Ja | Ja |

NM: Natriummethylat; NE: Natrimethylat; KM: Kaliummethylat; KE: Kaliumethylat

6.3.4 Fazit

In der Literatur ist eine Anzahl verschiedener Verfahren zur Herstellung von Kaliumalkoholaten beschrieben. Offenbar wird nur ein Teil davon kommerziell genutzt.

Möglicherweise ist die weltweite Nachfrage nach Kaliumalkoholaten im Vergleich zu Natriumalkoholaten zu klein, um mehrere Produktionsverfahren und -standorte nebeneinander zu erlauben. Doch zeigt das Angebot eines chinesischen Herstellers (und weiterer dort ansässiger Unternehmen, deren Produktionsverfahren aber nicht bekannt sind), dass das in Deutschland angewandte Amalgam-Verfahren nicht alleinstehend ist. Auch die deutschen Unternehmen BASF und auch Evonik halten Patente für Alternativverfahren, verfügen also über technisch und auch rechtlich abgesicherte Optionen, die ohne Quecksilber auskommen. Zur Frage der ökonomischen Machbarkeit liegen keine Informationen vor.

6.4 Quecksilberemissionen aufgrund der Wiederaufbereitung historischer Aufbereitungsrückstände des Silberbergbaus

6.4.1 Quecksilberhaltige Aufbereitungsrückstände in Mexiko

In Mexiko führte der während der spanischen Kolonialherrschaft durchgeführte Silberbergbau zur Ablagerung von sehr großen Mengen an quecksilberhaltigen Aufbereitungsrückständen. Bis zum Jahr 1900 wurden etwa 20 000 (15 000 bis 34 000 t) Quecksilber für die Extraktion von Silber aus dem Erz verwendet. Davon befinden sich noch etwa 15 000 t in den Rückstandshalden (CEC 2011). Aufgrund der technologischen Fortschrittes und des gestiegenen Silber- und Gold-Preises wird eine Rückgewinnung des Silbers aus den Aufbereitungsrückständen immer interessanter. Es gibt daher eine Reihe von Aktivitäten und Planungen, die das Ziel haben, die Rückstände nochmals zu verarbeiten.

Bei der Verarbeitung der Rückstände wird Quecksilber ebenfalls mobilisiert. Abhängig von der eingesetzten Technologie wird Quecksilber als Nebenprodukt erhalten oder in Luft, Wasser oder Boden freigesetzt (Hagemann et al. 2010). Nach CEC (2011) wurden 2001 etwa 10 t Quecksilber in die Luft emittiert und in den 1990er Jahren etwa 33 t jährlich als Nebenprodukt erhalten¹⁹. Die Zahlen könnten in Zukunft wesentlich höher ausfallen, wenn die Verarbeitung von Aufbereitungsrückständen in größerem Maßstab durchgeführt werden sollte.

6.5 Bewertung weiterer Informationen zur Produktion von Alkalialkoholaten von EnviroCat (November 2012)

6.5.1 Hintergrund

Inhalt der Informationen

Das französische Unternehmen EnviroCat hat im November 2012 zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt, die sich mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Informationen zu den Alkoholaten Natriummethylat, Kaliummethylat und Kaliumethylat.
- Eine Stellungnahme des Unternehmens EnviroCat vom 17. 11.2012 zum möglichen Verbot der Nutzung von Quecksilberzellen zur Herstellung von Natriummethylat.

¹⁹ Ein kürzlich erschienener Bericht schätzt die sekundäre Quecksilberkonzentration nach dem Jahr 2001 auf etwa 23 t pro Jahr (CEC (2013)).

Quelle der Informationen

Die Informationen wurden von Emmanuel Beaupaire zur Verfügung gestellt. Er vertritt zum einen die Vereinigung der Natriummethylat-Importeure (Groupement des Importateurs de Méthylate de Sodium). Von dieser Vereinigung, insbesondere den dahinter stehenden Unternehmen ist weiter nichts bekannt. Er ist zudem Repräsentant von EnviroCat auf. EnviroCat ist eine Tochter des Unternehmens International Alkaline S.A., dem auch der französische Spezialchemikalien-Hersteller Metaux Speciaux in Plombiere angehört. Alkaline wiederum ist seit 2011 im Besitz des japanischen Konzerns Nippon Soda (Metaux Speciaux 2013). Nippon Soda ist im Kern aus der Chlor-Alkali-Produktion entstanden. Es stellt selbst Natriummethylat und - und Kaliummethylat her, wahrscheinlich über das Metall-Verfahren, da das Quecksilberzell-Verfahren in Japan nicht mehr angewendet wird.

6.5.2 Informationen und Bewertung

Alternative Verfahren zur Herstellung von Natriummethylat, Kaliummethylat und Kaliummethylat

Das Dokument stellt dar, dass BASF und Evonik Patente halten, die die Herstellung von Natriummethylat, Kaliummethylat und Kaliummethylat ohne Verwendung von Quecksilber beschreiben. Nach Informationen von EnviroCat stellt das finnische Unternehmen Kemira Kaliummethylat bereits mit einem quecksilberfreien Verfahren her, ohne aber zu sagen, wo oder mit welchem Verfahren. Aus diesen Informationen zieht EnviroCat den Schluss, dass technische Alternativen zur Herstellung der drei Alkoholate bestehen und BASF und Evonik auch in der Lage wäre diese zu nutzen. Aufgrund der geringen Marktnachfrage sind diese aber noch nicht zum Einsatz gekommen. EnviroCat schlägt vor, eine Übergangsfrist von 5 Jahren vor einem endgültigen Verbot der Nutzung von Quecksilberzellen zur Alkoholat-Produktion zu setzen.

Das Dokument zählt drei Unternehmen auf, die Natriummethylat ohne Verwendung von Quecksilber herstellen: Nippon Soda (Japan), Alkali Metals (Indien) und EnviroCat (Frankreich, geplant in 2-3 Jahren).

Stellungnahme zum Verbot der Nutzung von Quecksilberzellen zu Herstellung von Natriummethylat

Aus Sicht von EnviroCat ist ein Verbot der Nutzung von Quecksilberzellen zur Herstellung von Natriummethylat aus ökologischen Gründen geboten. Nach seiner Argumentation bestehe der derzeitige europäische Markt aus einem Oligopol von zwei deutschen Anbietern, die aufgrund etwa 20% niedrigerer Produktionskosten mit dem Amalgamverfahren keine Konkurrenz zu fürchten haben. Durch Schaffen einer Ausnahme für diese beiden Anbieter verstetige die EU eine Quelle der Umweltverschmutzung und schaffe gleichzeitig ein wettbewerbsrechtliches und ökonomisches Problem, da der Marktzugang ökologisch vorteilhafterer Verfahren behindert werde. Mit Hilfe des internationalen Quecksilberabkommens sei es möglich die Marktgleichheit wieder herzustellen.

Auch außereuropäische Hersteller, die ohne Quecksilber arbeiten, müssten aus Sicht von EnviroCat die Konkurrenz aus Deutschland fürchten, da deren Herstellungs- plus Transportkosten immer noch niedriger seien als lokale Produktionskosten ohne Verwendung von Quecksilber. Das Vorbringen ökonomischer Gründe gegen ein Quecksilber-Verbot seitens BASF und Evonik wird als paradox bezeichnet, da sie selbst über Patente zu alternativen Verfahren verfügen und sie diese außerhalb Europas auch anwenden.

Die energetischen Vorteile der Produktion mit dem Amalgamverfahren werden nicht bestritten, aber darauf hingewiesen, dass die teilweise langen Transportwege innerhalb Europas den Kostenvorteil neutralisieren, wenn man als Alternativkonzept die Produktion in kleinen dezentralen Anlagen heranzieht.

EnviroCat zieht den Schluss, dass es keine soziale oder ökonomische Rechtfertigung für die Beibehaltung des Amalgamverfahrens gebe, außer jene für BASF und Evonik ein sicheres Einkommen im Rahmen ihres Oligopols zu gewährleisten. Eine Übergangsfrist von fünf Jahren solle ausreichend sein.

6.5.3 Analyse und Bewertung

Die Informationen von EnviroCat hinsichtlich der Verfügbarkeit alternativer Verfahren, Patente und Produzenten als auch in Bezug auf die energetische Bewertung der Produktionsverfahren werden durch eigene Untersuchungen weitgehend bestätigt. Neu ist der Hinweis auf das europäische Wettbewerbsrecht. Die Argumentation von EnviroCat läuft darauf hinaus, dass mit Hilfe des Quecksilberabkommens der Marktzugang von Konkurrenten auf den Europäischen Markt für Alkoholate verhindert wird.

7 Fragestellungen im Nachgang der fünften Sitzung der Verhandlungsgruppe

7.1 Bewertung zu der vom SCHER Komitee am 28. Juni 2013 verabschiedeten "Vorläufigen Meinung zu den Umweltrisiken und den indirekten Gesundheitseffekten von Quecksilber aus Dentalamalgam"

7.1.1 Hintergrund

Das wissenschaftliche Komitee zu Gesundheits- und Umweltrisiken (SCHER²⁰) wurde von der Europäischen Kommission beauftragt zu prüfen, ob vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse eine 2008 abgegebene Stellungnahme zur Frage indirekter Gesundheitsrisiken durch Quecksilber aus Dentalamalgam aktualisiert werden müsste. In dieser Stellungnahme hatte das SCHER geschlossen, dass auf Grundlage der vorliegenden Informationen nur eine vorläufige Risikobewertung möglich wäre (SCHER 2008). Die Kommission hat dem SCHER drei Fragen zu Beantwortung übermittelt, die Umweltrisiken, Gesundheitsrisiken aufgrund der Freisetzung in die Umwelt und Vergleich von Umweltrisiken, die durch Dentalamalgam und quecksilberfreien Füllmaterialien hervorgerufen werden. In Bezug auf diese Aufgaben hat das SCHER im Juni 2013 eine vorläufige Stellungnahme angenommen (SCHER 2013). Zu prüfen war, welche ob sich im Hinblick auf die Umsetzung des Minamata-Übereinkommens neue Aspekte ergeben und ob anderer Stelle beschriebene indirekte Umwelteffekte (z.B. BIOIS/ GRS 2011; BIOIS 2012) ausreichend berücksichtigt wurden.

7.1.2 Wesentliche Ergebnisse

Die neuen Berechnungen, die durch das SCHER durchgeführt wurden, zeigen, dass die Quecksilber-Konzentrationen in den Abwässern aus Zahnarztpraxen in einem Worst-Case-Szenario bis zu 0,12 µg/l betragen könnten. Dieser berechnete Wert wurde durch neuere Messungen, die im Bericht genannt werden, bestätigt (Richardson et al. 2011). Es ist bemerkenswert, dass in der Stellungnahme von 2008 nur ein Quecksilber-Maximalwert von 0,0037 µg/l geschätzt wurde. Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass die zusätzlichen Risiken aufgrund der Quecksilberfreisetzung aus Zahnarztpraxen gering wären. Weitere Auswertungen des SCHER zeigen, dass im Worst-Case-Szenario die Quecksilberkonzentrationen in Oberflächenwässern die Qualitätsstandards der Wasser-Rahmenrichtlinie²¹ überschreiten könnten. Obwohl für Gesamteuropa eine solche extreme Situation als unwahrscheinlich angenommen wird, kann Quecksilber aus den Praxis-Abwässern ein Problem auf lokaler oder regionaler Ebene sein.

Darüber hinaus konnte das SCHER nicht ausschließen, dass es zu sekundären Verunreinigungen aufgrund der Methylierung von Quecksilber kommen kann. Die Methylierung kann bereits in der Zahnarztpraxis stattfinden oder später in der Umwelt. In einem Worst-Case-Szenario wurden die akzeptablen Grenzwerte von Methylquecksilber in

²⁰ Scientific Committee on Health and Environmental Risks

²¹ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

Lebensmitteln und in Wasser überschritten. In der Stellungnahme von 2008 konnte eine solche Schlussfolgerung aufgrund unzureichender Information noch nicht gezogen werden.

7.1.3 Bewertung der SCHER-Stellungnahme

Die Kommission hatte drei Leitfragen formuliert, die dem SCHER als Grundlage zur Entwicklung der Stellungnahme dienen sollte. Die Bewertung der Stellungnahme orientiert sich an diesen Fragen.

Frage 1: Stellen die Quecksilberfreisetzungen aufgrund der Nutzung von Dentalamalgam ein Risiko für die Umwelt dar? Der Verbleib von Quecksilber, das aus Zahnarztpraxen freigesetzt wurde, wie auch der Verbleib von Quecksilber, das aus Füllungen in Patient stammt, in die Luft, Wasser und Boden sollten berücksichtigt werden.

Den Beobachtungen des Komitees kann weitgehend zugestimmt werden. Obwohl die Studie nicht in der Lage war voraussichtliche Umweltkonzentrationen („Predicted Environmental Concentrations“, PEC) auf lokaler Ebene abzuleiten, zeigen sowohl die Berechnungen als auch Messungen in Abwässern klar, dass Zahnarztpraxen eine signifikante Quelle von Quecksilberschmutzungen in europäischen Gewässern und Böden sein kann. Zu sagen, dass „nur im Worst-Case-Szenario der PEC sowohl über dem Jahresdurchschnitt (JD-UQN) und der zulässigen Höchstkonzentration (ZHKUQN) liegt“, spiegelt nicht vollständig die Ergebnisse der Studie wider. Es gibt analytische Nachweise (Richardson 2011, im SCHER-Bericht zitiert), dass die Worst-Case-Konzentrationen tatsächlich auch in Abwässern in einigen Zahnarztpraxen gefunden werden. Daher ist das sogenannte Worst-Case-Szenario in einigen Fällen tatsächlich Realität.

Auf der anderen Seite macht die Studie klar, dass Quecksilberfreisetzungen drastisch reduziert werden und Umweltstandards eingehalten werden können, wenn technische Maßnahmen in den Zahnarztpraxen getroffen werden, besonders die Installation von effizienten und gut gewarteten Amalgamabscheidern. Es sollte deutlich gemacht werden, dass einige Länder, einschließlich Deutschland, solche Maßnahmen verlangen, indem sie gut betriebene und unterhaltene Abscheider verpflichtend machen sowohl in neuen als auch in bestehenden Zahnarztpraxen.

Der Bericht von BIOIS/GRS (2010) gibt einen Überblick zu nationalen Regelungen im Hinblick auf Amalgamabscheider. Sie zeigt, dass in den meisten EU-Mitgliedsstaaten Abscheider in neuen Zahnarztpraxen vorgeschrieben sind. Es gibt aber auch andere Mitgliedsstaaten, in denen keine solchen Regelungen existieren. Die BIOIS/GRS-Studie wie auch die Studie von COWI (2007) diskutieren die Option, Abscheider in allen Ländern zur Pflicht zu machen.

Die Stellungnahme des SCHER betrachtet nicht den Abfall-Aspekt der Dentalamalgam-Nutzung. BIO/GRS (2010) machten deutlich, dass in einigen Ländern nicht über ein Recycling von Dentalamalgam berichtet wird. Solcher Amalgam-Abfall kann aus Material bestehen, das aus Abscheidern entnommen wurde, oder aus Amalgam, das bei einer Behandlung übrig geblieben ist. Es kann angenommen werden, dass Amalgam-Abfall aus Zahnarztpraxen nicht immer separat behandelt wird, in den allgemeinen Abfallstrom gelangt und dann in Deponien oder Abfallverbrennungsanlagen landet – wo es zu sekundären Emissionen und Freisetzungen führt.

Frage 2: Ist es wissenschaftlich gerechtfertigt zu schlussfolgern, dass Quecksilber in Dentalamalgam ernsthafte Effekte für die Humangesundheit verursacht aufgrund von Quecksilberfreisetzungen in die Umwelt.

Der Stellungnahme des SCHER wird zugestimmt. Obwohl der Beitrag der Amalgam-Nutzung zu den Konzentrationen von Methylquecksilber in Fisch nicht bekannt ist, konnte das SCHER zeigen Quecksilber, das aus Zahnarztpraxen freigesetzt wurde, zum Quecksilber hinzugefügt wird, das in Oberflächengewässer durch andere Quellen eingeführt wird.

Das Best-Case-Szenario spiegelt die Situation wieder, wenn alle Zahnarztpraxen in Europa mit effizienten und gut unterhaltenen Amalgam-Abscheidern ausgerüstet sind. Nur in diesem Szenario waren die berechneten Quecksilber-Konzentrationen weit unter den akzeptablen Grenzen und Gesundheitseffekte dürften sehr unwahrscheinlich sein. Die SCHER-Stellungnahme könnte verbessert werden, wenn expliziter herausgearbeitet würde, welche präventiven Maßnahmen benötigt werden, um die Bedingungen des Best-Case-Szenario zu erreichen, z.B. durch Installation von effizienten und gut unterhaltenen Amalgam-Abscheidern wie auch die umweltsichere Behandlung von Dentalamalgam-Abfall-

Frage 3: Vergleich des Umweltrisikos durch die Nutzung von Quecksilber in Dentalamalgam und die Nutzung von Alternativen ohne Quecksilber

Den Ergebnissen des SCHER wird zugestimmt. Mehr Forschung ist notwendig, um die Prozesse besser zu verstehen, die zu einer Freisetzung und Aufnahme von Komponenten von Dentalmaterialien führen. Es sein aber auf zwei neuere Untersuchungen verwiesen, die sich mit der potentiellen Freisetzung und den Gesundheitseffekten von Bisphenol A (BPA) in Dentalmaterialienbeschäftigen. Kingman et al. (2012) fanden, dass „die Speichelkonzentrationen von BPA und den meisten Verbindungen in der Studie innerhalb von acht Stunden nach ihrer Einsetzung auf Werte vor Beginn der Behandlung zurückgingen“. Eine signifikante Exposition über das natürliche Niveau hinaus ist also extrem kurz im Vergleich zu Gesamtlebensdauer einer Zahnfüllung. Die Ergebnisse passen gut mit den Resultaten von Maserejian et al. (2012). Nach ihren Erkenntnissen „gibt es keine signifikanten Unterschieden bei der körperlichen Entwicklung über fünf Jahren bei Kindern, die mit Kompositen oder Amalgamen behandelt wurden.

7.2 Anwendbarkeit des Minamata-Übereinkommens auf die Forschung

7.2.1 Übersicht

Im Zusammenhang mit dem Minamata-Übereinkommen zu Quecksilber stellt sich die Frage, inwieweit die Forschung von den einzelnen Regelungen betroffen ist und ob sich Schwierigkeiten bei der Umsetzung ergeben.

7.2.2 Wirksamkeit des Abkommens für Forschungseinrichtungen

Das Abkommen gilt unmittelbar zunächst nur für Vertragsstaaten. Deutschland gehört zu den Unterzeichnerstaaten und strebt in Koordination mit den anderen EU-Staaten eine Ratifizierung an. Die einzelnen vertraglichen Verpflichtungen werden dann über europäisches und nationales Recht für die Einzelstaaten wirksam. Grundsätzlich sind die Verpflichtungen auch für Forschungseinrichtungen anwendbar. Hierzu gibt es allerdings zwei Ausnahmen:

- Die Regelungen zum Handel (Artikel 3, u.a. Export- und Importbeschränkungen) gelten nicht für Quecksilbermengen oder Quecksilberverbindungen, die für die Forschung im Labormaßstab oder als Referenzstandard bestimmt sind

- Im Hinblick auf die Beschränkungen im Produktbereich (Artikel 4 und Anhang A des Übereinkommens) sind Produkte ausgenommen, die für die Forschung, die Kalibration von Geräten und zur Nutzung als Referenzstandards vorgesehen sind. Das heißt, Produkte, die für diese Zwecke eingesetzt werden, sind weiterhin zugelassen

Umgekehrt gibt es im Abkommen zahlreiche Regelungen, die Forschung ausdrücklich fördern, bzw. Vertragsparteien auffordern, Forschung zu unterstützen, um die Möglichkeiten zu erweitern, die Nutzung von Quecksilber zu senken und Quecksilberemissionen zu vermeiden (Z.B. Artikel 7 zum Goldbergbau oder Artikel 19 zu Forschung, Entwicklung und Monitoring).

7.2.3 Mindeststandards für Lagerung und Behandlung von Quecksilber und Zeitpunkt des Inkrafttretens

Bereits jetzt gelten in Deutschland für die Lagerung von Gefahrstoffen wie Quecksilber und Quecksilberverbindungen besondere Vorschriften, die sich u.a. aus der Gefahrstoffverordnung ergeben. Im Rahmen des Minamata-Abkommens sind die Vertragsparteien verpflichtet Quecksilber und Quecksilberverbindungen umweltgerecht zwischenzulagern. Die Vertragsstaatenkonferenz, die nach dem Inkrafttreten des Übereinkommens erstmals tagen wird, soll Leitlinien zur Lagerung beschließen. Diese sind jedoch nicht rechtsverbindlich. Sie kann darüber hinaus verbindliche Anforderungen zur Lagerung beschließen.

Ob die Leitlinien und Anforderungen über die Regelungen hinausgehen werden, die bereits jetzt in Deutschland gelten, lässt sich nach derzeitigem Stand nicht sagen. Etwas anders verhält es sich, wenn es um Abfälle geht, die aus Quecksilber bestehen oder Quecksilber enthalten. Auch hierfür gibt es bereits europäische und nationale Regelungen. Anforderungen für die Langzeitlagerung von Abfall-Quecksilber finden sich z.B. in der deutschen Deponieverordnung. Anforderungen für die Dauerlagerung von metallischem Quecksilber sind auf europäischer Ebene zurzeit in Entwicklung. Auf globaler Ebene hat die Vertragsstaatenkonferenz des Baseler Übereinkommens nicht verbindliche Leitlinien zur Behandlung (einschl. Lagerung) von quecksilberhaltigen Abfällen beschlossen. Im Rahmen des Minamata-Übereinkommens soll die Vertragsstaatenkonferenz verbindliche Anforderungen für eine umweltgerechte Behandlung quecksilberhaltiger Abfälle beschließen. Eine Frist hierfür ist nicht gesetzt, so dass derzeit nicht absehbar ist, wann die noch zu verhandelnden Anforderungen in Kraft treten.

Grundsätzlich werden die Leitlinien für die Lagerung von Quecksilber und Quecksilberverbindungen wie auch die Anforderungen für die Behandlung (einschl. Lagerung) von quecksilberhaltigen Abfällen auch für die Forschung gelten.

7.2.4 Überwachungsmechanismus

Der Überwachungsmechanismus ist in Artikel 19 des Übereinkommens beschrieben. Die Überwachung des Abkommens besteht u.a. aus folgenden Elementen:

- Das Führen von Nutzungs-, Verbrauchs- und Emissionsinventaren
- Die geographisch repräsentative Überwachung der Belastung von Quecksilber und Quecksilberverbindungen bei anfälligen Bevölkerungsgruppen und in Umweltmedien
- Das Bereitstellen von Informationen über Gewerbe und Handel mit Quecksilber, Quecksilberverbindungen und mit Quecksilber versetzten Produkten

- Das Bereitstellen von Informationen und Forschung über die technische und wirtschaftliche Verfügbarkeit von quecksilberfreien Produkten und Prozessen

Sie ist von den einzelnen Vertragsparteien durchzuführen, ggf. in Zusammenarbeit miteinander. Unabhängig von diesen vertraglichen Regelungen sind Überwachungsmaßnahmen aber bereits im Gange. So fördert die EU im Rahmen des 7. Forschungsprogramms das Global Mercury Observation System (GMOS), das zum Ziel hat, ein globales Netzwerk an Messstationen zu schaffen, das Auskunft gibt über die Verteilung von Quecksilber in den Umweltmedien und über interkontinentale Transportprozesse (<http://www.gmos.eu/>).

8 Zusammenfassung

In Vorbereitung und Begleitung der Verhandlungen für ein internationales Übereinkommen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor Quecksilber wurden die Machbarkeit und potentielle Hindernisse bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Ersatz von Quecksilber in Produkten und Prozessen überprüft. Im Mittelpunkt der Analysen standen elektronische Produkte, Messgeräte, Medizinprodukte, elektrochemische Prozesse sowie der kleingewerbliche Bergbau.

Regelungsansätze zur Behandlung von Quecksilberhaltigen Produkten

Für die Regelung von Produkten wurden als Alternativen ein Totalverbot mit Ausnahmen und eine explizite Verbotsliste vorgeschlagen. Der erste Ansatz ist der effektivere, da er auch kleinere Anwendungen umfasst, die bei einer expliziten Verbotsliste nicht berücksichtigt würden. Er ist in einigen nationalen Regelwerken umgesetzt (z.B. Schweden und Dänemark). Auf der anderen Seite liegen gerade für die kleineren Anwendungen oft wenig Informationen über den Umfang der Nutzung und mögliche Substitutionshindernisse vor, so dass schwierig zu beurteilen ist, ob ein Verbot der Nutzen die Kosten überwiegt. Im Übereinkommen wurde deshalb der Ansatz einer expliziten Verbotsliste gewählt.

Einsatz von Quecksilber in elektronischen Produkten und Messgeräten

Im Bereich der Lampen stellte sich die Frage, inwieweit die vorgeschlagenen Regelungen über bestehendes EU-Recht hinausgehen. Befürchtungen, dass quecksilberhaltige Leuchtmittel, die in der Fahrzeugindustrie eingesetzt werden, durch eine globale Regelung betroffen sein könnten, konnten entkräftet werden. Ausnahmen auf EU-Ebene liefen bereits am 1.7.2012 aus, so dass für eine ähnliche Ausnahme innerhalb eines später in Kraft tretenden Quecksilberabkommens keine Notwendigkeit mehr bestand. Hinsichtlich quecksilberhaltiger Leuchtmittel sieht die europäische RoHS-Richtlinie detaillierte Bestimmungen für Quecksilberhöchstgehalte je nach Lampentyp vor. Es wurde empfohlen, dass das Quecksilberübereinkommen eine vereinfachte Liste enthält, deren Anforderungen aber nicht wesentlich hinter die Regelung der EU zurückfallen, um minderwertige Produkte vom Markt zu verdrängen.

Die Strukturierung wurde in vereinfachter Form im Minamata-Übereinkommen übernommen, jedoch mit weniger strengen Quecksilber-Höchstgehalten. Quecksilberhaltige Schalter und Relais sind mittlerweile in den meisten Anwendungsbereichen durch quecksilberfreie Produkte ersetzt worden. Es gibt jedoch eine begrenzte Zahl von Anwendungen, in denen quecksilberhaltige Schalter und Relais vorläufig weiterhin benötigt werden.

Es wurde daher empfohlen im Quecksilberübereinkommen keine generelle Ausnahme für Schalter und Relais zu formulieren, sondern die Ausnahmen explizit zu benennen. Dies ist im Minamata-Übereinkommen vorgenommen worden, indem quecksilberhaltige Schalter und Relais ab 2020 verboten werden, es aber Ausnahme für besondere Messgeräte, Überwachungs- und Kontrollinstrumente gibt.

In der EU sind quecksilberhaltige Batterien verboten. Hiervon ausgenommen sind Knopfzellen, die bis zu 2% Quecksilber enthalten dürfen. Sowohl die amerikanischen als auch die europäischen Batteriehersteller haben bereits darauf hingewiesen, dass für alle Anwendungszwecke quecksilberfreie Alternativen vorliegen. Forderungen, die bestehende

Ausnahme für Knopfzellen auch auf globale Ebene für längere Zeit festzuschreiben, erschienen daher als nicht hinreichend begründet. Es wurde daher empfohlen, die vorliegenden Erkenntnisse als Grundlage zu nehmen und quecksilberhaltige Knopfzellen allenfalls für eine kurze Übergangsfrist noch zuzulassen. Das Übereinkommen hat demgegenüber die derzeitige EU-Regelung übernommen. Es verbietet quecksilberhaltige Batterietypen ab 2020, erlaubt aber quecksilberhaltige Knopfzellen mit einem Quecksilbergehalt unter 2% über das Jahr 2020 hinaus.

Quecksilberhaltige Messgeräte sind in der EU gemäß der RoHS-Richtlinie mittlerweile weitgehend verboten. Für einige Spezialanwendungen (Einheitennormale, Kalibrierungen) werden aber aus Sicht von Prüflaboratorien weiterhin einige wenige Anwendungen benötigt. Diese umfassen Quecksilbertripelpunktzellen als Fixpunkte zur Definition der Temperaturskala, Hochpräzisions-Normalmanometer zur Realisierung der Druckskala und Quecksilberporosimeter zur Messung der Porosität. In den Vorschlägen für ein Totalverbot waren für diese Produkte keine Ausnahmen vorgesehen. Nachdem das Konzept des Totalverbots aufgegeben war, standen jedoch besonders die Normalmanometer und Quecksilbertripelpunktzellen als Varianten der zu verbietenden Manometer und Thermometer noch in den Verbotslisten. Es konnte erreicht werden, dass es zum Verbot quecksilberhaltiger nicht-elektronischer Geräte eine Ausnahme für Hochpräzisions-Messeinrichtungen gibt, für die keine Alternativen verfügbar sind.

Quecksilberhaltige Produkte werden auch in Forschung und Entwicklung eingesetzt. Die in der Forschung eingesetzten Mengen sind zudem in der Regel klein und werden unter kontrollierten Laborbedingungen verwendet, so dass eine relevante Gefährdung der Umwelt durch diese Tätigkeiten i.d.R. nicht zu befürchten ist. Es wurde daher empfohlen analog zu entsprechenden EU-Regelung eine generelle Ausnahmeregelung für Forschung und Entwicklung vorzusehen. Eine entsprechende Ausnahme für Laborforschung, Kalibrierungszwecke und für den Einsatz als Referenzstandard wurde in das Übereinkommen aufgenommen.

Quecksilberhaltige Produkte werden für spezifische militärische Zwecke genutzt. Hierfür sind in verschiedenen EU-Richtlinien Ausnahmen vorgesehen, die auch im globalen Maßstab Wiederhall finden sollten. Das Übereinkommen enthält nun die Regelung, dass Produkte von den Verboten und Beschränkungen ausgenommen sind, die für den Zivilschutz und Militäranwendungen unverzichtbar sind.

Einsatz von Quecksilber in Medizinprodukten und Arzneimitteln

In der EU sind quecksilberhaltige Medizinprodukte, Arzneimittel und Kosmetika weitgehend vom Markt verschwunden. Ausnahmen sind Dentalamalgam sowie mit quecksilberhaltigen Konservierungstoffen versetzte Arzneimittel und Kosmetika. Von Seiten nationaler und internationaler Gesundheitsbehörden wurde der Vorschlag vorgebracht, Medizinprodukte, Arzneimittel und Kosmetika grundsätzlich vom Abkommen auszunehmen und die Verbote von Bleichcremes und Antiseptika nationalen Regelungen zu überlassen. Mit diesem Ansatz wäre das internationale Quecksilber-Abkommen hinter EU-Recht zurückgefallen, das in vielen Bereichen bereits jetzt weitergehende Regelungen beinhaltet. So sind die Vermarktung und der Export von quecksilberhaltigen Bleichcremes durch EU-Recht verboten. Das Übereinkommen sieht, ähnlich wie verschiedene EU-Regelungen Beschränkungen und Verbote für verschiedene Produkte vor. So werden Kosmetika mit einem Quecksilbergehalt über 1 ppm verboten,

ausgenommen Augenkosmetika, die Quecksilberverbindungen als Konservierungsstoff beinhalten. Ebenso werden die in der EU nicht mehr gebräuchlichen quecksilberhaltigen Antiseptika wie auch Bleichcremes und Bleichseifen ab 2020 verboten.

Quecksilberhaltige Konservierungsstoffe werden für Impfstoffe, Antivenome und Augentropfen verwendet. Auch wenn immer mehr Endprodukte ohne quecksilberhaltige Konservierungsstoffe auskommen, so ist noch nicht zu erkennen, ob ein vollständiger Verzicht in absehbarer Zeit möglich ist. Eine Ausnahme für Arzneimittel, die quecksilberhaltige Konservierungsstoffe enthalten, erschien daher notwendig. Im Übereinkommen wurden Impfstoffe, die das Konservierungsmittel Thiomersal enthalten, explizit von Verboten ausgenommen. Da aber Arzneimittel außer Antiseptika vom Übereinkommen nicht angesprochen werden, bleiben Produktion und Vermarktung von Antivenomen, Augentropfen und jeglicher anderer Arzneimittel gänzlich uneingeschränkt. Die Forderung, für Thermometer und Sphygmomanometer Ausnahmen für Forschungs- und Kalibrationszwecke vorzusehen, ist nachvollziehbar, da für diese Zwecke ein vollständiger Ersatz nicht in allen Fällen nachgewiesen ist, zumal einige nationale und internationale Normen quecksilberhaltige Messgeräte immer noch vorsehen. Wenn auch Informationen vorlagen, dass gerade für Sphygmomanometer quecksilberfreie Kalibrationsgeräte bereit stehen, so ist nicht sicher, dass diese auch global und kostengünstig verfügbar sind. Für Kalibrationszwecke sieht das Übereinkommen daher vor, dass sowohl quecksilberhaltige Thermometer als auch Sphygmomanometer weiter eingesetzt werden dürfen.-

Die Toxizität von Dentalamalgam ist weiterhin sehr umstritten. Allgemein anerkannt ist das Risiko aufgrund nicht ordnungsgemäßer Entsorgung von Dentalamalgam-Abfällen und von Dentalamalgam-Rückständen in Abwässern von Zahnarztpraxen und Kliniken. Dentalamalgam ist in einigen europäischen Ländern mittlerweile verboten und kann in der zahnmedizinischen Behandlung vollständig durch alternative Materialien ersetzt werden. Die Situation stellt sich jedoch in vielen europäischen und außereuropäischen Ländern anders da, auch wenn ein allgemeiner Trend zum Verzicht europaweit zu erkennen ist. Aufgrund der höheren Kosten durch gleichwertige Zahnersatzmaterialien (z.B. Komposite) müssen das Gesundheitssystem oder die Patienten (je nach Beteiligungsmodell) mit Mehrkosten rechnen. Für Deutschland wurden diese auf eine Größenordnung von 1,2 bis 1,3 Mrd. EUR pro Jahr geschätzt, von denen allerdings schon heute ca. 90% von den Patienten und Krankenkassen getragen werden, weil 90% aller Zahnfüllungen schon jetzt quecksilberfrei ausgeführt werden. Es stellt sich die Frage, ob alle Länder derzeit in der Lage sind diese Mehrkosten zu tragen oder ob die Zahnversorgung darunter leiden würde. Bei Einbeziehung potentieller externer Kosten, z.B. der Extraktion von Quecksilber aus Klärschlamm und Filterstäuben sind die Kosten für Dentalamalgam und Kompositen in etwa gleich. Allerdings ist zu beachten, dass sich die externen Zusatzkosten auch durch eine effiziente vorbeugende Abfallbehandlung (Separatoren in Dentalpraxen, Management von Amalgamabfall) effektiv und wesentlich kostengünstiger senken lassen. Ein weltweites Verbot von Dentalamalgam hat bei den Verhandlungskonferenzen keine Mehrheit gefunden. Es wurde stattdessen der Ansatz der Weltgesundheitsorganisation implementiert, der einen schrittweisen Verzicht vorsieht („phase down“). Um das Ziel zu erreichen können die Vertragsstaaten aus einer Reihe von Maßnahmen auswählen.

Einsatz von Quecksilber in Produktionsprozessen

Der Einsatz von Quecksilber in Elektrolysezellen zur Herstellung von Chlor und Alkalilauge ist weltweit im Rückgang begriffen. Der alternative Membran-Prozess kommt ohne Quecksilber aus, verbraucht weniger Energie und ist damit kostengünstiger. Die europäischen Hersteller haben einen freiwilligen Verzicht auf den Einsatz dieser Technologie bis 2020 zugesagt. Das Minamata-Übereinkommen gibt den Vertragsstaaten fünf Jahre mehr bis zur Stilllegung aller verbliebener Anlagen.

Eng mit der Chlor-Alkali-Produktion verwandt sind einige andere Prozesse, die ebenfalls auf der Elektrolyse mit Hilfe von Quecksilberzellen beruhen: Die Herstellung von Alkoholaten, von Alkalimetallen, von hochreiner Kaliumhydroxid-Lösung und von Natriumdithionit.

In Deutschland stehen die beiden weltweit einzigen Anlagen zur Herstellung von Alkalialkoholaten nach dem Quecksilberverfahren. Hierbei werden ebenso wie bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse Lösungen von Natrium- oder Kaliumchlorid elektrochemisch zunächst getrennt. Das entstehende Natrium- oder Kaliumamalgam wird dann mit einem Alkohol zu einem Natrium- oder Kaliumalkoholat umgesetzt. Das Quecksilberverfahren ist gegenüber anderen Verfahren ökonomisch günstiger, führt aber zu gasförmigen und flüssigen Quecksilberemissionen. Patente verschiedener Chemieunternehmen weisen darauf hin, dass alternative Verfahren für alle in Frage kommenden Alkoholate technisch machbar sind. Sie werden besonders in Nordamerika und Asien zur Herstellung von Alkoholaten angewandt. Allerdings wurden Zweifel laut, ob alle fraglichen Alkoholate auch in der erforderlichen Reinheit aus alternativen Prozessen auf dem Markt verfügbar sind. Eine Klärung konnte nicht herbeigeführt werden, so dass das Übereinkommen kein kurzfristiges Verbot der Herstellung von Alkoholaten enthält. Es fordert die Vertragsstaaten aber dazu auf, die Quecksilberemissionen aus den Anlagen bis 2020 um 50% zu reduzieren. Außerdem müssen Maßnahmen ergriffen werden mit dem Ziel die Nutzung von Quecksilber zu senken und 10 Jahre nach Inkrafttreten des Übereinkommens zu beenden.

Für die Herstellung von Kalilauge, Natrium-Metall und von Natriumdithionit werden weltweit alternative Prozesse genutzt, die ohne den Einsatz von Quecksilber auskommen. Der Marktanteil der mit dem Quecksilberzell-Verfahren hergestellten Produkte ist eher klein. Bezüglich der Produktqualitäten wurden keine Argumente bekannt, die den ausschließlichen Mehrwert von Produkten herausstreichen, die mit dem Quecksilberzell-Verfahren hergestellt wurden. Es wurde daher empfohlen, anzustreben, diese Produktionsprozesse einzustellen. Eine Ausnahmeregelung zur Weiterführung der Produktion auf der Basis des Quecksilberverfahrens erschien nicht notwendig. Im Übereinkommen werden diese drei Verfahren nicht erwähnt, sie können daher uneingeschränkt weiter genutzt werden. Allerdings untersagt das Übereinkommen die Errichtung neuer Anlagen.

Einsatz von Quecksilber im kleingewerblichen Bergbau von Gold und Silber

Die Nutzung von Quecksilber im kleingewerblichen Gold- und Silberbergbau stellt historisch und aktuell die größte Quelle von Quecksilberemissionen dar. Neben dem Goldbergbau sollte aber auch der Silberbergbau berücksichtigt werden, da er historisch sehr bedeutsam war. Etwa 196 000 t Quecksilber wurden allein für die Silberproduktion in Lateinamerika verbraucht. Auch gegenwärtig wird vereinzelt vom Einsatz berichtet, so in Chile und Mexiko. Ein besonderes Problem sind gemischte Gold-Silbererze, bei deren Aufbereitung Silber das Hauptprodukt ist. Diese sind als Silbererze anzusehen, auch wenn Gold wegen seines höheren Preises als ökonomisch wichtigeres Produkt eingestuft wird. Es wurde daher empfohlen, die

Regelungen im Übereinkommen auch auf den kleinskaligen Silberbergbau auszudehnen. Dieser Ansatz konnte sich nicht durchsetzen.

Unzweifelhaft bedeutsamer ist der Verbrauch von Quecksilber im kleinskaligen Goldbergbau. Er wird, je nach Quelle, auf Werte um 1 000 t pro Jahr geschätzt. Die Emissionen und Freisetzungen aus diesem Sektor übertreffen die Emissionen aus allen Industriesektoren. Es ist deshalb sehr wichtig machbare Wege zu finden, um den Einsatz von Quecksilber einzuschränken. Verschiedene Konzepte wurden vorgeschlagen. Hierzu gehörte ein direktes Verbot der Quecksilbernutzung im Goldbergbau. Angesichts der Tatsache, dass der kleinskalige Goldbergbau schon jetzt in vielen Ländern illegal ist, wurde die Effektivität einer solchen globalen Regelung als zweifelhaft eingestuft. Auch verpflichtende Reduktionsziele dürften viele Entwicklungsländer organisatorisch und administrativ überfordern. Es wurde daher empfohlen, die betroffenen Länder zu verpflichten Aktionspläne zu entwerfen, mit denen sie ihre Ziele und Anstrengungen dokumentieren, den Einsatz von Quecksilber zu verringern. Dieser Ansatz wurde auch in der endgültigen Fassung des Übereinkommens übernommen.

Sekundärer Quecksilberbergbau

Als Folge des extensiven Silberbergbaus, besonders in Mexiko existieren dort beträchtliche Mengen an historischen Aufbereitungsrückständen, die reich an Silber, Gold und Quecksilber sind. Ihre Verarbeitung führt zu einer nicht unerheblichen Produktion von Sekundär-Quecksilber (ca. 20-30 t/a). Sollte die Wiederaufbereitung aufgrund steigender Gold- und Silberpreise weiter ansteigen, könnte der sekundäre Quecksilberbergbau zu einer wichtigen globalen Angebotsquelle werden. Darüber hinaus kann die Wiederaufbereitung zu großen Quecksilberemissionen führen. Es wurde daher empfohlen, die Verarbeitung von quecksilberhaltigen Aufbereitungsrückständen („tailings“) in die Liste der Angebotsquellen zu übernehmen. Dieser Ansatz stieß während der Verhandlungen auf das Bestreben, auf eine Quellenliste ganz zu verzichten und die Liste der Emissionsquelle möglichst kurz zu halten. Die Wiederaufbereitung findet sich letztlich an keiner Stelle des Übereinkommens wieder.

Quecksilber-Angebot und Handel

Ein wichtiger Teil der Verhandlungen beschäftigte sich mit Produktions- und Handelsbeschränkungen. Vorgeschlagen wurde unter anderem ein baldiges und vollständiges Verbot des Quecksilber-Bergbaus. Während eine solche Maßnahme eine unmittelbar Wirkung auf die Verfügbarkeit „frischen“ Quecksilbers auf dem Markt hätte, würde es zu ernsthaften ökonomischen Folgen für einige Länder führen.

In Ländern mit hohem Quecksilberbedarf, in denen Quecksilber aus anderen Quellen noch nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht, würde ein sofortiger Stopp des Bergbaus zu einer Schließung vieler Produktionsstandorte besonders für Vinylchlorid führen. Dies trifft vor allem China. Es wurde daher empfohlen ein abgestuftes System zu entwickeln, um das Angebot schrittweise entsprechend der gesunkenen Nachfrage zu reduzieren. Dieser Ansatz wurde im Übereinkommen nicht aufgegriffen, allerdings wurde auch kein sofortiges Ende des Quecksilberbergbaus beschlossen. Es wird erst 15 Jahre nach Inkrafttreten des Übereinkommens wirksam.

Der Ansatz nur den Handel mit frischem bergbaulich gewonnenem Quecksilber zu untersagen trifft auf Schwierigkeiten, da Primärquecksilber nur schwierig zu unterscheiden ist von Quecksilber aus anderen Quellen. Nutzungsbeschränkungen im Verlauf einer globalen

Lieferkette stoßen auf praktische Probleme, da die Händler die Endnutzung nicht kennen. Besser wäre ein Exportverbot für Primär-Quecksilber mit der Ausnahme des Exports für eine endgültige Beseitigung. Dieser Ansatz findet sich in modifizierter Form im Übereinkommen wieder. Quecksilber aus dem Primärbergbau darf nur nach vorheriger Zustimmung des Importlandes exportiert werden, wenn dieses eine erlaubte Nutzung oder eine umweltsichere Zwischenlagerung nachweist. Es kann auch als Abfall eingestuft werden, der nur für eine endgültige Beseitigung exportiert werden darf.

Nach dem Beginn der Export-Verbote in der EU und den USA wird Quecksilber aus anderen regionalen Quellen immer wichtiger für den Weltmarkt. Von großer Bedeutung ist die Produktion als Nebenprodukt der Gewinnung von Gold, Kupfer und Zink. Ein vorgeschlagener Regelungsansatz war es Auslaufristen für den Handel mit Quecksilber aus bestimmten Produktionsquellen festzusetzen und Quecksilber aus diesen Quellen zu Abfall zu erklären. Dieser Ansatz findet sich im EU-Recht wieder. Nach Prüfung erschien dieses Konzept auf globaler Ebene allerdings als nicht machbar, da die Entwicklung des Bedarfes für erlaubte Produkte und Prozesse nicht prognostizierbar ist. Besser wäre es die Vertragsstaatenkonferenz zu beauftragen regelmäßig zu prüfen, ob weitere Quellen einer Handels-Regulierung und Beseitigungspflicht unterzogen werden sollen. Quecksilber, das aus Quellen stammt, die in einem Anhang genannt werden, sollte als Abfall eingestuft werden, der zu beseitigen ist. Dieser Ansatz findet sich im Übereinkommen nicht wieder. Nur Quecksilber aus dem Rückbau aus Chlor-Alkali-Anlagen wird als Abfall eingestuft, der zu beseitigen ist. Andere Angebotsquellen werden nicht genannt und die Vertragsstaatenkonferenz wird auch nicht aufgefordert zu prüfen, ob andere Angebotsquellen relevant sein könnten. Der Handel mit Quecksilberverbindungen ist derzeit in der EU nur für wenige Verbindungen untersagt. Er erreichte in manchen Jahre die gleiche Größenordnung wie der Handel mit elementarem Quecksilber. Es wurde daher empfohlen, die Handelsbeschränkungen auch auf Quecksilberverbindungen auszuweiten. Im Übereinkommen ist dieser Aspekt im Gegensatz zu früheren Entwürfen fast völlig verschwunden. Die Vertragsstaatenkonferenz soll lediglich prüfen, ob der Handel mit einzelnen Quecksilberverbindungen (gemäß Definition nur fünf bestimmte) geeignet ist, die Ziele des Übereinkommens zu gefährden.

Die Einführung eines Lizenzierungssystems zur Überwachung des Handels wird auf globale Ebene als schwer durchführbar gesehen. Der Aufwand zur Einführung eines solchen Systems wäre hoch und die Effektivität in Ländern, in den Quecksilber illegal gehandelt wird, niedrig. Auf ein Lizenzierungssystem wurde im Übereinkommen verzichtet.

Der Handel mit Dentalquecksilber wird in manchen Ländern dazu missbraucht um Importbeschränkungen zu umgehen. Legal importiertes Quecksilber, das für die Herstellung von Dentalamalgam vorgesehen ist, wird abgezweigt und für den kleinskaligen Goldbergbau eingesetzt. Um solche Praktiken zu verhindern wurde empfohlen, den Handel mit Dentalquecksilber auf Fertig-Amalgame (Pulver in Kapseln) zu beschränken. In Europa wird in den meisten Praxen nur noch mit diesen Fertig-Produkten gearbeitet. Im Übereinkommen hat dieser Ansatz zwar Niederschlag gefunden, er wird aber nur als eine von neun wählbaren Maßnahmen beschrieben um die Nutzung von Dentalamalgam schrittweise einzuschränken. Die Maßnahme ist also nicht verbindlich.

Fazit und Ausblick

Mit dem Abschluss der Verhandlungen im Januar 2013 und der Unterzeichnung des Minamata-Übereinkommens bei der diplomatischen Konferenz im Oktober 2013 ist ein umfassendes Rechtsinstrument geschaffen worden, das die meisten Aspekte des Lebenszyklus von Quecksilber umfasst. Dabei ist davon auszugehen, dass das Übereinkommen vor allem langfristig seine volle Wirkung entfaltet. Quecksilber ist seit vielen hundert Jahren durch menschliche Aktivitäten mobilisiert worden. Die heute beobachteten Quecksilberkonzentrationen in Böden, Gewässern und Sedimenten gehen größtenteils auf historische Emissionen zurück. Mit dem Minamata-Übereinkommen werden die Voraussetzungen geschaffen, dass in Zukunft immer weniger Quecksilber zu diesem globalen Pool hinzukommt und natürliche Sedimentations- und Immobilisierungsprozesse zu einer Abnahme des bioverfügbaren Quecksilbers führen.

An kurz- und mittelfristigen Effekten sind besonders der Verzicht auf Bergbau und das globale Verbot zahlreicher Produkte und Prozesse zu nennen, die auf der Verwendung von Quecksilber beruhen. Hierdurch sinken sowohl Angebot als auch Nachfrage und der Umlauf an Quecksilber wird beschränkt.

Die Umsetzung des Übereinkommens wird besonders die Entwicklungsländer vor große Herausforderungen stellen. Sie werden technische und organisatorische Unterstützung benötigen, um quecksilberbezogene Risiken zu identifizieren und zu behandeln, die von den Regelungen des Vertrages betroffen sind. So müssen sie zukünftig verbotene quecksilberhaltige Produkte im Markt identifizieren, aus dem Markt entfernen und quecksilberfreie Alternativen fördern. In gleicher Weise werden die Länder Hilfe benötigen, um Quecksilber nutzende Anlagen auf quecksilberfreie Prozesse umzustellen. So waren 2010 weltweit noch 100 Chlor-Alkali-Anlagen in 45 Ländern in Betrieb, die Quecksilber nutzen. Hinzu kommen sechs oder sieben Länder, in denen Vinylchlorid mit Hilfe von Quecksilber-Katalysatoren hergestellt wird. Für Deutschland ist dabei die Frage relevant wie die Nutzung von Quecksilber bei der Herstellung von Alkoholaten reduziert werden kann, ohne dass es zu einem Lieferengpass auf dem europäischen Markt kommt.

Hiermit im Zusammenhang stellt sich die Frage nach einer umweltgerechten Bewirtschaftung quecksilberhaltiger Abfälle. Ausgesonderte Produkte und Quecksilber, das aus Anlagen zurückgewonnen wird, müssen umweltsicher gelagert und beseitigt werden. Hierfür fehlen in vielen Ländern Sammelsysteme, Lagereinrichtungen, Entsorgungsmöglichkeiten und geschultes Personal.

Der angestrebte schrittweise Verzicht auf Amalgam bei der Zahnversorgung bedarf ebenfalls weiterer Anstrengungen. Insbesondere sind Konzepte zu entwickeln, um die sich noch entwickelnde zahnmedizinische Versorgung in Entwicklungsländern auch ohne das vergleichsweise günstige Amalgam zu gewährleisten. Für Deutschland ist zu prüfen, ob der stark zurückgegangene Bedarf nach Amalgam auch im Abrechnungssystem der Gesetzlichen Krankenversicherung widerspiegelt werden kann, ohne dass Zusatzkosten in Milliardenhöhe entstehen.

Quellenverzeichnis

- ACAP (2005) Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation the Russian Federation.
<http://www.zeromercury.org/library/Reports%20General/0502%20Dk%20report%20on%20Hg%20releases%20in%20Russia.pdf>
- Acosta y Asociados (2001) Preliminary Atmospheric Emissions Inventory of Mercury in Mexico. Final Report. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/preliminary.pdf>
- AMAP/ UNEP (2008) Technical background paper to the global atmospheric mercury assessment
http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf
- Anonymus (2010) Report of the Workshop on the Feasibility of Mercury-Free Catalyst Research and development in China for the VCM Industry Beijing, 19 September 2010.
- Antony, K.; Hiebinger, C.; Genser, D.; Windisch, F. (2008) Haltbarkeit von Zahnamalgam im Vergleich zu Kompositkunststoffen. HTA-Bericht 76.
http://portal.dimdi.de/de/hta/hta_berichte/hta224_bericht_de.pdf
- BASF (2003) Catalytic preparation of alkali metal alkoxides. US. Pat. 6,657,091 B2. Issued Dec, 2, 2004.
- BASF (o.J.) Alkali metal alcoholates.
http://www.inorganics.basf.com/ca/internet/en/content/Produkte/Inorganic_Life_Science_Chemicals/Alkalimetall_Alkoholate
- BIOIS (2012) Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries. Final report (11 July 2012).
http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/final_report_110712.pdf
- BIOIS/ GRS (2010) Review of the Community strategy concerning mercury.
http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/review_mercury_strategy2010.pdf
- Blacksmith Institute (n.y.) Preventing mercury exposure Kalimantan, Indonesia.
http://worstpolluted.org/projects_reports/display/73
- Castro, S. H.; Sánchez, M. (2003): Environmental viewpoint on small-scale copper, gold and silver mining in Chile, J. Clean. Prod. (11), 207-213.
- CEC - Commission for Environmental Cooperation (2011) Mexican mercury market report.
http://www.cec.org/Storage/127/15208_QA08-29_NP_MexicanMercuryMarketReport_en.pdf
- CEC- Commission for Environmental Cooperation (2013) An assessment of primary and secondary mercury supplies in Mexico.
- ChemEurope (2011) Hydrosulfite - the evergreen among textile auxiliaries turns a hundred.
<http://www.chemeurope.com/en/news/36309/hydrosulfite-the-evergreen-among-textile-auxiliaries-turns-a-hundred.html>
- China Ministry of Environmental Protection (2011) Project Report on the Reduction of Mercury Use and Emission in Carbide PVC Production.
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/VCM%20Production/Phase%20I%20Final%20Report%20-%20PVC%20Project%20Report%20for%20China.pdf>
- Commission for Environmental Cooperation (2011) Mexican Mercury Market Report

Concorde (2006) Status report: mercury cell chlor-alkali plants in Europe.

http://www.zeromercury.org/EU_developments/Final_Report_CA_31Oct2006.pdf

Concorde (2009) Assessment of excess mercury in Asia.

http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/supplystorage/Assessment%20of%20Excess%20Mercury%20in%20Asia%202010-2015_Final%20Draft_May%202009.pdf

Concorde (2012) Real Cost of Dental Mercury.

Council of the European Union (2011) Council conclusions. Review of the Community Strategy concerning Mercury.

http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/envir/119867.pdf

COWI (2008) Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society.

http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_report2008.pdf

COWI (2012) Mercury contamination clean-up, Kazakhstan.

<http://www.cowi.com/menu/project/WaterandEnvironment/Solidwastemanagement/Pages/detaileddesignofmercuryremediationandhazardouswastelandfillkazakhstan.aspx>

DENR - Department of Environment and Natural Resources, Philippines (2008) Mercury assessment for the Philippines using UNEP Inventory Toolkit.

Drain, P. K.; Nelson, C. M.; Lloyd, J. S. (2003) Single-dose versus multi-dose vaccine vials for immunization programmes in developing countries. Bull. WHO, 81 No. 10.

http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0042-96862003001000007&script=sci_arttext

DuPont (2011) Hydroelectric Power from Niagara Falls supplies the energy to create Reactive Metals and Biodiesel Catalyst Solutions for you. http://www2.dupont.com/Reactive_Metals/en_US/

DuPont (2011) Sodium. http://www2.dupont.com/Reactive_Metals/en_US/products/sodium.html

ECHA (2010) Annex XV REACH restriction report concerning mercury in certain measuring devices – Appendix 2.

ECHA (2011) Background document to the Opinions on the Annex XV dossier proposing restrictions on five Phenylmercury compounds.

Eckert, M.; Fleischmann, G.; Jira, R.; Bolt, H. M.; Golka, K. (2006) “Acetaldehyde” in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2006, Wiley-VCH, Weinheim.

EEB (2009) Subject: NGO's Comments on the EC draft decision 27/7/2009 adapting to progress the RoHS Annex, in relation to the allowed level of mercury content in lamps.

http://www.zeromercury.org/EU_developments/090831%20EEB-letter-MS-RoHS-lamps.pdf

EEB (2010) Comments on UNEP's Global Mercury Cell Production Data (in thousands of metric tons of chlorine capacity) http://www.zeromercury.org/UNEP_developments/UNEP%20-%20Hg%20Cell%20Chlor-alkali%20Inventory%20August%202010%20DraftCom.xls

EnviroCat (2013) Le 27 septembre, inauguration du nouvel atelier de La Rochelle.

http://www.EnviroCat.fr/fr/news/INAUGURATION_LE_27_SEPTEMBRE_DU_NOUVEL_ATELIER_DE_LA_ROCHELLE

Erdal, S.; Orris, P.. (2012): Mercury in dental amalgam and resin based alternatives: a comparative health risk evaluation.

http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/INC4/Submissions%20from%20NGOs/Mercury_in_Dental_Amalgam.pdf

EuroChlor (1999) Voluntary Commitments by each European Chlor-Alkali Producer (Mercury cells). OSPAR. Note of Proceedings WOCAI 1999 WOCAI 99/7/1-E, Annex 5.

EuroChlor (2000) Voluntary Commitments by each European Chlor-Alkali Producer (Mercury cells). Brussels, Eurochlor document 199.

European Chemicals Agency (ECHA) (2010) Annex XV restriction report- proposal for a restriction. Substance name: mercury.
http://echa.europa.eu/doc/restrictions/annex_xv_restriction_report_mercury_en.pdf

European Environmental Bureau, EEB (2006) Status report: mercury cell chlor-alkali plants in Europe

Evonik (2003) Production of Biodiesel by Use of Alkoxide Catalysts.
<http://biodiesel.evonik.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/Biodiesel/tae2003.pdf>

Evonik (o.J.) Alkoholate Pulver und Lösungen
http://www.alkoholate.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/Alkoxides/de/DEG-049141%20Tabellen_Ethy_Methy_de.pdf

FDA (2009) Quantitative and qualitative analysis of mercury compounds in the list.
<http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Legislation/FederalFoodDrugandCosmeticActFDCAAct/SignificantAmendmentstotheFDCAAct/FDAMA/ucm100219.htm>

FDA (2010) Thimerosal in Vaccines.
<http://www.fda.gov/BiologicsBloodVaccines/SafetyAvailability/VaccineSafety/UCM096228#t3>

FJATA (2011) Button cell battery legislation: mercury-free. <http://www.fjata.org/press/mercury-free-button-cell-battery-info/>

GIMS -Groupement des Importateurs de Méthylate de Sodium (2011) «mercury free » sodium methylyate : a green alternative for biodiesel manufacturing. Report.

GKV-Spitzenverband (o.J.) Festzuschuss-Richtlinien.
http://www.gkv-spitzenverband.de/Festzuschuss_Richtlinien.gkvnet

Government of Ireland (2013) Irish Presidency secures agreement on ban of cadmium and mercury in batteries - <http://www.eu2013.ie/news/news-items/20130605batteriesdirective/>

Hagemann, S., Schönwiese, D.; Beier, F.; Mieth, C. Loss, M.; Heubeck, C. (2010) Technical and economic criteria for processing mercury-containing tailings.
<http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=ZZA8oVEYfmM%3d&tabid=3536&language=en-US>
ICIS (2008) OxyChem finishes US chlor-alkali conversions.
<http://www.icis.com/Articles/Article.aspx?liArticleID=9119467&PrinterFriendly=true>

ICIS (2011) Inorganics: Olin's exit of mercury cell chlor-alkali is positive for industry.
<http://www.icis.com/Articles/2011/01/03/9426289/inorganics-olins-exit-of-mercury-cell-chlor-alkali-is-positive-for.html>

IPEN (2010) An NGO introduction to mercury pollution.

Kant Chemicals (2011) Alkali reagent. <http://www.kanto.co.jp/english/siyaku/alkari.html>

- KEMI (2010) Rapportering av regeringsuppdraget om effekter av det generella nationella kvicksilverförbudet.
http://www.kemi.se/upload/Om_kemi/Docs/Regeringsuppdrag/Regeringsuppdrag_Hg_1009.pdf
- Kingman, A.; Hyman, J.; Masten, S. A.; Jayaram, B.; Smith, C.; Eichmiller, F.; Arnold, M. C.; Wong, P. A.; Schaeffer, J. M.; Solanki, S.; Dunn, W. J.; (2012) Bisphenol A and other compounds in human saliva and urine associated with the placement of composite restorations. *J. Am. Dent. Assoc.* 143, 1292-1302
- KZBV (2010) Jahrbuch 2010
- KZBV (2011) Jahrbuch 2011.
- KZBV (2012) Zahnfüllungen: die Standards. <http://www.kzbv.de/zahnfuellungen-die-standards.189.de.html>
- KZBV (o.J.) BEMA 2004. Einheitlicher Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen gemäß §87 Abs. 2 und 2d SGB V. http://www.kzv-berlin.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Handbuch/Vertraege_mit_Krankenkassen/Bema_Layoutversion040101.pdf
- Lacerda, L. D. (1997) Global mercury emissions from gold and silver mining. *Water, Air and Soil Pollution* 97, 209-22.
- Main Department of Environmental Protection (2009) Mercury-free button batteries: their reliability and availability.
<http://www.maine.gov/dep/rwm/publications/legislative-reports/pdf/buttonbatteriesreportjan09.pdf>
- Maserejian, N. N.; Hauser, R.; Tavares, M.; Trachtenberg, F.L. ; Shrader P.; McKinlay, S. (2012) Dental Composites and Amalgam and Physical Development in Children. *J. Dental Res.* 91, 1019-1025
- Matsakis, M. (2007) WRITTEN QUESTION by Marios Matsakis (ALDE) to the Commission: Unfair competition practices. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2007-2918+0+DOC+XML+V0//EN>
- Metaux Speciaux (2011) Products/ Sodium/ Technologies/ procedures.
<http://www.metauxspeciaux.fr/webReplique/sitemssa.nsf/Accueil?Readform&Lang=EN>
- Metaux Speciaux (2013) History. <http://www.metauxspeciaux.fr/en/2-PRESENTATION/10-History>.
- MSNBC (2007) Mercury in mascara? Minnesota bans it. Preservative in cosmetics can cause neurological damage. http://www.msnbc.msn.com/id/22258423/ns/health-skin_and_beauty/t/mercury-mascara-minnesota-bans-it/#.TnCi9-yeb1A
- Nandini (2010) Global scenario on sidoum methoxide.
- NEMA (2011) NEMA announces battery industry commitment to eliminating mercury in button cells.
<http://www.nema.org/media/pr/20060302a.cfm>
- Norwegian Climate and Pollution Agency (2010) Annex xv restriction report proposal for a restriction [five phenyl mercury compounds]
- NORDEN - Nordic Council of Ministers (2007) Mercury substitution priority working list. TemaNord 2007:541.
- NRDC (o.J.) Chlor-Alkali Plants Using Mercury Cell Technology.
<http://www.nrdc.org/health/effects/mercury/chlor-alkali.asp>

- Nriagu, J. (1994): Mercury pollution from the past mining of gold and silver in the Americas, *Sci. Total Environ.* (149), 167-181.
- NZPAM - New Zealand Petroleum & Minerals (n.y.) Mineral Commodity Report 13 – Silver.
http://www.nzpam.govt.nz/cms/pdf-library/minerals/minerals-overview-pdfs-1/report13_silver.pdf
- Olin (2011) Olin chlor alkali products charleston plant breaks ground for new \$160 million manufacturing facilities. <http://www.b2i.us/profiles/investor/NewsPDF.asp?b=1548&ID=46289&m=r1>
- OM Group (2007) Ultra pure chemicals: potassium hydroxide. <http://www.omgi.com/product-upc-PotassiumHydroxide.html>
- OSPAR (2008) Mercury losses from the Chlor-alkali industry in 2006
http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00353_Mercury%20losses%20report%202006.pdf
- OSPAR (2011) Mercury losses from the Chlor-alkali industry in 2009, including an assessment of 2008 and 2009 data and trends.
http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00537_mercury%20losses%20report%202009.pdf
- OxyChem (o.J.) Product overview.
<http://www.oxy.com/OurBusinesses/Chemicals/Products/Pages/default.aspx>
- Peggs, I. D. (2003) Geomembrane liner durability: contributing factors and the status quo. 1st United Kingdom Geosynthetic Symposium, UK Chapter of IGS, June 2003.
http://geosynthetica.net/tech_docs/IDPigsUKpaper.pdf
- Perez, E.; Kalaw, M.; Appel, P. W. U.; Koester-Rasmussen, R. (2007) Training of Small Scale Miners and their Families in Safe Handling of Mercury During Extraction of Gold in the Philippines. Improving Access to Social Services: health services and income opportunities for Small Scale Miners and Their Families. *Danm. Grønlands Geol. Unders. Rap.* 2007/35. http://www.geus.dk/program-areas/common/geus_rep_2007-35-dk.htm
- Quicksilver Caucus (2003) Mercury commodity market review.
http://www.ecos.org/files/723_file_QSC_Market_Facts_Oct_03.pdf
- RD Magazine (2010) Potassium hydroxide, without the emissions. <http://rdmag.com/Awards/Rd-100-Awards/2010/08/Potassium-Hydroxide-Without-The-Emissions/>
- Richardson, G.M. (1997): Assessment of adult exposure and risks from components and degradation products of composite resin dental materials. In *Human and Ecological Risk Assessment*, 3 (4):683-697.
- Richardson G. M.; Wilson R.; Allard D.; Purtill C.; Douma S.; Gravière J. (2011) Mercury exposure and risks from dental amalgam in the US population, post-2000. *Sci. Total Env.*, 409, 4257-4268
- Richter-Kuhlmann, E.; Meißner, M.; Sigmund-Schultze, N.; Zylka-Menhorn, V.; (2009) Entscheidungshilfen für die Impfung. *Ärzteblatt* 106, A2180-A2182.
- SCENIHR (2008) The safety of dental amalgam and alternative dental restoration materials for patients and users. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_016.pdf
- SCHER (2008). SCHER scientific opinion on the environmental risks and indirect health effects of mercury in dental amalgam, 6 May 2008.

- SCHER (2010) Opinion on Mercury in Certain Energy-saving Light Bulbs. Adopted opinion from 18 May 2010
- SCHER (2013) Preliminary Opinion on the environmental risks and indirect health effects of mercury from dental amalgam (update).
- Schiffner, U.; Micheelis, W. (2010) Die Versorgung kariöser Defekte mit verschiedenen Füllungsmaterialien in Deutschland
- Socialstyrelsen (2012) Bisfenol A i dentala material
- Sodium Methylate Importers Association (2011) «mercury free » sodium methylate : a green alternative for biodiesel manufacturing
- Sodium-hydroxide.com (2009) Sodium hydroxide vs potassium hydroxide: a comparison too caustic? <http://sodium-hydroxide.com/sodium-hydroxide-vs-potassium-hydroxide-a-comparison-too-caustic>
- SRI Consulting (2010) Inorganic potassium chemicals. <http://www.sriconsulting.com/CEH/Public/Reports/764.3000/>
- Steinhoff, B. (2010) Stand und Chancen pflanzlicher Arzneimittel in Deutschland. BMELV-Projekttag "Stoffliche Biomassenutzung" Berlin, 15. Dezember 2010 http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/images/veranstaltungen/Stoffliche_Biomassenutzung/steinhoff10.pdf
- Sundseth, K.; Pacyna, J. M.; Pacyna, E. G.; Munthe, J.; Belhaj, M.; Astrom, S. (2010): Economic benefits from decreased mercury emissions: Projections for 2020, J. Clean. Prod. (18), 386-394
- Taixing Xiangyun Chemical Co. (2011) High quality potassium hydroxide (ion membrane potassium hydroxide) HG/T 3688-2000. <http://www.guangmingchem.com/template/p1-e.htm>
- Telmer, K. (2011) Silver Causes Huge Increase in Mercury Use in Artisanal Gold Mining. <http://artisanalgold.blogspot.com/2011/03/silver-causes-huge-increase-in-mercury.html>
- Tol, R. S. J. (2005) The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. Energy Policy 33 (2005) 2064-2074
- U.S. International Trade Commission 2008 Sodium Metal from France. http://www.usitc.gov/publications/701_731/pub4045.pdf
- UBA (2001) Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU). Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Chloralkaliindustrie. http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv/bvt_chloralkaliindustrie_vv.pdf
- UBA (2011) Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2009 und erste Schätzung 2010 im Vergleich zum Stromverbrauch. <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf>
- UBA (o.J.) Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Chloralkaliindustrie 2001 mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung. http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv/bvt_chloralkaliindustrie_vv.pdf
- Ullrich, S. A.; Ilyushchenko, M. A.; Uskov, G. A.; Tanton, T. W. (2007) Mercury distribution and transport in a contaminated river system in Kazakhstan and associated impacts on aquatic biota

- UNEP (2002) Global mercury assessment. <http://www.chem.unep.ch/mercury/report/Final%20report/final-assessment-report-25nov02.pdf>
- UNEP (2009) The global atmospheric mercury assessment: sources, emissions and transport. http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/Publications/UNEP_GlobalAtmosphericMercuryAssessment_May2009.pdf
- UNEP (2010) Technical and Economic Criteria for Processing Mercury-Containing Tailings. <http://www.unep.org/hazardoussubstances/LinkClick.aspx?fileticket=ZZA8oVEYfmM%3d&tabid=3536&language=en-US>
- UNEP/ AMAP (2013a) Global mercury assessment 2013.
- UNEP/ AMAP (2013b) Technical background report to the Global mercury assessment 2013.
- Uram, E.; Bischofer, B.; Hagemann, S. (2010) Market analysis of some mercury-containing products and their mercury-free alternatives in selected regions. GRS-Bericht 253.
- USGS (2011) Silver. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/mcs-2011-silve.pdf>
- VCI (2005) Positionen zur Chemie mit Chlor. <https://www.vci.de/Downloads/Positionen%20zur%20Chemie%20mit%20Chlor%20.doc>
- ZeroMercury (2010) Fact sheet: Mercury in skin lightening cosmetics. http://mercurypolicy.org/wp-content/uploads/2010/06/skincreamhgfactsheet_may31_final.pdf