

Strategien für die Rückgewinnung seltener Metalle - Ergebnisse eines Workshops mit ExpertInnen



Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

23.12.2011

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft.

Autor/Autorin: Patrick Wäger, Rolf Widmer und Esther Müller

Begleitung BAFU: Michael Hügi, Isabelle Baudin.

Titelfotos: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gallium>

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Dieser Bericht ist wie folgt zu zitieren: Wäger, P., Widmer R. und Müller E. (2011) Strategien für die Rückgewinnung seltener Metalle – Ergebnisse eines Workshops mit Expertinnen. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Zusammenfassung

Anlässlich eines ExpertInnen-Workshops, welcher im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) durchgeführt wurde, wurden folgende drei Fragen zur Rückgewinnung von seltenen Metallen aus End-of-Life-Produkten diskutiert:

- Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?
- Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen (zu berücksichtigende Abfälle bzw. Produkte, beteiligte Akteure, Sammellogistik, Aufbereitungs- und Recyclingverfahren, institutionelle Rahmenbedingungen,...)?
- Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?

Bezüglich der innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückzugewinnenden seltenen Metalle wurde folgende Prioritätenrangfolge aufgestellt: 1. Seltenerdelemente (Neodym und andere), 2. Indium und Gallium, 3. Edelmetalle (Platinmetalle, Gold, Silber), 4. Tantal, 5. Kobalt, 6. Lithium und 7. Antimon. Gemäss den ExpertInnen ist eine Rückgewinnung für die ersten drei Metalle bzw. Metallfamilien (Seltenerdelemente, Indium und Gallium, Edelmetalle) prioritär zu verfolgen.

Als Ziel einer zukünftigen Rückgewinnung der identifizierten seltenen Metalle wurde für das Jahr 2020 insbesondere die Schliessung von Stoffkreisläufen zur Schonung von Primärressourcen für zukünftige Generationen, zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und zur Vermeidung von Verlusten durch Dissipation ('Zero-Loss'-Strategie) genannt. Auf der Grundlage der Aussagen der Experten wurde im Anschluss an den Workshop die Situation im Jahr 2020 bezüglich der drei Ebenen 'Wissensgrundlage', 'Interventionen entlang des Lebenszyklus' sowie 'institutioneller Rahmen' beschrieben. Die anlässlich des Workshops von den ExpertInnen vorgeschlagenen Massnahmen hin zu einem nachhaltigeren Umgang mit seltenen Metallen den drei Ebenen zugeordnet.

Angesichts der Komplexität des Themas, der unterschiedlichen Hintergründe der ExpertInnen sowie der zeitlichen Beschränkung des Workshops können diese Antworten nur als vorläufig betrachtet werden. Im Hinblick auf eine weitergehende, auf Inkonsistenzen überprüfte Beantwortung der Leitfragen 2 und 3 wurden die Inputs der ExpertInnen deshalb am Beispiel der identifizierten, prioritär zu untersuchenden Metallfamilien (Seltenerdelemente, Indium und Gallium, Edelmetalle) mit Hilfe der Methode des "Logical Framework" Zielen, Indikatoren, Aktivitäten und Annahmen zugeordnet. Dabei zeigte sich, dass sich ihre Aussagen stark auf konkrete Ergebnisse mit den zugehörigen Indikatoren und Aktivitäten ausrichteten. Aussagen auf höheren Zielebenen wurden eher gemieden und müssten unbedingt weiter entwickelt und konkretisiert werden. Die im Ansatz entwickelten Roadmaps zur Umsetzung der Massnahmen (zu je einem Metall bzw. einer Metallfamilie arbeitete je eine Gruppe) unterschieden sich in ihrem Fokus: einmal stand der Zeitplan, ein anderes Mal die Anpassung der Technologie und schliesslich auch die Anpassung der Institutionen und deren Policies im Vordergrund. Dies sollte unbedingt in einer Fortsetzung dieses Workshops zusammengeführt werden.

Résumé

Les trois questions suivantes, portant sur la récupération des métaux rares dans les produits usagés, ont été discutées lors d'un atelier d'experts organisé à la demande de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV):

- Quels métaux (ou familles de métaux) rares devraient être davantage récupérés en Suisse à l'avenir?
- Comment leur récupération future pourrait-elle se présenter (déchets ou produits à prendre en considération, protagonistes, logistiques de collecte, procédés de traitement et de recyclage, conditions-cadre institutionnelles, etc.)?
- Quelles mesures faudrait-il prendre pour y parvenir en tenant compte du contexte suisse actuel et des conflits éventuels entre les différents objectifs?

Les métaux rares à récupérer davantage en Suisse ont été hiérarchisés comme suit: 1/ terres rares (néodyme et autres), 2/ indium et gallium, 3/ métaux nobles (platinoïdes, or, argent), 4/ tantale, 5/ cobalt, 6/ lithium et 7/ antimoine. D'après les spécialistes, il faut extraire en priorité les trois premiers groupes (terres rares, indium et gallium, métaux nobles).

La récupération de ces métaux rares a pour but, à l'horizon 2020, de fermer les cycles de matières afin de ménager les ressources primaires dans l'intérêt des générations futures, de garantir la sécurité de l'approvisionnement et d'éviter les pertes dues à l'éparpillement (stratégie de perte zéro). Suite à l'atelier, la situation qui doit prévaloir en 2020 dans les domaines « socle de connaissances », « interventions tout au long du cycle de vie » et « cadre institutionnel » a été décrite sur la base des avis des spécialistes. Les mesures proposées lors de l'atelier, destinées à gérer les métaux rares dans une perspective plus durable, ont été attribuées à l'un de ces trois domaines.

Les réponses aux trois questions posées ne pouvaient être que provisoires vu la complexité du sujet, les différents profils des spécialistes et le temps limité à disposition lors de l'atelier. Les propositions qu'ils ont formulées ont donc été assorties d'objectifs, indicateurs, activités et hypothèses en appliquant la méthode dite « du cadre logique » aux familles de métaux jugées prioritaires (terres rares, indium et gallium, métaux nobles) en prélude à l'examen plus approfondi des deuxième et troisième questions. Il s'est révélé que leurs opinions dépendaient étroitement des résultats obtenus avec les divers indicateurs et activités. Ils se sont peu exprimés au sujet des objectifs de niveau supérieur. Il faudrait développer et concrétiser ce point. Les feuilles de route établies au départ visant à mettre en œuvre des mesures concrètes (un groupe d'étude par métal ou groupe de métaux) différaient par leur orientation: l'accent portait soit sur le calendrier, soit sur l'ajustement de la technologie, soit sur l'adaptation des institutions et de leur politique. Les conclusions de ces travaux devraient impérativement être consignées dans le prolongement de l'atelier.

Riassunto

Nel corso di un seminario tenutosi per conto dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), esperti del settore hanno discusso tre questioni concernenti il recupero di metalli rari da prodotti a fine vita.

- Per quali metalli rari (o famiglie di metalli) si dovrebbe incentivare in futuro il recupero in Svizzera?
- Come potrebbe essere organizzato in futuro il recupero di questi metalli rari o di queste famiglie di metalli (rifiuti o prodotti da prendere in considerazione, attori interessati, logistica di raccolta, metodi di trattamento e di riciclaggio, condizioni quadro istituzionali, ...)?
- Partendo dalla situazione esistente in Svizzera e tenendo conto dei possibili conflitti d'interesse, quali provvedimenti dovrebbero essere adottati per organizzare tale recupero?

Per la futura incentivazione del recupero dei metalli rari in Svizzera è stato proposto il seguente ordine di priorità: 1. terre rare (neodimio e altre), 2. indio e gallio, 3. metalli preziosi (metalli di platino, oro, argento), 4. tantalio, 5. cobalto, 6. litio e 7. antimonio. Gli esperti sono dell'avviso che il recupero dei primi tre metalli o famiglie di metalli (terre rare, indio e gallio, metalli preziosi) vada perseguito in via prioritaria.

Per il 2020, l'obiettivo principale del recupero dei metalli rari identificati è stato individuato nella chiusura dei cicli delle sostanze volta a proteggere le risorse primarie per le future generazioni, a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento e a prevenire perdite da dispersione nei prodotti (strategia «zero-loss»). In seguito a quanto affermato dagli esperti, al termine del seminario la situazione prevista per l'anno 2020 è stata descritta a tre livelli «fondamenti della conoscenza», «interventi nel corso del ciclo di vita» e «quadro istituzionale», secondo cui sono stati classificati i provvedimenti proposti dagli esperti in occasione del seminario per una gestione più sostenibile dei metalli rari.

Tenuto conto della complessità del tema, della diversa formazione degli esperti e dei tempi ristretti del seminario, queste risposte possono essere considerate solo come provvisorie. Per ottenere risposte approfondite e coerenti alla seconda e alla terza domanda, i suggerimenti degli esperti sono stati suddivisi con l'ausilio del metodo «logical framework» secondo gli obiettivi, gli indicatori, le attività e le opinioni, seguendo l'esempio della procedura adottata per identificare le famiglie di metalli da esaminare in via prioritaria (terre rare, indio e gallio, metalli preziosi). A questo proposito è emerso che le considerazioni degli esperti erano fortemente orientate ai risultati concreti con gli indicatori e le attività corrispondenti. In genere gli esperti hanno evitato considerazioni di carattere più generale che avrebbero richiesto inevitabilmente approfondimenti supplementari e concretizzazioni. Le linee direttrici sviluppate nell'ambito dell'approccio adottato e volte a dare attuazione ai provvedimenti (di ogni metallo o famiglia di metalli si è occupato un gruppo di lavoro) si sono distinte per la priorità scelta: l'accento è stato posto sul calendario, oppure sulla modifica della tecnologia o ancora sull'adeguamento delle istituzioni e delle loro politiche. Appare assolutamente necessario riprendere e approfondire gli argomenti trattati in un successivo seminario.

Summary

In an expert workshop commissioned by the Federal Office of the Environment, the following three issues relating to the recovery of (geochemically) scarce metals from end-of-life products were discussed:

- On which scarce metals (or families of metals) should Switzerland concentrate its recovery efforts in the future?
- What form could the future recovery of these scarce metals or families of metals take (e.g. waste and products to be considered, participants, collection logistics, processing and recycling processes, institutional framework)?
- What measures would need to be implemented to achieve this, based on the existing situation in Switzerland and taking into account possible conflicts of objectives?

The following priority list has been set up for the scarce metals which are to be recovered in Switzerland in the future: 1. rare earths (neodymium and others) 2. indium and gallium 3. precious metals (platinoids, gold, silver) 4. tantalum 5. cobalt 6. lithium and 7. antimony. The experts suggest that priority must be given to recovery of the first three metals or metal families (rare earths, indium and gallium, noble metals).

Objectives for future recovery programmes for the specified scarce metals include for the year 2020 in particular the completion of material cycles in order to conserve primary resources for future generations, to ensure security of supply and to avoid losses through dissipation (known as "zero-loss strategy"). On the basis of the conclusions reached by the experts, the situation in the year 2020 was described subsequent to the workshop according to the three levels of 'knowledge base', 'interventions throughout the life-cycle' and 'institutional framework'. The measures proposed by the experts in the workshops, aimed at creating a more sustainable treatment of scarce metals, were assigned to these three levels.

Because of the complexity of the topic, the different backgrounds of the experts and the time restrictions of the workshop, these solutions can only be considered provisional. To obtain a more detailed and consistent solution to the problems considered above under points 2 and 3, the inputs of the experts were allocated to objectives, indicators, activities and assumptions, using the examples of the specified, priority families of metals (rare earth elements, indium and gallium, noble metals) and the method of the "Logical Framework". This process revealed that their conclusions were strongly oriented to concrete results with the relevant indicators and activities. Conclusions for higher levels of objectives were avoided and must now be further developed and realized as a matter of priority. The partially developed roadmaps for the implementation of the measures (one group worked with each metal or family of metals) each had a different focus: it was in one case the timetable, in another case the adaptation of the technology and finally the adaptation of the institutions and their policies that was emphasized. This needs to be consolidated in a continuation of this workshop.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Résumé	ii
Riassunto	iii
Summary	iv
Inhaltsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?	2
3 Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen?	3
3.1 Wissensgrundlage	3
3.2 Interventionen entlang des Lebenszyklus.....	3
3.3 Institutioneller Rahmen	3
4 Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?	4
4.1 Wissensgrundlage	4
4.2 Interventionen.....	4
4.3 Institutioneller Rahmen	4
4.4 Zielkonflikte.....	4
5 Integration der Workshop-Inputs in ein "Logical Framework"	5
6 Folgerungen und Ausblick	7
7 Literatur	8

1 Einleitung

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) hat die Empa am 31. August 2011 einen Workshop mit ExpertInnen durchgeführt, an dem die folgenden drei Fragen zur Rückgewinnung von seltenen Metallen¹ aus End-of-Life-Produkten diskutiert wurden:

- Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?
- Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen (zu berücksichtigende Abfälle bzw. Produkte, beteiligte Akteure, Sammellogistik, Aufbereitungs- und Recyclingverfahren, institutionelle Rahmenbedingungen,...)?
- Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?

Die Ergebnisse des Workshops wurden in einem ausführlichen Protokoll dokumentiert (s. Anhang 1). Der hier vorliegende Schlussbericht fasst die aus dem Workshop ableitbaren Antworten zu den drei Leitfragen zusammen und geht einen ersten Schritt in Richtung Integration der Resultate in einen umfassenden konzeptuellen Rahmen, welcher einen Transformation hin zu einem nachhaltigeren Umgang mit seltenen Metallen wesentlich unterstützen könnte.

¹ als (geochemisch) "selten" werden Metalle bezeichnet, deren durchschnittliche Konzentration in der Erdkruste weniger als 0.01 Gewichts-% beträgt (Wäger et al., 2011).

2 Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?

Anlässlich des Workshops wurde von den ExpertInnen die folgende Prioritätenrangfolge hinsichtlich einer Rückgewinnung von seltenen Metallen bzw. Metallfamilien aufgestellt:

1. Seltenerdelemente (Neodym und andere)
2. Indium und Gallium
3. Edelmetalle (Platinmetalle, Gold, Silber)
4. Tantal
5. Kobalt
6. Lithium
7. Antimon

Die Priorisierung der Metalle erfolgte auf der Grundlage des impliziten Wissens der am Workshop beteiligten ExpertInnen. Die von den ExpertInnen angegebenen, zur Auswahl der Metalle bzw. Metallfamilien herangezogenen Kriterien sind nachfolgend aufgeführt, gruppiert nach Faktoren, welche gemäss (Wäger et al. 2011) die Versorgung mit seltenen Metallen bestimmen:

- Geologische Faktoren: Relevante Menge an EOL-Material, relevante Konzentrationen von seltenen Metallen, Lokalisierbarkeit der seltenen Metalle.
- Technologische Faktoren: Chemische und metallurgische Eigenschaften, Vorhandensein von Recyclingverfahren.
- Geopolitische Faktoren: Versorgungssicherheit.
- Ökonomische Faktoren: Zukunftstechnologien; Vorhandensein von Markt; Anzahl Anwendungen; zukünftige Nachfrage; volkswirtschaftlichen Relevanz; Rentabilität (=f(mittelfristige Preisentwicklung) und f(künftiges physisches Aufkommen)), Kritikalität, Realisierbarkeit.
- Ökologische Faktoren: Umweltimpact, ökologische Vor- bzw. Nachteile (Primär- und Sekundärproduktion)
- Soziale Faktoren: Sozialer Impact (z.B. Coltan: Dodd Frank Act).

3 Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen?

Als Ziel für das Jahr 2020 wurde insbesondere die Schliessung von Stoffkreisläufen zur Schonung von Primärressourcen für zukünftige Generationen, zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und zur Vermeidung von Verlusten durch Dissipation ('Zero-Loss'-Strategie) genannt. Auch soziale Aspekte seien mit zu berücksichtigen. Im Folgenden wird auf der Grundlage der Aussagen der Experten die Situation im Jahr 2020 bezüglich der drei Ebenen 'Wissensgrundlage', 'Interventionen entlang des Lebenszyklus' sowie 'institutioneller Rahmen' (s. auch Wäger et al., 2011) beschrieben.

3.1 Wissensgrundlage

Die relevanten Akteure wurden ausgebildet, inter- und transdisziplinär zu denken und systemische Zusammenhänge zu erfassen. Die Bandbreite des Wissens im Bereich Geologie, Technologie und Umwelt ist hoch.

Die relevanten anthropogenen Stoffströme und -lager werden systematisch erfasst, und bezüglich möglicher zukünftige Entwicklungen werden regelmässig Simulationen mit teilvalidierten Simulationsmodellen durchgeführt. Es besteht Transparenz entlang der gesamten Recyclingkette, und die Daten sind in einer (public?) Datenbank erfasst.

Indikatoren ermöglichen eine genaue Verfolgung der Entwicklungen und Beurteilung der Erreichung von Zielvorgaben. Die umfassende Datengrundlage ermöglicht es, die relevanten Entscheidungsträger sowohl zu informieren als auch sie zu trainieren.

3.2 Interventionen entlang des Lebenszyklus

Die Effizienz des Recyclings ist gegenüber 2011 deutlich erhöht worden. Dies wurde u.a. dadurch erreicht, dass ausgeklügelte Sammelsysteme im Inland installiert wurden, bestimmte Baugruppen vor der maschinellen Aufbereitung von EoL Geräten im Inland manuell ausgebaut werden, und die Rückgewinnung der Metalle aus Komponenten und Fraktionen aus der Aufbereitung in wenigen, zentrale Anlagen in Europa stattfindet.

3.3 Institutioneller Rahmen

Die installierten und von Gesetzgebern unterstützten Systeme orientieren sich an einem systemischen Ansatz von der Quelle bis zur Rückgewinnung, ausgehend von den Anfang des 21. Jahrhunderts aufgebauten Sammelsysteme u.a. für WEEE. Für diese wurden in der Folge Ressourcenstrategien entwickelt, mit denen überhaupt erst der Anreiz für die Rückgewinnung seltener Metalle geschaffen wurde. Ferner wurden zur Förderung der Rückgewinnung seltener Metalle auch neue Spielregeln analog den in der RoHS für Schadstoffe festgelegten Vorschriften definiert.

4 Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?

Nachfolgend werden die anlässlich des Workshops von den ExpertInnen vorgeschlagenen Massnahmen hin zu einem nachhaltigeren Umgang mit seltenen Metallen den in Abschnitt 3 eingeführten drei Ebenen 'Wissen', 'Interventionen entlang des Lebenszyklus' und 'Institutioneller Rahmen' zugeordnet.

4.1 Wissensgrundlage

Überlegungen hin zu einer verstärkten Rückgewinnung seltener Metalle erfordern grundsätzlich Wissen über den damit verbundenen ökologischen und ökonomischen Aufwand bzw. Gewinn. Insbesondere sollte dazu auch das Wissen über heutige/künftige anthropogene Lager und die damit verbundenen Flüsse vertieft werden.

4.2 Interventionen

Eine ökonomische und ökologische Optimierung des Lebenszyklus von seltenen Metallen erfordert Massnahmen in allen Lebensabschnitten eines seltenen Metalls: Angefangen bei der Förderung eines 'saubereren' Bergbaus, der Berücksichtigung von Abraumhalden bestehender oder alter Minen, über ein 'Design for Disassembly' bei der Produktion, die Prüfung der Einrichtung von Zwischenlagern, Massnahmen bei der Sortierung, der Zerlegung und den Rückgewinnungsverfahren (einschliesslich der metallurgischen Grundlagenforschung und dem Seitenstrom-Management) metallurgischen Verfahren bis hin zur Bereitstellung von Labels für saubere Metalle. Nicht zuletzt erfordert dies eine gute Integration der Akteure der Recyclingkette. Insbesondere sollten technologische Entwicklungen den raschen Wandel bei Neugeräten berücksichtigen.

4.3 Institutioneller Rahmen

Im Hinblick auf eine verstärkte Rückgewinnung von seltenen Metallen sind geeignete Geschäftsmodelle auf der Ebene der Rücknahmesysteme zu entwickeln, sowie auf der Grundlage einer volkswirtschaftlichen Vollkostenrechnung entsprechende Anreize zu schaffen. U.a. stellt sich die Frage, welche gesetzgeberischen Massnahmen eher auf nationaler und welche eher auf europäischer Ebene erforderlich sind.

4.4 Zielkonflikte

Das zweite thermodynamische Gesetz sowie Lock-In-Effekte führen dazu, dass bestimmte Metalle verloren werden. Da die Rettung eines Metalls oder einer Metallfamilie den Verlust eines anderen Metalls bzw. einer anderen Metallfamilie nach sich ziehen kann (s. Reuter et al., 2005), wird die Gesellschaft sich die Frage stellen müssen, welche Metalle sie unbedingt zurückgewinnen will, vor allem aber auch, bei welchen sie einen Verlust in Kauf nehmen will.

5 Integration der Workshop-Inputs in ein "Logical Framework"

Auf der Grundlage der Inputs der ExpertInnen lassen sich erste Antworten auf die dem Workshop vorangestellten Leitfragen geben. Angesichts der Komplexität des Themas, der unterschiedlichen Hintergründe der ExpertInnen sowie der zeitlichen Beschränkung des Workshops können diese jedoch nur als vorläufig betrachtet zu werden.

Im Hinblick auf eine fundierte und umfassende, auf Inkonsistenzen überprüfte Beantwortung der Leitfragen 2 und 3 wurden die Inputs der ExpertInnen für die identifizierten, prioritär zu untersuchenden Metallfamilien (Seltenerdelemente, Indium und Gallium, Edelmetalle) mit Hilfe der Methode des "Logical Framework" (Log-Frame (LF), s. Anhang 2) systematisch "Zielen"² für einen zukünftigen, nachhaltigen Umgang mit Metallen, "Indikatoren" die deren Erreichen messbar machen, "Annahmen", welche das relevante Umfeld der angestrebten Neuerung charakterisieren, sowie "Aktivitäten", mit denen die konkreten und notwendigen Resultate erreicht werden und welche die dazu erforderlichen Ressourcen definieren, zugeordnet.

Insbesondere sollten damit die wichtigsten offenen Punkte identifiziert werden und der Anstoss für eine weitergehende, systemische Beantwortung der Fragestellung gegeben werden. Eine abschliessende Analyse war dabei weder geplant noch möglich, entsprechend sind die Ergebnisse der Anwendung der Methode des Logical Frameworks im Anhang 3 noch vorläufig und unvollständig.

Wichtige Erkenntnisse aus der Anwendung der LogFrame-Methode sind:

- wie erhofft deckt die Methode Lücken und Inkonsistenzen aber auch Kongruenzen und Wiederholungen in den verschiedenen Expertenaussagen auf. Beispielsweise konnten für alle ausgewählten Metalle/Metallfamilie dieselben Ergebnisse formuliert werden:
 1. aktuelle Fakten sind bekannt
 2. Rechtlicher Rahmen in Kraft
 3. Anreizsysteme funktionieren
 4. Finanzierung ist geregelt
 5. Verarbeitungsketten sind angepasst (Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung, Zwischenlager, ...)
- Es war häufig nicht ersichtlich, ob Aussagen Ziele, Indikatoren oder Aktivitäten meinten. Auch war die Zielebene oft unklar. Im Kontext der gestellten Aufgaben des Workshops interpretierten wir die Zielebene eher als "Ergebnisse" (output) d.h. die 'unterste' Zielebene. In diesem Sinne war der Workshop für konkrete Ergebnisse messbare Indikatoren und dafür nötige Aktivitäten ergiebig; mögliche Risiken (Annahmen) z.B. Zielkonflikte für die Zielerreichung wurden weniger diskutiert.

² Ziele werden hierarchisch für drei Ebenen formuliert: zuoberst Entwicklungsziele (Auswirkungen auf das Umfeld) dann Projektziele (Folgen für die unmittelbare Projektumgebung) und zuunterst Projektergebnisse (konkrete Ergebnisse)

- Ebenso sind die Oberziele (impacts) in diesem Workshop eher unberücksichtigt geblieben; auch das ist möglicherweise ein Resultat der gestellten Aufgabe und der Gruppenzusammensetzung. Speziell hier müsste eine weiterführende Entwicklung einer Strategie zu klaren Aussagen gelangen.
- die Gruppen haben unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, wie die Massnahmen zur Umsetzung konkretisiert werden sollten (Vorgabe war eine Roadmap): 1) einen konkreten Zeitplan (bis 2013, bis 2015, ...), 2) konkrete Verbesserungen der Prozesskette (technology) (Herstellung, Sammlung, Sortierung/Zerlegung, Aufbereitung und übergeordnet Integration) 3) konkrete Verbesserungen in Systemfunktionen (institutions / policies). Ein Vielversprechender Ansatz wäre diese Schwerpunkte zu verbinden (merge)
- Einige Elemente tauchten öfter auf (Primär vs. Sekundärproduktion, Zwischenlager, neue Finanzierungsmodelle, Rahmenbedingungen 'gleichlange Spiesse', ...). Es wurde diskutiert, inwiefern solche z.T. wesentliche Systemveränderungen, mit Simulationstechniken virtuell durchgespielt werden können, bevor man damit in den realen Markt eintritt. Dies wäre eine längerfristige Aufgabe: existierende Methoden wie z.B. die Ökobilanzierung für kritische Metalle so weiter entwickeln, dass wichtige Aspekte wie Systemdynamik (z.B. durch Anwendung von System Dynamics (SD)- als Top-down Ansatz) sowie Unvorhersehbares (z.B. durch Anwendung von Agentenbasierter Modellierung(ABM) als Bottom-up Ansatz).

6 Folgerungen und Ausblick

Auf der Grundlage der Inputs der ExpertInnen konnten erste Antworten auf die dem Workshop vorangestellten Leitfragen gegeben werden. Insbesondere wurden 3 Familien seltener Metalle identifiziert, für welche die Rückgewinnung vorrangig weiterverfolgt werden sollte: Die Seltenerdelemente, Indium und Gallium sowie die Edelmetalle.

Angesichts der Komplexität des Themas, der unterschiedlichen Hintergründe der ExpertInnen sowie der zeitlichen Beschränkung des Workshops können diese Antworten nur als vorläufig betrachtet werden. Im Hinblick auf eine weitergehende, auf Inkonsistenzen überprüfte Beantwortung der Leitfragen 2 und 3 wurden die Inputs der ExpertInnen deshalb am Beispiel der identifizierten, prioritär zu untersuchenden Metallfamilien (Seltenerdelemente, Indium und Gallium, Edelmetalle) mit Hilfe der Methode des "Logical Framework" Zielen, Indikatoren, Aktivitäten und Annahmen zugeordnet. Dabei zeigte sich, dass sich ihre Aussagen stark auf konkrete Ergebnisse mit den zugehörigen Indikatoren und Aktivitäten ausrichteten. Aussagen auf höheren Ziel-ebenen wurden eher gemieden und müssten unbedingt weiter entwickelt und konkretisiert werden. Die im Ansatz entwickelten Roadmaps zur Umsetzung der Massnahmen (zu je einem Metall bzw. einer Metallfamilie arbeitete je eine Gruppe) unterschieden sich in ihrem Fokus: einmal stand der Zeitplan, ein anderes Mal die Anpassung der Technologie und schliesslich auch die Anpassung der Institutionen und deren Policies im Vordergrund. Dies sollte unbedingt in einer Fortsetzung dieses Workshops zusammengeführt werden.

Die Anwendung der Methode des Logical Framework auf Ergebnisse des Workshops kann nur ein erster, unvollständiger Schritt hin zu einer umfassenden Beantwortung der gestellten Leitfragen und damit einer Strategie für einen nachhaltigeren Umgang mit seltenen Metallen in der Schweiz sein. Ein möglicher nächster Schritt könnte darin bestehen, die Anwendung des Logical Frameworks u.a. durch Einbezug der Ergebnisse des Berichtes "Scarce technology metals - applications, criticalities and intervention options" (Wäger et al. 2011) sowie weiterer relevanter Akteure unter Aufsicht des BAFU zu komplettieren und die in diesem Prozess gewonnenen Erkenntnisse für die Implementierung von Ansätzen für einen nachhaltigeren Umgang mit seltenen Metallen in der Schweiz zu nutzen.

7 Literatur

- Reuter, M. A., K. Heiskanen, U. M. J. Boin, A. van Schaik, E. Verhoef, Y. Yang, and G. Georgalli. 2005. The Metrics of Material and Metal Ecology. Harmonizing the resource, technology and environmental cycles. Elsevier BV, Amsterdam.
- Wäger, P. , Widmer R. und Stamp A. (2011) Scarce technology metals – applications, criticalities and intervention options. Federal Office for the Environment, Bern.

Anhang

Anhang 1

Protokoll des Workshops 'Strategien für die Rückgewinnung seltener Metalle'

Das vorliegende Protokoll fasst die Ergebnisse des Workshops 'Strategien für die Rückgewinnung seltener Metalle' zusammen, welcher am 31. August 2011 von 10.30 h bis 16.30 h unter Beteiligung eingeladener Experten und Expertinnen an der Empa Dübendorf stattgefunden hat. Das Protokoll orientiert sich am Ablauf des Workshops und beinhaltet im Wesentlichen eine Zusammenstellung der anlässlich des Workshops gemachten Statements der ExpertInnen. In einem nächsten Schritt wird auf der Grundlage des Protokolls ein Bericht z.H. des BAFU erstellt werden.

Der Workshop orientierte sich an folgenden drei Leitfragen:

- Leitfrage 1 (LF1): Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?
- Leitfrage 2 (LF2): Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen (zu berücksichtigende Abfälle bzw. Produkte, beteiligte Akteure, Sammellogistik, Aufbereitungs- und Recyclingverfahren, institutionelle Rahmenbedingungen,...)?
- Leitfrage 3 (LF3): Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?

Folgende ExpertInnen nahmen am Workshop teil:

TeilnehmerIn	Institution
Baudin, Isabelle	Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Abfall, Stoffe, Biotechnologie Worblentalstrasse 68, CH-3063 Ittigen
Böni, Heinz	Empa, Technology & Society Lab, Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St. Gallen
Bunge, Rainer	UMTEC, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Hagelücken, Christian	Umicore AG & Co. KG, Precious Metals Refining, D-63403 Hanau Wolfgang
Hofer, Peter	Empa, Mobility, Energy and Environment, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
Hügi, Michael	Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Abfall, Stoffe, Biotechnologie Worblentalstrasse 68, CH-3063 Ittigen
Kündig, Rainer	Schweizerische Geotechnische Kommission, c/o ETH Zürich, NO F 35, Sonneggstrasse 5, CH-8092 Zürich
Müller, Esther	Empa, Technology & Society Lab, Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St. Gallen
Savi, Daniel	Büro für Umweltchemie, Schaffhauserstrasse 21, CH-8006 Zürich
Wäger, Patrick	Empa, Technology & Society Lab, Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St. Gallen
Widmer, Rolf	Empa, Technology & Society Lab, Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St. Gallen
Wittmer, Dominic	Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy Material Flows and Resource Management Döppersberg 19, D-42103 Wuppertal

1. Begrüssung und Einführungsreferat

Im Rahmen eines Einführungsreferats durch die Organisatoren des Workshops wurde der Kontext des Workshops (Was sind seltene Metalle und wo kommen sie vor? Welche seltenen Metalle sind als besonders kritisch einzustufen? Wie geht die schweizerische Abfall- bzw. Ressourcenwirtschaft heute mit ihnen um?), der Ablauf des Workshops sowie das geplante weitere Vorgehen vorgestellt. 3 vorgesehene TeilnehmerInnen konnten kurzfristig nicht am Workshop teilnehmen.

2. Inputs der Workshop-Teilnehmer (eigene Thesen, Einsichten, Positionen) zum Thema bzw. den 3 Leitfragen in Form von Statements

Christian Hagelücken:

- LF1:
 - Edelmetalle: hoher Anreiz zur Rückgewinnung vorhanden, Trägermaterialien
 - Kobalt: Trägermaterial von Lithium und REE, interessant im Zusammenhang mit Elektromobilität
 - REE: Schwierige Recyclinganforderungen, vielseitige Anwendung
 - Indium: Repräsentant für funktionell beschichtete Oberflächen, wird in Zukunft eine grosse Rolle spielen, schwierige Recyclinganforderungen
- LF2:
 - Massenprodukte sind relevant: Elektronik, Akkus, Alautos (später dann Kombination aus allem)
 - Systemische Optimierung: 'Klasse statt Masse': keine Gewichtsquoten mehr
 - Transparenz der Stoffströme, verbesserte Datenlage
- LF3:
 - Massnahmen für Produktesysteme wo technische Lösung bereits vorhanden ist: Anreize schaffen für mehr Material im System (e.g. Sammellogistik verbessern), hochwertige Technologien anwenden
 - Massnahmen für Systeme ohne technische Lösungen: Ökonomische Anreize schaffen, verfahrenstechnische Entwicklungen, Zwischendepots anlegen

Dominic Wittmer:

- LF1:
 - Auswahl an Metallen beruht auf einem Mix von Rentabilität, Kritikalität und Realisierbarkeit. Zu allen Kriterien sind Informationen notwendig, wie z.B. mittel-/ langfristige Preisentwicklung, zukünftige Technologieentwicklungen und aufkommen von Produkten.
 - Silber (auch Gold und Platinmetalle)
 - Indium (ev. wäre Gallium vorzuziehen): Flachbildschirme und Photovoltaik-Module
- LF2:
 - Wertschöpfungskette soweit wie möglich in der Schweiz behalten -> wie weit kann das gehen?
 - Beitrag zur Versorgungssicherheit
- LF3:
 - Der reine Markt wird es nicht richten: Ein Regulator ist gefragt.
 - Vergesellschaftungen wie bei Primärressourcen beachten
 - Nicht nur Produktgruppen betrachten, sondern auch berücksichtigen, was Smelter verarbeiten können

Rainer Bunge:

- LF1: Kriterien für die Auswahl der Metalle:
 - Ökologischer Impact
 - Ökonomische Relevanz
 - Signifikante Mengen (jetzt und in Zukunft)
 - Technische Rückgewinnbarkeit: gleiche Hauptgruppen, ähnliche chem. Eigenschaften

- Vergleich Impact/Kosten Primärressourcen: Recycling nicht um jeden Preis
- LF2: – Forschungsprojekte sind möglicherweise sinnvoll
- Disperse Materialien könnten in Zwischenlagern zusammengehalten werden
- Ev. wäre es besser, Geld in saubere Primärproduktion zu investieren. Momentan wird der Marktpreis vom 'dreckigsten' Produzenten vorgegeben
- LF3: – Markt soll entscheiden
- Produzenten von Elektronikgütern sollten verpflichtet werden, nur noch 'saubere' Metalle zu verwenden (Zertifizierung für Metalle analog zu Fairtrade, FSC etc.)

Daniel Savi:

- LF1: – Reservediskussion: Auch an Abraumhalden denken: Informationen im -akademischen Bereich sind nur sehr spärlich vorhanden
- Antimon: Stahlbau, Grundbaustoff
- Indium: Anwendung in Monitoren und Photovoltaik
- REE
- LF2: – Technologiewandel in der EEE-Produktion sehr rasch: Recyclingtechnologien anpassen ist schwierig
- Kleine Mengen an Materialien und grosse Anlagen notwendig: grosse Betriebe sind erforderlich welche notwendige Investitionen machen können
- Frage, wie lange man bestimmten Material kriegt (z.B. Flachbildschirme)
- LF3: – Zukünftige Rückgewinnung kann nur zentral geschehen (europäisch) -> Logistik ist sehr wichtig,
- ev. dezentrale Vorsortierung in der Schweiz mit Sensortechnologie, Auseinandernehmen von Panels (mechanisch oder manuell)

Peter Hofer:

Knappheit der Materialien muss berücksichtigt werden:

- CIGS-Weltrekord an der Empa
- Verbrennungsmotoren
- Elektromobilität
- Substitution

Entwicklung geht in Richtung Mobilität und Vernetzung

Rainer Kündig:

Geologe, leitet die Schweizerische Geotechnische Kommission: Angewandte Mineralogie, über Tätigkeitsfeld hinauszudenken

- LF1: – Wichtig sind die zukünftige Nachfrage und Entwicklungen in anderen Ländern (z.B. China: Wechsel von Fahrrad zu Autos als Fahrzeuge)
- Kobalt
- LF2: – Analogien zwischen Bergbau und Deponien bzw. anthropogenen Lager müssen gemacht werden
- Mineralischer Anteil von KVA-Schlacken können/sollen auch wiederverwertet werden, z.B. in Zementindustrie, zusammen mit Klinker
- LF3: Akademischer Ansatz:
- Daten müssen transparent sein,
- Monitorsysteme, auch zugänglich für Entscheidungsträger
- Nicht nur lukrative Materialien betrachten

Michael Hügi:

- LF1: - Neodym , Europium (Glas)
- Indium: Zinkabbau verursacht grosse Umweltbelastungen
- Platinmetalle: Rhodium, Schmuck
- Tantal: Sozialer Aspekt
- LF2: - Abfallpolitik ändert sich: bisher ging es um das Verhindern von Emissionen, neu stehen Ressourcenschonung und die Schliessung von Stoffkreisläufen im Vordergrund
- Hebel sollte bereits auf Produkteebene angesetzt werden, um das spätere Recycling zu erleichtern
- Recycling nur dann einsetzen, wenn es einen ökologischen, ökonomischen und sozialen Gewinn gibt
- Darauf konzentrieren, wo Systeme (Sammlung etc.) bereits vorhanden sind
- Versorgungssicherheit seltener Metalle soll gewährleistet sein
- Auch soziale Aspekte: Coltanabbau (Tantal/Niob) in Afrika finanziert Bürgerkrieg (analog zu Diamanten)

Isabelle Baudin:

Wichtig für das BAFU ist es, genügend Informationen zu haben um genügend Druck auf die Politiker machen zu können

Informationen über Umweltauswirkungen von Recycling und Primärextraktion, Kosten etc. sind notwendig

Heinz Böni:

- LF1: - Wichtig: Sich zuerst bewusst werden, was es für Informationen braucht um diese Frage zu beantworten
- Kriterien, Entscheidungsgrundlagen
- Indium: funktional aufgetragen auf grossen Flächen, klar lokalisierbar, interessante Mengen
- LF2/ - Ressourceneffizienz erhöhen, Wie kann man heutiges System optimieren, um Stoffe, die bereits zurückgewonnen werden, noch besser zurückzugewinnen?
- LF3: - Zwischenlagerung, z.B. für Flachbildschirme, um kritische Mengen zu bekommen
- Systemischer Ansatz, nicht nur lokal sondern auch global
- Markt allein reicht nicht aus, es braucht regulierende Massnahmen, Wert von seltenen Metallen ist teilweise zu tief für Rückgewinnung Regulierung analog zu toxischen Stoffen
- Recyclingsysteme besitzen grosse Rohstoffparks, müssen sich überlegen, wie sie damit umgehen wollen, damit seltene Metalle nicht verloren gehen
- Upstream-Verantwortung: Sauberkeit der Metalle und Rohstoffe, Rückverfolgbarkeit der Ressourcenström

Rolf Widmer:

- LF1: - Lithium: Schwierige Gruppe, Energieträger, zukünftig immer wichtiger
- Indium/Gallium: Dünn aufgetragen
- Neodym: Magnetisch, kommt zusammen mit dem Eisen ins Stahlwerk
- LF2: - Sehr starke Verdünnung (z.B. kommt Lithium in Salzseen in höherer Konzentration vor als in Meerwasser) → Rückgewinnung wird sich sehr schwierig gestalten

Patrick Wäger:

- LF1:
- REE (aktuelle und extrapolierte zukünftige Situation, es geht sehr viel verloren)
 - Indium/Gallium
 - Tantal: nicht nur ökologische, sondern auch soziale Aspekte
- LF2:
- Dissipation gekoppelt mit verstärkter Nachfrage
 - Ressourcen sollten nicht einfach verloren gehen, deshalb sollten, wo es aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht Sinn macht, die Metalle zurückgewonnen werden.
 - Informationen: wo liegen Metalle in vernünftigen Konzentrationen vor, kann man sie manuell (Idealfall) oder mechanisch zurückholen
 - Zertifizierbare Sekundärmetalle
 - Aus ökologischer Perspektive ist ein Recycling ist normalerweise der Primärproduktion vorzuziehen
- LF3:
- Sinnvolle, intelligente Geschäftsmodelle, wie man diese seltenen Metalle zurückholen kann

Esther Müller:

- Ressourcenverfügbarkeit auch für zukünftige Generationen sollte auch mitberücksichtigt und 'bewertet' werden
- Recycling ist daher wichtig, auch wenn es ökonomisch mehr Sinn machen würde, die Primärproduktion zu fördern

3. Auswahl von drei seltenen Metallen (bzw. Metallfamilien), Zusammenfassen der wichtigsten Statements zu Frage 2 und 3

Im Anschluss an die Inputs wurden die Teilnehmer aufgefordert, je einen Punkt für drei Metalle oder Metallfamilien zu vergeben, welche aus ihrer Sicht in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden sollten, sowie ihre wichtigsten Statements zu LF2 und LF3 auf dafür vorbereiteten Pinnwänden festzuhalten.

LF 1: Welche seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) sollten innerhalb der Schweiz in Zukunft verstärkt zurückgewonnen werden?

Nach Diskussion und Neugruppierung der vorgeschlagenen Metalle und Metallfamilien (wobei die Punkte jeweils mitgenommen wurden), ergab sich folgende Hitliste der Metalle:

1. Seltenerdelemente (Neodym und andere): 10 Punkte
2. Indium und Gallium: 9 Punkte
3. Edelmetalle (Platinmetalle, Gold, Silber): 5 Punkte
4. Tantal: 4 Punkte
5. Kobalt: 3 Punkte
6. Lithium: 2 Punkte
7. Antimon: 1 Punkt

Folgende Kriterien für die Auswahl der Metalle wurden dabei identifiziert (Reihenfolge zufällig)

- Zukünftige Nachfrage, Versorgungssicherheit
- Vorhandensein von Recyclingverfahren
- Zukunftstechnologien

- Vorhandensein von Markt
- Anzahl Anwendungen
- Chemische und metallurgische Eigenschaften
- Relevante Menge an EOL-Material
- Relevante Konzentrationen von seltenen Metallen
- Lokalisierbarkeit der seltenen Metalle
- Umweltimpact, ökologische Vor- bzw. Nachteile (Primär- und Sekundärproduktion)
- Sozialer Impact (z.B. Coltan: Dodd Frank Act)
- Explizite Analyse der volkswirtschaftlichen Relevanz nötig für Auswahl: Rentabilität (=f(mittelfristige Preisentwicklung) und f(künftiges physisches Aufkommen)), Kritikalität, Realisierbarkeit.

LF 2: Wie könnte die zukünftige Rückgewinnung dieser seltenen Metalle (bzw. Metallfamilien) aussehen (zu berücksichtigende Abfälle bzw. Produkte, beteiligte Akteure, Sammellogistik, Aufbereitungs- und Recyclingverfahren, institutionelle Rahmenbedingungen,...)?

Folgende Vorschläge wurden an die Pinnwand geheftet:

- Ziele: Schliessen von Stoffkreisläufen (Primärressourcenschonung), Versorgungssicherheit, soziale Aspekte
- Ressourcenverfügbarkeit auch für zukünftige Generationen mitberücksichtigen
- Systemische Ansätze von der Quelle bis zur Rückgewinnung forcieren
- Förderung des gekoppelten Denkens
- Konzeptioneller Ansatz: Verknüpfung vom Angebot an Metallen (in Produkten) mit der 'Nachfrage' des technischen Potentials moderner 'end-processor'
- 'Klasse statt Masse': Fokus auf Spurenelemente in Stoffgemischen
- Ressourcenstrategie von WEEE-Rücknahmesystemen entwickeln
- Effizienz im heutigen Recycling erhöhen
- Vorsortierung von interessanten Baugruppen bereits lokal
- Europäische zentrale Standorte mit hohen Durchsätzen für das Recycling
- Rückgewinnung basierend auf bestehenden Sammelsystemen: WEEE, Optik/Gläser (REE)
- Maximierung der Wertschöpfung im Inland unterstützt durch existierende hochentwickelte Sammelsysteme
- Zwischenlagerung prüfen/realisieren
- Zwischenlager: Naturanaloga (Bergbau), Deponien
- 'Zero-Loss' Strategie
- Neue Regeln z.B. analog zu ROHS
- Bandbreite des Wissens erhöhen (Geo-Umwelt-Techno)
- Datengrundlage über anthropogene Lager verbessern, Information von Entscheidungsträgern
- Monitoring: Facts & Figures, Training von Entscheidungsträger
- Inventarische Datenbasis
- Transparente Stoffströme entlang der ganzen Kette

LF 3: Welche Massnahmen müssten ergriffen werden, um ausgehend von der bestehenden Situation in der Schweiz und unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte dahin zu gelangen?

Folgende Massnahmen wurden an die Pinnwand geheftet:

- Life Cycle der Metalle ökonomisch und ökologisch optimieren: 1. Recyceln was geht, 2. Zwischenlager für den Rest, 3. Sauberen Bergbau fördern, 4. Label für 'saubere Metalle' einführen -> Druck auf Produzenten von EEE
- 'Zertifizierte' Materialien
- Geeignete Geschäftsmodelle entwickeln
- Integration der Akteure entlang der Recyclingkette
- Gelöste Verfahren: Sammel-Incentives, Monitoring bis Ende, Schnittstellenmanagement, Best Available Technologies/Zertifizierung
- Ungelöste Verfahren: Verfahrensentwicklung entlang der Kette: Sortierung -> Disassembly -> Metallurgie -> Seitenstrom-Management, metallurgische Grundlagenforschung, thermodynamische Herausforderungen, Zwischenlager für Zukunft
- Design for disassembly, recycling
- Volkswirtschaftliche Kostenrechnung -> künstliche Anreize
- Massnahmen auf nationaler, oder besser auf europäischer Ebene?
- Wissen über den ökonomischen und ökologischen Aufwand bzw. Gewinn um Metalle zurückzugewinnen
- Wissen über heutige/künftige Flüsse und Lager vertiefen
- Untersuchung und Kenntnisse der Stoffströme
- Zielkonflikte verhindern
- Technologische Entwicklungen sollten raschen Wandel bei Neugeräten berücksichtigen
- Abraumhalden bestehender oder alter Minen als Rohstofflager berücksichtigen

4. Gruppenarbeit 1: Entwicklung von "Visionen" für den nachhaltigeren Umgang mit je einem der ausgewählten Metalle (bzw. Metallfamilien) entlang der Leitfragen 2 und 3. Output: Visionen, dargestellt auf Flipcharts.

Gruppe A: Indium/Gallium (Rainer Bunge, Heinz Böni, Dominic Wittmer, Esther Müller)

500\$/kg Indium, pro Bildschirm rund 0.1 g Indium, ca. 115 kg/Jahr Indium im WEEE in CH

Detaillierte Abklärungen zur Primär- und Sekundärproduktion notwendig:

- Wo und wie wird Indium gewonnen?
- Wie gross sind Reserven?
- Wie hoch ist Indiumanteil im Erz?
- Könnte man umweltfreundlichen Indiumabbau an 'saubere' Zinkminen koppeln?
- Ist ungeförderes Indium im Abraum von Zinkminen vorhanden?
- Was sind die Umweltimpacts?
- Kosten?
- Welche Technologien für die Rückgewinnung von Indiumzinnoxid (ITO) sind bereits vorhanden?
- Könnten Panels in Primärproduktion gelangen, um Indium zurückzugewinnen?

Dann können Primär- und Sekundärproduktion verglichen werden.

In der Schweiz findet momentan sowohl manuelle als auch mechanische Verarbeitung von Flachbildschirmen statt

Falls indiumhaltige Geräte mechanisch verarbeitet werden: Möglichkeiten prüfen, wie indiumhaltige Fraktion aus dem Shreddergut ausgeschleust werden kann.

Recyclingtechnologien: Schwierig ist Aufschluss, um an das Indium ranzukommen. Bei Schmelzen kommt es darauf an, ob Glas oder Kunststoff vorhanden ist. Glas kann nur dann in die Schmelze gegeben werden, wenn man sowieso Quarz für den Prozess braucht. Kunststoff kann als Energiespender gebraucht werden

Momentan ist kein ökonomischer Treiber vorhanden (Indiumpreis und Indiumkonzentrationen im einzelnen Bildschirm zu tief) → Rücknahmesysteme auf gesamteuropäischer Ebene nötig, damit überhaupt genügend grosse Mengen zusammenkommen, analog PV Cycle für Fotovoltaik, Verantwortung übernehmen für Zwischenlagerung

Zwischenlager schaffen, bis geeignete Technologie vorhanden oder Preis attraktiv; für das Erstellen von Zwischenlagern muss ebenfalls ein Anreiz bestehen, damit Geräte nicht verbrannt werden

Wenn Rücknahme von Flachbildschirmen gesamteuropäisch organisiert wird, könnte man auch Wiederverwendung gesamteuropäisch organisieren, z.B. second-hand Bildschirme in Osteuropa nochmals verwenden; dies wäre auch eine Art Zwischenlager.

Systemgrenze: Nicht nur Indium betrachten, sondern den Wert des gesamten Gerätes betrachten, inkl. Leiterplatten etc.: Ein vernünftig gemanagtes Zwischenlager könnte billiger sein als die Verbrennung in der Kehrichtverbrennungsanlage

Die Wiederverwendung von Bauteilen der Flachbildschirme oder Solarpanels ist auch möglich

Vorgezogene Recyclinggebühr von Flachbildschirmen auch tatsächlich für deren Recycling verwenden. Derzeit entkoppelt das Finanzmodell von z.B. Swico Recycling den vRG-Beitrag vom spezifischen Beitrag an die Recycler.

Gruppe B: Edelmetalle/Platinmetalle (Daniel Savi, Patrick Wäger, Michael Hügi)

Edelmetalle als Leitelement für weitere seltene Metalle. Verfahrenstechnische Lösungen verfügbar

→ gesamtes System sollte optimiert werden.

- Produktion: Design for recycling / disassembly bei neuen Produkten, Technologien
- Sammlung: Erfassen der "Kleingeräte" wie z.B. Mobiltelefone, die Sammelmenge in der Schweiz ist noch relativ klein.
- Sortierung: Stärkere Ausrichtung auf Gewinnung kritischer Rohstoffe momentan Ausrichtung auf massenmässig bedeutende Wertstoffe und Schadstoffe.
- Aufbereitung: Vermeidung von Dissipation ('Tramp Elements') bei mechanischer Aufbereitung.
- Rückgewinnung: Anreizsysteme (finanziell vs. Vorschriften), um mehr Edelmetalle herauszuholen
- Integration:
 - Informationsfluss gewährleisten: Bauteile mit EM (Produzent), Verarbeitungsanforderungen (Recycler), Inhaltsstoffe (Zulieferer)
 - Transparente Stoffflüsse
 - Ökologische Standards für Primär- und Sekundärproduktion (z.B. Abkommen)
- Leitmetalle berücksichtigen (z.B. Gold für Zink, Antimon → Bei einer Substitution von Gold könnten andere Elemente nicht mehr zurückgewonnen werden)
- Monitoring ist wichtig für 'level playing field', damit nicht der gleiche Wert herausgeholt werden kann, jedoch weniger Kosten für die Einhaltung von ökologischen und sozialen Standards

Gruppe C: Seltenerdelemente (REE) (Rolf Widmer, Isabelle Baudin, Christian Hagelüken, Rainer Kündig)

Fundamentalfrage: Wieso sollen REE überhaupt zurückgewonnen werden?

→ Primärproduktion hat sehr viel mehr negative Umweltauswirkungen als die Sekundärproduktion (z.B. entstehen während der Primärproduktion umweltschädigende Koppelprodukte wie z.B. Thorium)

Was macht die Rückgewinnung schwierig?

- Aufkonzentrieren muss mechanisch/händisch erfolgen: Thermische Prozesse funktionieren nicht, da REE als erste oxidieren
- Sehr früh in der Recycling-Kette spezifische Produktpalette auswählen (z.B. Festplatten)
- Konzentrate benötigen high-tech Prozesse für die Rückgewinnung → (Hydro)metallurgie
- REE befinden sich z.B. konzentriert in Magneten (NdFeB), Leuchtstoffe aus CRT-Bildschirmen, Leuchtstoffröhren und Stromsparlampen, Akkus (Lithium-Ionen Akkus). Diese findet man in ICT, (Elektro)mobilität, Grossmagneten (z.B. in Windkraftturbinen)
 - Leuchtstoffe werden sowieso aufkonzentriert und oft in Untertagedeponien gebracht: Dieser weg ist aufgrund der Schadstoffe bezahlt. Man könnte also relativ einfach an dieses Material herankommen und anstatt es in Untertagedeponien zu bringen, Zwischenlager anlegen
 - Akkus: werden aufgrund des Cobalts ebenfalls separiert, Entsorgung ist ebenfalls bezahlt. So könnte man auch Lithium zurückgewinnen
- Harddisks enthalten viele REE und gehen heute in die Aluminium-Verwertung, REE gehen verloren. Zerlegebetriebe könnten Fokus mehr auf das Auseinandernehmen von Harddisks legen und dafür andere Geräte weniger tief oder gar nicht zerlegen: Optimierung des Aufwands
- Best-of-two-worlds: ev. wäre es doch sinnvoll, gewisse Komponenten in Entwicklungsländer zu zerlegen, da Lohnkosten billiger sind.

Was braucht es für neue Regeln?

- Grenzwerte ☹ vs. Anreize für Ausbau ☺
- Anreiz für Zwischenlager ☺ (Leuchtstoff in zugängliches Depot bringen)
- Kritische Mengen sind entscheidend!
- 'pull-system'
- Design for recycling

Mögliche Finanzierung:

- Vorgezogenen Recyclinggebühr
- 'pull-system': Am Ende wird Material 'herausgezogen' und bezahlt

Flankierende Massnahmen:

- Fachkapazität, zu wenige Leute welche die gesamten Kreisläufe verstehen

5. Gruppenarbeit 2: Überführung der Visionen in Roadmaps für je eines der ausgewählten Metalle (bzw. Metallfamilien). Output: Roadmaps, dargestellt auf Flipcharts.

Aus zeitlichen Gründen erfolgte die Überführung der Visionen in Roadmaps direkt im Plenum, zumal viele Schritte bereits in Gruppenarbeit 1 angesprochen worden waren.

Gruppe A: Indium/Gallium

- 1. Abklärungen Primär- und Sekundärproduktion
- 2. Abklärungen Machbarkeit und Anreizsysteme Zwischenlager
- 3. Rücknahmesysteme: ev. auf Ebene WEEE-Forum diskutieren, ob Rücknahme von Flachbildschirmen gesamteuropäisch geregelt werden können
- Regelung der Finanzierung: Wert eines Bildschirms und vorgezogene Recyclinggebühr analysieren: Vorgezogene Gebühr müsste den Recyclern gezielt für das Recycling von Flachbildschirmen bezahlt werden und nicht als Pauschale abgerechnet werden.
- Verfahrenstechnische Fragen
- Auf Zertifizierung von Metallen hinarbeiten: würde Anreizsysteme schaffen und Preise verändern

Gruppe B: Edelmetalle/Platinmetalle

- Rückgewinnung für Edelmetalle bereits etabliert
- Sammlung: Immer noch Verluste, v.a. bei Kleingeräten: Verbesserung anstreben
- Abklärungen heutige Verfahren: Verluste bei mechanischer Verarbeitung (z.B. Gold, Palladium), genauer untersuchen, wie das in der Schweiz genau aussieht.
- 'Verschmutzer' aus dem Markt entfernen durch ökologische und soziale Standards oder internationale Abkommen
- Erhöhung der Transparenz der Stoffflüsse, verbesserter Informationsfluss zwischen den Akteuren
- Design for Disassembly/Recycling: vor allem bei neuen Technologien darin investieren
- Pilotversuche um Prozesskette zu optimieren: von Zerlegebetrieben bis zum Endverarbeiter.

Gruppe C: Seltenerdelemente (REE)

- Manuelle Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung
- Finanzierung geregelt: Vorgezogene Recyclinggebühr vorhanden, müsste aber gezielt auch für die Rückgewinnung von REE verwendet werden
- Anreizsysteme schaffen
- Passus in der neuen VREG
- 2012-2013: LCI/LCA/MFA: Stoffströme und Umweltauswirkungen kennen
- 2012-2013: Regeln entwickeln, z.B. KVA Verbot zur Vermeidung von Dissipation, Anlegen von Zwischenlagern
- 2013 - 2015: Einführen und Testen von Regeln

Für das Protokoll

Esther Müller / Patrick Wäger

St. Gallen, 15. Oktober 2011

Anhang 2

Logical Framework: Useful links and related documents

- Related World Bank documents: <http://www.worldbank.org/oed/ecd/tools/>
<http://www1.worldbank.org/education/adultoutreach/designing.logframe.asp>
- The Logical Framework Approach, Guidelines of the AusAID, Australian Government:
<http://www.ausaid.gov.au/ausguide/ausguidelines/1.cfm>
- Commission of the European Communities, 1993, Project Cycle Management: integrated approach and logical framework, Methods and Instruments for Project Cycle Management, No.1, Evaluation Unit, Brussels, Belgium. <http://europa.eu.int/comm/europeaid/evaluation>
- ZOPP Objectives-oriented Project Planning. A planning guide for new and ongoing projects and programmes, GTZ: http://www.unhabitat.org/cdrom/governance/html/books/zopp_e.pdf
- Handbuch Indikatorenbildung, für die wirtschaftliche Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Transitions-ländern, Seco

1 Quick-start: The Logical Framework in a Nutshell

The following matrix provides an overview of the most important elements of the Logical Framework Approach, along with common terminology and hints for the filling of the matrix.

Strategy of Intervention (Results chain / Hierarchy of objectives) <i>Hint: Use one-sentence statements, in the form of a status achieved or an infinitive (to do something)</i>	Key Performance Indicators <i>Indicators measure whether the objectives on each level are achieved whereas standards define the level of expected performance</i>	Means of Verification (Data Source)	External Factors (assumptions / risks)
Impact (Development objective / overall goal)	Impact Indicators		
<p><u>Definition:</u> Improvements of a situation in terms of social and economic benefits which respond to identified development needs of the target population under a long-term vision.</p> <p><u>Scope of project management:</u> The achievement of the development objective lies outside the direct reach of the project and depends on the assumptions formulated at outcome level. However, outcomes should represent a relevant contribution to it.</p>	<p><u>Definition:</u> Features which can be measured or at least described precisely in terms of quantity and quality respectively and which show a change in situation.</p> <p>NB: Impact Indicators are essentially used during evaluations.</p>	<p><u>Definition:</u> Means of verification indicate where and in what form information on the achievement of objectives and results can be found, e.g. reports of ministries, project reports, laws, statistics, assessments, etc.</p> <p>NB: It may be useful to also state the means and methods for collecting and reporting information (monitoring).</p>	<p><u>Definition:</u> Assumptions are conditions which could affect the progress of the project but which are not under direct control of project management.</p> <p>An <i>assumption</i> is a positive statement of a condition that must be met for the project's objectives to be achieved.</p> <p>A <i>risk</i> is a negative statement of a condition that might prevent the project's objectives from being achieved.</p>
Outcome (Project Objectives / Purpose)	Outcome Indicators		
<p><u>Definition:</u> Intended situation at the end of or soon after the project's lifespan in terms of gains in performance (as a result of changes in knowledge and behavior).</p> <p><u>Scope of project management:</u> The attainment of outcome is primarily dependent on the project outputs, but depends also on factors beyond the project's control.</p> <p><i>Hint: Where projects or programmes have several components, formulate one outcome statement for each component.</i></p>	<p><u>Definition:</u> Conditions at the end of the project indicating that the purpose has been achieved.</p> <p>NB: Outcome indicators are commonly used for project reviews and evaluations.</p> <p><i>Hint: Pay attention to the proper distinction between outcomes and outputs (see 4.1, good practice)</i></p>		<p><i>Hint: To ensure a proper vertical logic, it is essential to attribute assumptions to the corresponding level of intervention (in this box assumptions at outcome level which are relevant for achieving the development objective need to be stated).</i></p>

Strategy of Intervention (Results chain / Hierarchy of objectives) <i>Hint: Use one-sentence statements, in the form of a status achieved or an infinitive (to do something)</i>	Key Performance Indicators <i>Indicators measure whether the objectives on each level are achieved whereas standards define the level of expected performance</i>	Means of Verification (Data Source)	External Factors (assumptions / risks)
Outputs (Project Results / deliverables)	Output Indicators		
<p><u>Definition:</u> Products and services produced or competences and capacities established directly as a result of project activities.</p> <p><u>Scope of project management:</u> Outputs are under the control / responsibility of project management (for multiple agency arrangements see also 4.1)</p> <p><i>Hint: For clarity of logic, one output statement for each corresponding project component is recommended.</i></p>	<p><u>Definition:</u> Measures of the quantity and quality of outputs.</p> <p>NB: Output indicators are predominantly used during monitoring and review.</p>		<p><i>Hint: Formulate assumptions at output level which are relevant for achieving the project's objective(s).</i></p>
Activities (Project components)	Inputs	Costs	
<p><u>Definition:</u> Specific tasks performed using resources and methods in order to achieve the intended outputs.</p> <p><u>Scope of project management:</u> Critical factors for carrying out activities are professional skills, the availability of sufficient financial resources and the absorption capacity of the local partners as well as of the target groups and beneficiaries.</p> <p><i>Hint: The matrix should not comprise the entire list of project activities, and focus on what the project is to deliver and not on how. The complete list of activities belongs in the main text of the project document and be referenced numbers to show the link between activities and results (see also 4.1, Format)</i></p>	<p><u>Definition:</u> Physical and non-physical resources (personnel, equipment) and finance necessary to perform the planned activities and manage the project.</p> <p>NB: Inputs and budget figures are <u>usually not included in the matrix</u>, but detailed in the main text of the project document</p>		<p><i>Hint: Formulate assumptions at activity / input level which are relevant for achieving project outputs.</i></p>

Anhang 3

Ergebnisse der Anwendung der Logical Frameworks auf Seltenerdelemente, Indium und Gallium sowie Edelmetalle

Die Aufstellung der folgenden Tabellen entspricht nicht der Üblichen eines Logframes, wurde jedoch so gewählt, um den Zusammenhang mit dem Aufbau des Workshops herzustellen. Mit den drei Leitfragen wurden 1) der Gegenstand der Neuerung (bestimmte Metalle/Metallfamilien) festgelegt und damit ihre Einbettung in den grösseren Kontext. 2) Die Vision oder Ziele dieser Neuerungen und 3) notwendige Massnahmen unter Berücksichtigung von Zielkonflikten. Durch das Überführen der Workshopresultate in einen Logframe, wollen wir Lücken und Inkonsistenzen aber auch Kongruenz und Wiederholgen aufspüren. Wir haben daher folgendes Mapping angewendet (dies ist keineswegs eine eindeutige Abbildung, sondern erfordert einen iterativen Prozess des 'Verschiebens bis es passt').

Welche Metalle?	Ziele (impact) und entsprechende Annahmen
Welche zukünftige Rückgewinnung	Ziele (outcome & output) und entsprechende Annahmen
Notwendige Massnahmen	Aktivitäten und entsprechende Annahmen/Risiken (für Zielkonflikte)

a) Seltenerdelemente

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
Auswirkungen (impacts): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	REE zurück gewinnen ist besser da Primärproduktion negativere Umweltauswirkungen als die Sekundärproduktion hat (z.B. entstehen während der Primärproduktion umweltschädigende Koppelprodukte wie z.B. Thorium)	
Folgen (outcome): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufkonzentrieren muss mechanisch/händisch erfolgen: Thermische Prozesse funktionieren nicht, da REE als erste oxidieren • Sehr früh in der Recycling-Kette spezifische Produktepalette auswählen (z.B. Festplatten) • Konzentrate benötigen high-tech Prozesse für die Rückgewinnung (Hydro)metallurgie 	
Ergebnisse (output): 1. aktuelle Fakten sind bekannt 2. Rechtlicher Rahmen in Kraft 3. Anreizsysteme funktionieren 4. Finanzierung ist geregelt 5. Verarbeitungsketten sind angepasst (Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung, Zwischenlager, ...) 6.	2012-2013: LCI/LCA/MFA: Stoffströme und Umweltauswirkungen sind publiziert 2012-2013: neue Regeln sind entwickelt (zB in der neuen VREG, ...), KVA Verbot zur Vermeidung von Dissipation, Anlegen von Zwischenlagern', pull-system' Design for recycling 2013 - 2015: neue Regeln sind eingeführt und getestet <ul style="list-style-type: none"> ○ Grenzwerte ☹ vs. Anreize für Ausbau ☺ ○ Zwischenlager ☺ (zB 90% Leuchtstoff in zugängliches Depot verbracht) ○ Kritische Mengen sind entscheidend! (z.B. ...) Mögliche Anreizsysteme: <ul style="list-style-type: none"> • Finanzierung durch 'pull-system': Am Ende wird Material 'herausgezogen' und bezahlt 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • REE befinden sich z.B. konzentriert in Magneten (NdFeB), Leuchtstoffe aus CRT-Bildschirmen, Leuchtstoffröhren und Stromsparlampen, Akkus (Lithium-Ionen Akkus). Diese findet man in ICT, (Elektro)mobilität, Grossmagneten (z.B. in Windkraftturbinen) <ul style="list-style-type: none"> ○ Leuchtstoffe werden sowieso aufkonzentriert und oft in Untertagedeponien gebracht: Dieser Weg ist auf Grund der Schadstoffe bezahlt. Man könnte also relativ einfach an dieses Material herankommen und anstatt es in Untertagedeponien zu bringen, Zwischenlager anlegen ○ Akkus: werden aufgrund des Cobalts ebenfalls separiert, Entsorgung ist ebenfalls bezahlt. So könnte man auch Lithium zurückgewinnen • Harddisks enthalten viele REE und gehen heute in die Aluminium-Verwertung, REE gehen verloren. Zerlegebetriebe könnten Fokus mehr auf das Auseinandernehmen von Harddisks legen und dafür andere Geräte weniger tief oder gar nicht zerlegen: Optimierung des Auf-

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
	Flankierende Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Fachkapazität: Leute welche die gesamten Kreisläufe verstehen, sind gefragt 		wands 1. Best-of-two-worlds: evtl. wäre es doch sinnvoll, gewisse Komponenten in Entwicklungsländer zu zerlegen, da Lohnkosten billiger sind. Manuelle Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung 2. Finanzierung entwickeln: Vorgezogene Recyclinggebühr gezielt auch für die Rückgewinnung von REE erweitern 3. Anreizsysteme schaffen 4. Passus in der neuen VREG

b) Indium und Gallium

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
Auswirkungen (impacts): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	
Folgen (outcome): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	
Ergebnisse (output): <ol style="list-style-type: none"> aktuelle Fakten sind bekannt Rechtlicher Rahmen in Kraft Anreizsysteme funktionieren Finanzierung ist geregelt Verarbeitungsketten sind angepasst (Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung, Zwischenlager, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Detaillierte Abklärungen zur Primär- und Sekundärproduktion sind gemacht • Primär- und Sekundärproduktion sind verglichen • Möglichkeiten wie indiumhaltige Fraktion aus dem Shreddergut ausgeschleust werden kann, falls indiumhaltige Geräte mechanisch verarbeitet werden, sind geprüft. • differenzierte Recyclingtechnologien werden genutzt: Glas kann nur dann in die Schmelze gegeben werden, wenn man sowieso Quarz für den Prozess braucht. Kunststoff kann als Energiespender gebraucht werden • Wegen tiefster Indiumkonzentrationen in EAG (zB einzelner Bildschirm) erlauben Rücknahmesysteme auf gesamteuropäischer Ebene genügend grosse Mengen zu sammeln (Kombination mit PV) • Zwischenlager sind geschaffen, bis geeignete Technologie vorhanden oder Preis attraktiv (Wiederverwendung, z.B. second-hand Bildschirme oder Bauteile wie Solarzellen gilt als Zwischenlager) • Anreize für das Erstellen von Zwischenlagern 	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 115 kg/Jahr Indium im WEEE in CH mit 500\$/kg Indium, pro Bildschirm rund 0.1 g Indium,... • In der Schweiz findet (momentan) sowohl manuelle als auch mechanische Verarbeitung von Flachbildschirmen statt • Aufschluss, um an das Indium ranzukommen sind lösbar • ökonomischer Treiber vorhanden - Indiumpreise sind hoch 	<ol style="list-style-type: none"> Abklärungen Primär- und Sekundärproduktion <ul style="list-style-type: none"> • Wo und wie wird Indium gewonnen? • Wie gross sind Reserven? • Wie hoch ist Indiumanteil im Erz? • Könnte man umweltfreundlichen Indiumabbau an 'saubere' Zinkminen koppeln? • Ist ungefördertes Indium im Abraum von Zinkminen vorhanden? • Was sind die Umweltimpacts? • Kosten? • Welche Technologien für die Rückgewinnung von Indiumzinnoxid (ITO) sind bereits vorhanden? • Könnten Panels in Primärproduktion gelangen, um Indium zurückzugewinnen? Abklärungen Machbarkeit und Anreizsysteme Zwischenlager Rücknahmesysteme: ev. auf Ebene WEEE-Forum diskutieren, ob Rücknahme von Flachbildschirmen gesamteuropäisch geregelt werden können Regelung der Finanzierung: Wert eines Bildschirms und vorgezogene Recyclinggebühr analysieren: Vorgezogene Gebühr müsste den Recyclern gezielt für das Recycling von Flachbildschirmen bezahlt werden und nicht als Pau-

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
	<p>bestehen, Geräte werden nicht verbrannt da Zwischenlager billiger ist als die Verbrennung in KVA. Vorgezogene Recyclinggebühr von Flachbildschirmen auch tatsächlich für deren Recycling verwenden. Derzeit entkoppelt das Finanzmodell von z.B. Swico Recycling den vRG-Beitrag vom spezifischen Beitrag an die Recycler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemgrenze: Nicht nur Indium betrachten, sondern den Wert des gesamten Gerätes betrachten, inkl. Leiterplatten etc. 		<p>schale abgerechnet werden. Verfahrenstechnische Fragen Auf Zertifizierung von Metallen hinarbeiten: würde Anreizsysteme schaffen und Preise verändern</p>

c) Edelmetalle

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
Auswirkungen (impacts): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	Edelmetalle als Leitelement für weitere seltene Metalle. Verfahrenstechnische Lösungen verfügbar → gesamtes System sollte optimiert werden.	
Folgen (outcome): <ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	
Ergebnisse (output): 1. aktuelle Fakten sind bekannt 2. Rechtlicher Rahmen in Kraft 3. Anreizsysteme funktionieren 4. Finanzierung ist geregelt 5. Verarbeitungsketten sind angepasst (Vorverarbeitung, Aufkonzentrierung, Zwischenlager, ...)	Herstellung: Design for recycling / disassembly bei neuen Produkten, Technologien zB Leitmetalle berücksichtigen (z.B. Gold für Zink, Antimon → Bei einer Substitution von Gold könnten andere Elemente nicht mehr zurückgewonnen werden) Sammlung: Erfassen der "Kleingeräte" wie z.B. Mobiltelefone, die Sammelmenge in der Schweiz ist noch relativ klein. Sortierung: Stärkere Ausrichtung auf Gewinnung kritischer Rohstoffe momentan Ausrichtung auf massenmässig bedeutende Wertstoffe und Schadstoffe. Aufbereitung: Vermeidung von Dissipation ('Tramp Elements') bei mechanischer Aufbereitung. Rückgewinnung: Anreizsysteme (finanziell vs. Vorschriften), um mehr Edelmetalle herauszuholen Integration: <ul style="list-style-type: none"> • Informationsfluss gewährleisten: Bauteile mit EM (Produzent), Verarbeitungsanforderungen (Recycler), Inhaltsstoffe (Zulieferer) 	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	1. Rückgewinnung für Edelmetalle bereits etabliert 2. Sammlung: Immer noch Verluste, v.a. bei Kleingeräten: Verbesserung anstreben 3. Abklärungen heutige Verfahren: Verluste bei mechanischer Verarbeitung (z.B. Gold, Palladium), genauer untersuchen, wie das in der Schweiz genau aussieht. 4. 'Verschmutzer' aus dem Markt entfernen durch ökologische und soziale Standards oder internationale Abkommen 5. Erhöhung der Transparenz der Stoffflüsse, verbesserter Informationsfluss zwischen den Akteuren 6. Design for Disassembly/Recycling: vor allem bei neuen Technologien darin investieren 7. Pilotversuche um Prozesskette zu optimieren: von Zerlegebetrieben bis zum Endverarbeiter.

Ziele (im Jahr 2020 ist ...) (Auswirkungen < Folgen < Ergebnisse)	Indikatoren	Annahmen	Aktivitäten (zur Erreichung konkreter Ergebnisse)
	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente Stoffflüsse Monitoring ist wichtig für 'level playing field', damit nicht der gleiche Wert herausgeholt werden kann, jedoch weniger Kosten für die Einhaltung von ökologischen und sozialen Standards • Ökologische Standards für Primär- und Sekundärproduktion (z.B. Abkommen) 		

Wäger, P., R. Widmer, and A. Stamp. 2011. Scarce technology metals - applications, criticalities and intervention options. Empa, St. Gallen.