



lebensministerium.at

bm 

Bundesministerium  
für Verkehr,  
Innovation und Technologie

# Tagungsband



## Wie sicher ist die Rohstoffversorgung für die Energietechnologien der Zukunft?

Montag, 11. Oktober 2010, 13:00 bis 17:30 Uhr

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 68/2010

WACHSTUM &  
WANDEL



e 2050

**Information:**

ÖGUT - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik

[www.oegut.at](http://www.oegut.at)

Te.: +43 (1) 315 63 93

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Weitere Informationen zu dieser Reihe unter [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)



Verantwortung Lebensministerium:  
Abteilung für Umweltökonomie und Energie  
Leitung: Dr. Martina Schuster  
A-1010 Wien, Stubenbastei 5



**WACHSTUM<sub>im</sub>  
WANDEL**

[lebensministerium.at](http://lebensministerium.at)

## *ENERGIE 2050 - Eine Initiative des BMVIT*

*Verantwortung:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leitung: DI Michael Paula  
A-1010 Wien, Renngasse 5*

**[www.e2050.at](http://www.e2050.at)**

**bm** 

 **e** 2050

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Programmheft</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Tagungsbericht</b> .....	<b>5</b>
2.1. Podiumsdiskussion.....	8
2.2. Zusammenfassung .....	9
2.3. Dokumentation .....	10
<b>3. Präsentationsfolien</b> .....	<b>11</b>
3.1. Mag. Michael Cerveny.....	11
3.2. Univ.-Prof. Dr. Armin Reller.....	19
3.3. Dr. Christian Hagelüken .....	42
3.4. Dr. André Diederer .....	53
3.5. MR Univ. Prof.Dr. Leopold Weber .....	61
<b>4. Fotos</b> .....	<b>87</b>

Alle Präsentationen der Fachveranstaltung sowie Highlights aus der abschließenden Podiumsdiskussion wurden mitgefilmt und sind online via YouTube abrufbar. Sie erreichen die Videosammlung über folgenden Link:

<http://www.youtube.com/user/energie2050#g/u>

---





## 1. Programmheft



lebensministerium.at

bm **v** **t**

Bundesministerium  
für Verkehr,  
Innovation und Technologie

Einladung

### Wie sicher ist die Rohstoffversorgung für die Energietechnologien der Zukunft?

Montag, 11. Oktober 2010, 13:00 bis 17:30 Uhr  
Raiffeisen Forum, F.W.-Raiffeisen-Platz 1, 1020 Wien

WACHSTUM  
WANDEL



e 2050

Kaum ein Zitat macht die Herausforderung vor der die Menschheit steht so deutlich wie jenes der IEA, das sowohl die „Energiestrategie Österreich“ als auch die „Energieforschungsstrategie“ einleitet:

*„Das Weltenergiesystem steht an einem Scheideweg. Die derzeitigen weltweiten Trends von Energieversorgung und -verbrauch sind eindeutig nicht zukunftsfähig, ... (Es) braucht nichts Geringeres als eine Energierevolution.“*

Das Ausmaß der erforderlichen „Energierevolution“ macht eine Schlussfolgerung des Europäischen Rats vom Oktober 2009 deutlich: *„Der Europäische Rat fordert alle Parteien auf, sich das 2 °C-Ziel zu eigen zu machen und sich darauf zu einigen, dass bis 2050 die weltweiten Emissionen um mindestens 50 % reduziert werden und die Industrieländer im Rahmen dieser Reduzierung ihre Emissionen um insgesamt mindestens 80 bis 95 % gegenüber dem Niveau von 1990 senken.“*

Um dieses Ziel 2050 zu erreichen braucht es eine Marktdurchdringung von neuen Technologien in noch nie dagewesenem Ausmaß und Tempo. Der Schwerpunkt wird weiterhin auf Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Einsatzes Erneuerbarer Energien liegen. Zusätzlich werden neue Technologien zur Speicherung von Energie erforderlich sein.

Für all diese Zukunftsprodukte braucht man Rohstoffe, deren Existenz und Namen den meisten Menschen bisher verborgen geblieben ist. Und trotzdem sind sie für die Energiewende von zentraler Bedeutung!

Im Rahmen der Tagung sollen folgende Fragen bestmöglich beantwortet werden:

- > Haben wir genügend Rohstoffe um zum Beispiel eine e-Mobilität mit einer Milliarde Kraftfahrzeugen und eine weitgehend Erneuerbare Energieversorgung möglich zu machen?
- > Bei welchen Metallen, Seltenen Erden etc. ist die Versorgungssituation kritisch?
- > Ist die Versorgung aus geologischen und/oder geopolitisch-ökonomischen Gründen gefährdet?
- > Welche Strategien zur Aufrechterhaltung der Versorgung gibt es? Was kann Europa, Österreich, ein Betrieb, jeder Einzelne tun?

## Ort

**Raiffeisen Forum  
F.W.-Raiffeisen-Platz 1  
1020 Wien**

## Zeit

**Montag, 11. Oktober 2010  
13:00 bis 17:30 Uhr**



# Programm

## **BEGRÜßUNG UND EINFÜHRUNG**

DI Michael Paula, BMVIT – Abteilung Energie- und Umwelttechnologien

Dr. Martina Schuster, Lebensministerium – Abteilung Umweltökonomie und Energie

## **FACHREFERATE**

(je 20 Minuten – unterbrochen von einer kurzen Pause)

### **Zukunft der Energieversorgung**

Mag. Michael Cerveny

ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik

### **Reichen die Rohstoffe für die Energiewende?**

Univ.-Prof. Dr. Armin Reller

Lehrstuhl für Ressourcenstrategie und Vorstandssprecher des Wissenschaftszentrums Umwelt in Augsburg

### **Wir brauchen eine globale Recyclingwirtschaft**

Dr. Christian Hagelüken

Umicore AG und Co.KG - Precious Metals Refining

### **Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope**

(Vortrag in englischer Sprache)

Dr. André Diederer

Senior Research Scientist in TNO, Niederlande

### **Die geologische und tatsächliche Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen für künftige Energietechnologien**

MR Univ. Prof. Dr. Leopold Weber

Leiter der Abteilung Rohstoffpolitik im Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend

## **15:30 bis 16:16 Uhr: KAFFEPAUSE**

Gelegenheit zur Diskussion mit den Referenten und ausgewählten Stakeholdern aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung an verschiedenen „Runden Tischen“

## **DISKUSSION**

Ausgewählte Stakeholder aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung konfrontieren die Referenten mit den Fragen der vorangegangenen „Runden Tische“. Möglichkeit zur Diskussion unterschiedlicher Positionen und Einschätzungen.

### **Anmeldung**

Aufgrund des limitierten Platzes ersuchen wir um Anmeldung per e-mail (Betreff: „Tagung 11. Oktober“) bis 1. Oktober an **office@oegut.at**

### **Inhaltliche und organisatorische Vorbereitung**

ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik  
[www.oegut.at](http://www.oegut.at)



Die Teilnahme an der Veranstaltung ist kostenlos.

Verantwortung Lebensministerium:  
Abteilung für Umweltökonomie und Energie  
Leitung: Dr. Martina Schuster  
A-1010 Wien, Stubenbastei 5



**WACHSTUM<sub>LE</sub>  
WANDEL**

[lebensministerium.at](http://lebensministerium.at)

## *ENERGIE 2050 - Eine Initiative des BMVIT*

*Verantwortung:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leitung: DI Michael Paula  
A-1010 Wien, Renngasse 5*

**[www.e2050.at](http://www.e2050.at)**



## 2. Tagungsbericht

Die Fachtagung wurde gemeinsam vom BMVIT und vom Lebensministerium veranstaltet und von der ÖGUT fachlich vorbereitet und organisatorisch umgesetzt.

Vor über 150 TeilnehmerInnen referierten nationale und internationale Experten über Aspekte der kurz- bis längerfristigen Rohstoffnachfrage und Rohstoffverfügbarkeit und skizzierten in fünf Fachreferaten die damit verbundenen Herausforderungen für eine nachhaltige Energieversorgung. Ein spezieller Fokus wurde dabei auf jene Rohstoffe gelegt, die besonders in den Energietechnologien der Zukunft zum Einsatz kommen werden, wie beispielsweise „Seltene Erden“ oder Lithium.

In seinen Begrüßungsworten verwies MR DI Michael Paula (BMVIT – Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien) u. a. auf die kürzlich veröffentlichte Energieforschungsstrategie. Diese wirft den Blick auf die längerfristige Energiezukunft in Österreich und stellt Überlegungen an, welche Bereiche in Forschung und Technologieentwicklung heute forciert werden müssen, um die erforderlichen Technologien rechtzeitig marktreif verfügbar zu haben. Dabei, so Paula, wird immer deutlicher, dass die Technologiepolitik immer in Verbindung mit den Ressourcen betrachtet werden muss.



**Abbildung 1 – MR DI Michael Paula, BMVIT, Abteilung Energie- und Umwelttechnologien bei der Eröffnung der Fachtagung**

MR Dr.<sup>in</sup> Martina Schuster (Lebensministerium - Abt. V / 10 - Umweltökonomie und Energie) stellte in ihrer Begrüßung einen Bezug zur Energiestrategie Österreich und zur Initiative „Wachstum im Wandel“, die die Identifikation und Diskussion eines neuen Wachstumsbegriffs thematisiert, her.

### Michael Cerveny

In seinem Impulsreferat ging ÖGUT-Energieexperte Mag. Michael Cerveny auf die Gründe für eine „Energirevolution“ (© IEA) ein: Zum einen verwies er auf den Copenhagen-Accord (2<sup>c</sup> Ziel), der es erfordert, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Industriestaaten bis 2050 um rund 90 Prozent (80 % bis 95 %) reduziert werden müssen. Unter der Annahme eines knapp zwei prozentigen jährlichen Wirtschaftswachstums in diesem Zeitraum würde sich das BIP

bis dahin verdoppeln. Die Kohlenstoffintensität des BIP müsste also um einen Faktor 20 (10 bis 40) sinken.

Ein derartige „Energirevolution“ ist aber auch noch aus Gründen der Endlichkeit der fossilen Energieträger notwendig. Cerveny erläuterte, dass die Produktion endlicher Rohstoffe in etwa einer Glockenkurve folgt und somit der „kritische Zeitpunkt“ keinesfalls durch die statische oder dynamische Reichweite, sondern durch den Produktionspeak dargestellt wird. V. a. bei weiterem Verbrauchswachstum wird das Ende des fossilen Energiezeitalters früher als gedacht eingeleitet.

Weiters verwies Cerveny auf Studien, die bis 2030 bzw. 2050 enorme Zuwächse bei Erneuerbaren- und Effizienz-Energietechnologien darstellen. Seine Frage: Lässt sich dieses „Green Growth“ verwirklichen oder fehlen uns dazu die für diese Technologien erforderlichen Rohstoffe?

### **Armin Reller**

Univ. Prof. Dr. Armin Reller, Dozent am Lehrstuhl für Ressourcenstrategie der Universität Augsburg, blickte zunächst auf dominante Perioden wirtschaftlichen Fortschritts zurück, getrieben durch Erfindungen wie der Dampfmaschine, der Automobilindustrie der Petrochemie etc. Mit all diesen „Entwicklungsschritten“ war ein Mehrverbrauch an Rohstoffen verbunden. Nun wäre es an der Zeit, sich über die Verfügbarkeitsgrenzen Gedanken zu machen, speziell vor dem Hintergrund unseres Ressourcenverbrauchs in allen Lebensumfeldern, beispielsweise Ernährung, Baustoffe, Energie, Mobilität, Beleuchtung, Abfall etc. Er führt als Beispiel an, dass es zu wenig Silber gäbe um mit jetzigen PV-Technologien 10 Prozent des globalen Stromverbrauchs abdecken zu können. Er führte weitere Beispiele an, welche Auswirkungen der Rohstoffabbau mit heutigen Technologien auf unsere Umwelt hat (zunehmende Energie- und Wasserintensität des Bergbaus). Er verwies auf die Problematik, dass viele der nunmehr so gefragten Metalle im Bergbau vergemeinschaftet auftreten; er zeigte beispielhaft in welchen Produkten und Dienstleistungen welche Mengen welcher Materialien eingesetzt werden. Er diskutierte die Frage, ob und wie in Zukunft diese Ressourcen verfügbar gemacht werden könnten; auch vor dem Hintergrund konkurrierender Anwendungen für bestimmte Metalle.

Lösungsansätze:

- „Gebäudepässe“ sollten dahin gehend erweitert werden, dass in ihnen auch festgehalten werden muss welche Rohstoffe wo im Gebäude eingebaut sind. Das würde späteres „Urban Mining“ erleichtern.
- Vor der Technologieentwicklung sollte man prüfen ob die Rohstoffe verfügbar sind bzw. wie sich deren „Kritikalität“ an Hand von sechs Faktoren (Verfügbarkeit, Sozioökonomie, Ökologie, Substitution, Akzeptanz und Funktionalität) darstellt.

### **Christian Hagelüken**

Dr. Christian Hagelüken, Umicore AG und Co-KG, beschrieb die Notwendigkeit einer globalen Recyclingwirtschaft, insbesondere auch für die „Technologiemetalle“. Durch effizientes Recycling unserer Altprodukte (Autos, Elektronik etc.) könnten wir einen wesentlichen Anteil unseres Rohstoffbedarfs für Effizienztechnologien & Erneuerbare Energietechnologien decken. Hierfür sind „large scale“ High-Tech Recyclingverfahren erforderlich. Entsprechende Anlagen sind bereits vorhanden, aber zu wenige Altprodukte gelangen dorthin. Erhebliche Defizite bestehen bei der Erfassung und dem globalen Stoffstrommanagement von relevanten Altprodukten, vor allem im Konsumgüterbereich. Wichtig ist die möglichst vollständige Erfassung der relevanten Altstoffströme aber auch, dass Produktentwicklung und Geschäftsmodelle verstärkt auf ein späteres Recycling der "Technologiemetalle" abgestimmt sein müssen.

Er skizzierte die Möglichkeiten und Potenziale des „Urban Mining“ als Ergänzung zum immer energieintensiveren Bergbau. Die Rohstoffkonzentration ist in den Altprodukten (z. B. In einem Mobiltelefon) deutlich höher als in einer Erzkonzentration, womit der Energieeinsatz der Gewinnung und die Umweltbelastung gesenkt werden kann.

Lösungsansätze:

- Möglichst vollständige Erfassung von Altgütern (z. B. durch Leasing, Pfandmodelle)
- Stopp „dubioser“ Exporte zu Hinterhof-Recyclingstätten in Afrika und Asien (Hohe Metallverluste)
- Bessere ökonomische Anreize für eine globale Recyclingwirtschaft (Fokus auf Qualität und kritische Metalle)
- Mehr Forschung zu o.g. Themenstellungen

### **André Diederer**

Dr. André Diederer, Senior Researcher am TNO in Rijswijk, warnte davor, sich bei der Beantwortung der Verfügbarkeitsfrage von scheinbar großen „Ressourcenquantitäten“ täuschen zu lassen, ohne die „Ressourcenqualität“ (Stichwort: „low hanging fruits vs. high hanging fruits“) zu berücksichtigen. Er vertrat die Position, dass Metallversorgungsengpässe direktes Ergebnis von Engpässen in der Energiebereitstellung sein würden, weil die Materialproduktion immer größere Energiemengen benötige: „Energy scarcity means metals scarcity, or more in general materials scarcity“. In weiterer Folge würde Materialknappheit die Realisierung einer neuen Energieinfrastruktur einschränken: Ein Teufelskreis!

Lösungsansätze:

- Effizienz beim Rohstoffeinsatz
- Recycling
- Substitution knapper Materialien durch jene „Elements of Hope“, die ausreichend zur Verfügung stehen
- Eine Strategie der „Managed Austerity“.

### **Leopold Weber**

MR Univ. Prof. Dr. Leopold Weber, Leiter der Abteilung Rohstoffpolitik im BMWFJ, verwies auf die oftmals problematische Abgrenzung von Reserven und Ressourcen und zeigte, dass oft auch geopolitische Hintergründe hinter Ressourcenverknappungen stehen können und analysierte einzelne nationale bzw. geografisch konzentrierte Rohstoffe. Obwohl sich mineralische Rohstoffe nur in geologischen Zeiträumen erneuern, sieht er trotz steigender Produktion global auch langfristig keine physische Verknappung mineralischer Rohstoffe. Eingeschränkte Verfügbarkeiten sind aber durch künstlich herbeigeführte Verknappungen (Liefermonopole, politische Instabilität mancher Produzentenländer, Rohstoffspekulationen) zu erwarten. Eine Reihe von Rohstoffen, die für die Hochtechnologie benötigt werden, ist aber in „nicht-konventionellen“ Ressourcen angereichert. Dies zeigte er am Beispiel der Seltenen Erdenmetalle und bei Lithium.

Lösungsansätze:

- Eine auf Nachhaltigkeit abzielende Rohstoffwirtschaft setzt den sparsamen Umgang mit Primärrohstoffen, die optimale Wiederverwertung von Alt- und Abfallstoffen, sowie Forschung und Entwicklung auf dem Sektor der Lagerstättenforschung, -exploration, -abbau, -aufbereitung, -weiterverarbeitung, Wiedernutzbarmachung voraus.



## 2.1. Podiumsdiskussion

In der Kaffeepause hatten die Gäste die Möglichkeit das Gehörte zu reflektieren und Fragen an das Podium zu formulieren. Einige Fragen wurden nach der Pause von Moderatorin Martina Schuster an die Referenten und folgende weitere Stakeholder gestellt:

- Dr.<sup>in</sup> Univ.-Prof.<sup>in</sup> Sigrid Stagl – WU Wien
- Dr. Clemens Wallner – Industriellenvereinigung
- Sektionschef DI Mag. Alfred Maier - Leiter der Sektion Bergbau und Energie im Wirtschaftsministerium

Fr. Stagl eröffnete ihr Resümee mit Kritik an der Rezeption Dr. Webers zu „Limits to Growth“. Sie verwies auf die 2008 erschienene Studie „A Comparison of the Limits to Growth with Thirty Years of Reality“ von Graham Turner. Turner komme laut Stagl hier zu dem Schluss, dass die Berechnungen des Basisszenarios, des sogenannten „Standard Runs“, erstaunlich nahe an den tatsächlich eingetretenen Entwicklungen lägen.

Als grundsätzliche Problemstellung rund um das Thema Erdöl definierte Dr. Wallner nicht die Ressourcenverfügbarkeit, sondern die CO<sub>2</sub>-Problematik sowie das strukturelle Leistungsbilanzdefizit, das aufgrund der Importabhängigkeit von Ölprodukten die österreichische Volkswirtschaft belaste. Weiters verwies Wallner auf das Ergebnis einer Umfrage der IV bei ihren Mitgliedsunternehmen, wonach die Sorge um Rohstoffknappheit als die zweitgrößte Herausforderung nach dem Faktor Arbeit, gesehen wird. 60 Prozent der Unternehmen sehen in der Rohstoffsituation bzw. bei den Rohstoffkosten ein Problem, was angesichts der hohen Materialkostenkomponente der Industrie nicht verwunderlich ist.

Zur Frage der Verfügbarkeit Seltener Erden verwies Dr. Weber darauf, dass China lediglich ein Exportverbot für Rohstoffe verhängt habe, dass aber Fertigprodukte, wie z. B. Magnete für Generatoren in Windkraftanlagen, weiterhin jederzeit von China importiert werden können. China, aber auch Vietnam, würden somit die Wertschöpfungskette verlängern und damit eine Strategie umsetzen, die auch in westlichen Industriestaaten existiert. Außerdem wies er darauf hin, dass der Zugang zu diversen Lagerstätten auch aufgrund diverser politischer Beschränkungen nicht gegeben sei und dass es wichtig sei diese Zugänglichkeit national wie international zu sichern.

Sektionschef Maier erläuterte, dass bei 51 von 61 beobachteten mineralischen Rohstoffen mehr als die Hälfte der Weltproduktion aus nur drei Ländern komme. Vor diesem Hintergrund seien wir strikt darauf angewiesen, dass es einen offenen Welthandel gäbe.

Dr. Hagelüken erläuterte, dass die Recyclinganlage von Umicore in Antwerpen auch aus Österreich mit Altstoffen beliefert wird. Solche Anlagen könnten erst ab entsprechenden kritischen Massen ausreichende Effizienz erreichen. Insofern seien nationale Alleingänge gegenüber übernationalen Lösungen nicht sinnvoll. Bezüglich der Debatte um Exportverbote von wertvollen Altmaterialien vertrat er die Ansicht, dass eine konsequente Umsetzung der bestehenden Regeln der Baseler Konvention ausreichend wäre. Demnach ist der Export gefährlicher Schrotte (z. B. Alautos, defekter Elektrogeräte) verboten. Dieses Verbot wird aber durch „kreative“ Händler und mangels ausreichender Kontrollen (Hafenbehörden etc.) häufig umgangen. Hier bestünde verstärkt Handlungsbedarf.

## 2.2. Zusammenfassung

Aus den Impulsreferaten sowie aus der Podiumsdiskussion können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

### **Stichwort: „Ressourcenverfügbarkeit“**

Die Frage nach der verfügbaren Menge an Rohstoffen ist für jeden einzelnen Rohstoff höchst komplex. Geologische und politische-wirtschaftliche Faktoren stellen jeweils unterschiedliche Herausforderungen dar. Dass es kurzfristig vor allem geopolitische Gefahren aufgrund der hohen Konzentration strategisch wichtiger Metalle in nur wenigen Ländern gibt, ist unstrittig. Kontrovers diskutiert wird jedoch, ob längerfristige Probleme aufgrund geologischer Verknappungen auftreten werden bzw. wann und bei welchen Rohstoffen damit zu rechnen ist. Faktoren wie Konzentrationsgrade, technische Entwicklungen bei der Lagerstättenexploration, der erforderliche Energieeinsatz zur Hebung der Ressourcen und die Effizienzsteigerung bzw. die Substitution bei der Verwendung von Rohstoffen sind wesentliche Eckpunkte, die bei der Beurteilung der Lage oftmals unterschiedlich gesehen werden.

Vor diesem Hintergrund ist bezüglich solcher Fragen eine verstärkte Forschung, auf nationaler und internationaler Ebene, sinnvoll. In mehreren Wortmeldungen wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass es vor der Produktentwicklungsphase angebracht ist, eine Analyse der Rohstoffverfügbarkeiten vorzunehmen. Solche Foresightanalysen sind für strategische Weichenstellungen von essenzieller Bedeutung!

### **Stichwort: Strategien zur Sicherung der Versorgungssicherheit**

Auch trotz Unsicherheiten in der Datenlage und Einschätzung zur tatsächlichen Kritikalität haben unterschiedliche Maßnahmen das Potenzial, die generelle Versorgungssicherheit mit Rohstoffen positiv zu beeinflussen.

Hierzu zählt beispielsweise ein auf möglichst vollständige und einfache Zerlegbarkeit ausgelegtes Produktdesign. Hintergrund: Viele Hightech Rohstoffe werden in solch geringen Konzentrationen bzw. solch kohärenten Materialkompositionen verbaut, dass eine Rezyklierung mit heutigen Methoden ökonomisch verunmöglicht wird.

Die Rückführung von Sekundärrohstoffen in qualitätserhaltende Rezyklierungskreisläufe ist ein wesentlicher Faktor zur Erhöhung der Ressourcenverfügbarkeit und erfordert Forschungsanstrengungen in diese Richtung. Hierbei ist einerseits auf eine möglichst vollständige Erfassung der Sekundärrohstoffe in den hierzu vorgesehenen Sammelschienen zu achten. Andererseits ist sicherzustellen, dass Sekundärrohstoffe nicht – teils durch Verletzungen der Baseler Konvention – ins Ausland abgeführt werden, wo sie unter umweltschädlichen Umständen nur zu einem geringen Teil wiedergewonnen werden.

Schlussendlich besteht auch in der Substitution von „kritischen“ Rohstoffen durch „unkritische“ eine Möglichkeit zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Auch zu diesem Punkt wird zukunftsorientierte Produktionsforschung wesentlich beitragen können.

Und last but not least bedarf es auch weiterhin einer kritischen Infragestellung unseres Wachstumsparadigmas, wie es beispielsweise mit „Wachstum im Wandel“ vorgesehen ist. Denn langfristig werden auf einem endlichen Planeten Versorgungsprobleme nur vermieden werden können, wenn wir vom Ertrag und nicht in dem Ausmaß vom endlichen Kapital leben.

## 2.3. Dokumentation

Alle Präsentationen der Fachveranstaltung sowie Highlights aus der abschließenden Podiumsdiskussion wurden mitgefilmt und sind online via YouTube abrufbar. Sie erreichen die Videosammlung über folgenden Link:

<http://www.youtube.com/user/energie2050#g/u>



Weiters sind alle Präsentationen der Referenten auch digital herunterzuladen unter:

<http://www.oegut.at/de/themen/energie/peak-forschung.php>

### 3. Präsentationsfolien

#### 3.1. Mag. Michael Cervený



## Zukunft der Energieversorgung

michael.cervený@oegut.at

### IEA: World Energy Outlook 2008: Energierévolution notwendig!



„Das **Welt-Energiesystem** ist am **Wendepunkt** angelangt. ...

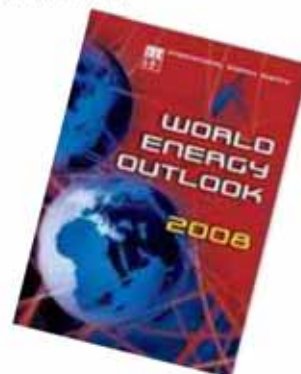
...die Zukunft des menschlichen Wohlstands hängt von zwei Herausforderungen ab:

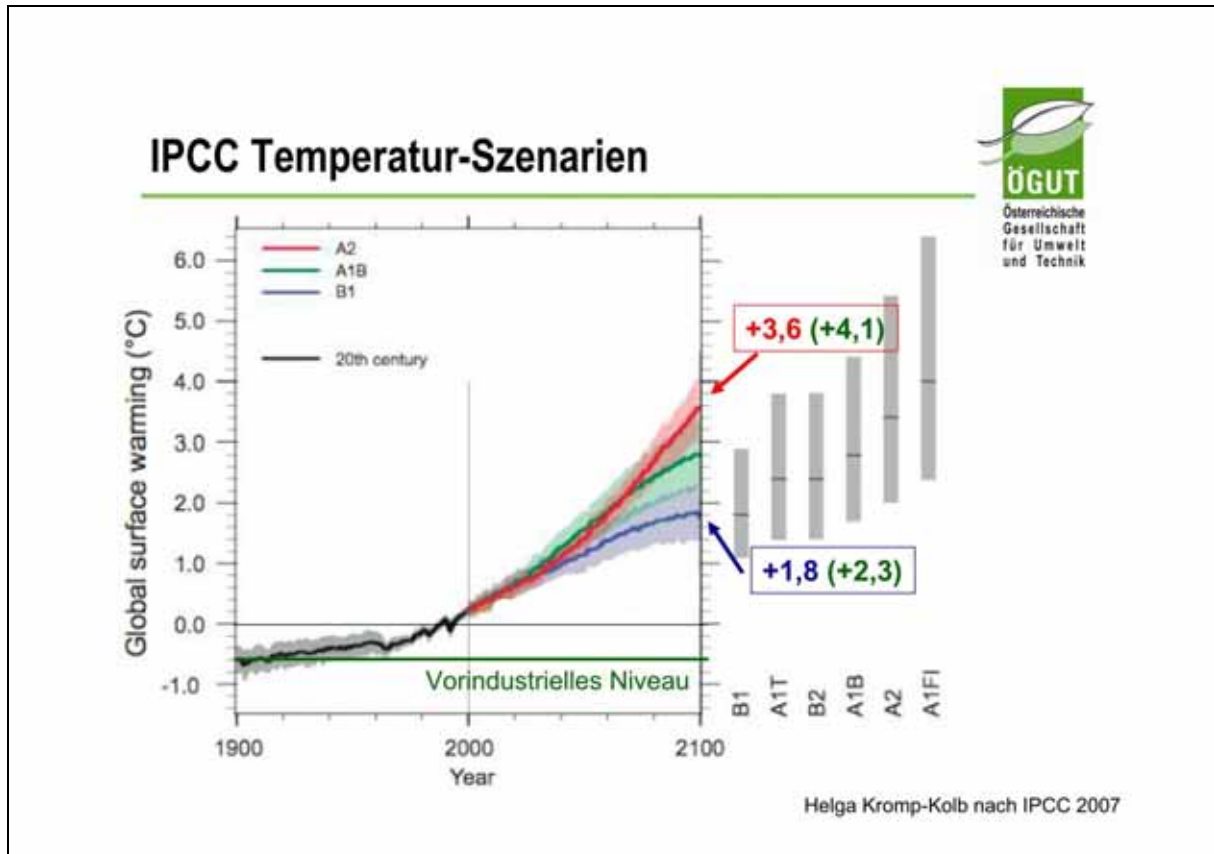
**Ob** es uns gelingt, die Versorgung mit verlässlicher und leistbarer Energie zu sichern und

**ob** eine rasche Wende in Richtung eines kohlenstoffarmen, umweltfreundlichen und effizienten Energiesystems gelingt.

Notwendig ist nichts weniger als eine **Energierévolution.**“

*IEA World Energy Outlook 2008 –  
Die ersten Zeilen der Executive Summary*





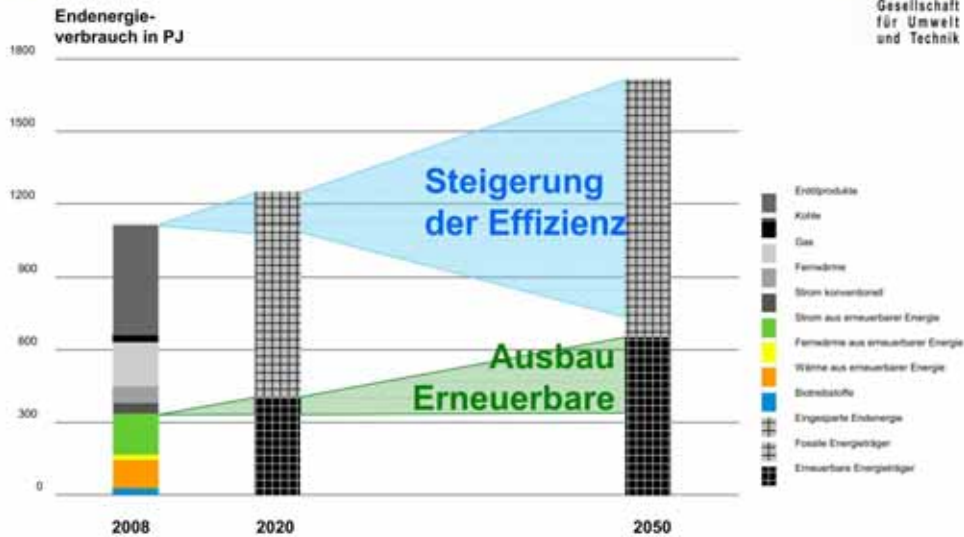
### Copenhagen-Accord-Ziel: 2°C Erwärmung nicht überschreiten

- ... kann erreicht werden, wenn bis 2050
  - ◆ 600 bis max. 750 Mrd. t CO<sub>2</sub> emittiert werden
  - ◆ und der Emissionspeak spätestens 2020 ist.
- → Emissionsreduktion bis 2050
  - ◆ global um 50 %
  - ◆ in den Industriestaaten um 80 bis 95 %  
(vom Europäischen Rat im Okt. 2009 zum EU-Ziel erklärt)

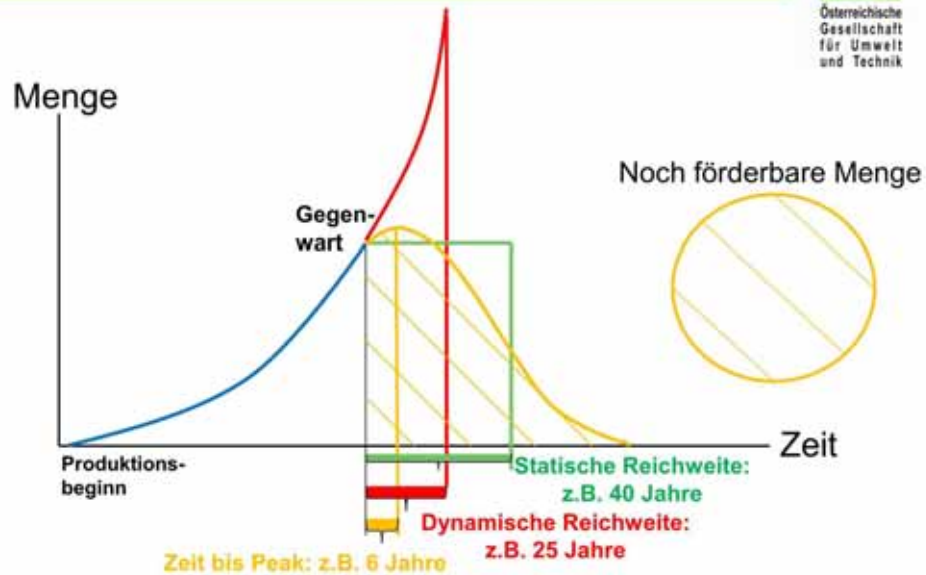
Helga Kromp-Kolb nach WBGU 2009



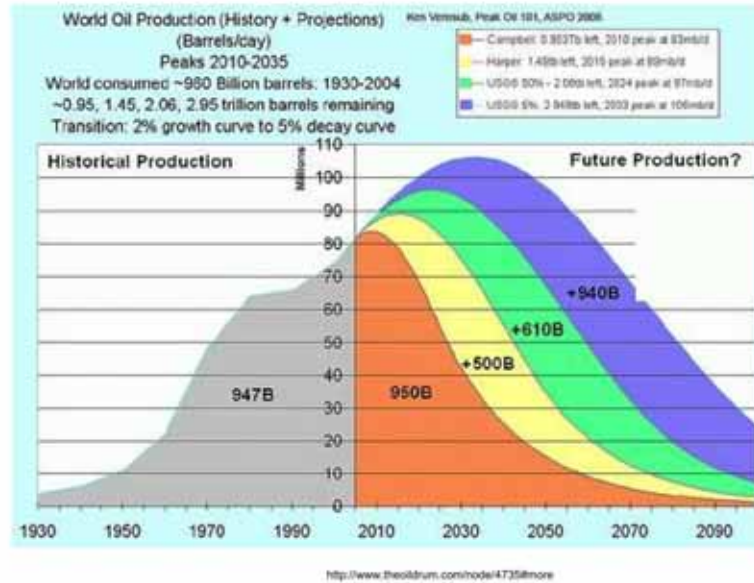
## Öst. Energie-/Klimaschutzvision bis 2050: Minus 90 % CO<sub>2</sub> – plus mind. 100 % BIP



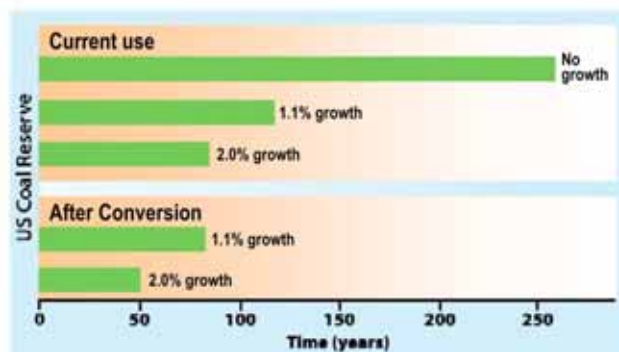
## „Reichweiten“: Falsche Vorstellungen über die Produktionscharakteristik endlicher Ressourcen



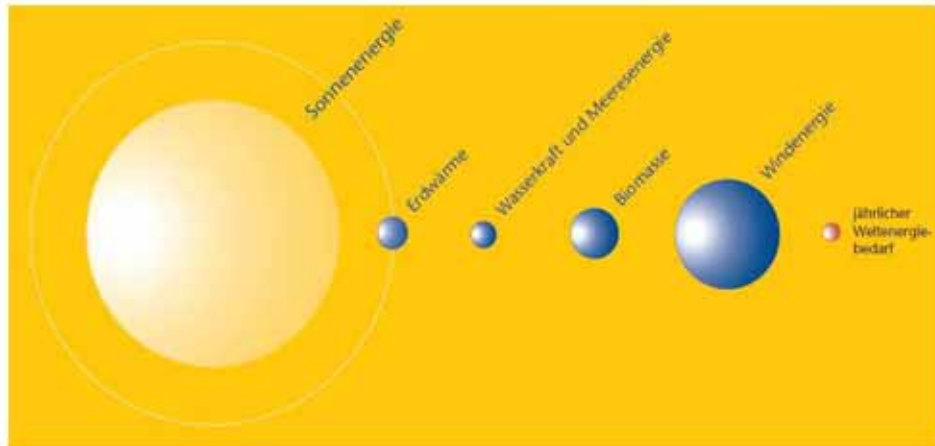
## Zeitpunkt des Peaks in Abhängigkeit von den insgesamt verfügbaren Reserven



## Verbrauchswachstum lässt „Reichweiten“ schrumpfen

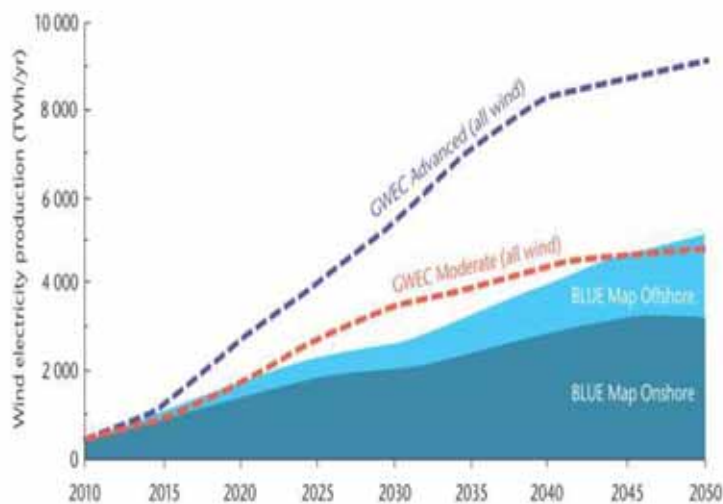


## In einer Stunde strahlt soviel auf die Erde ein wie die Menschheit im Jahr verbraucht



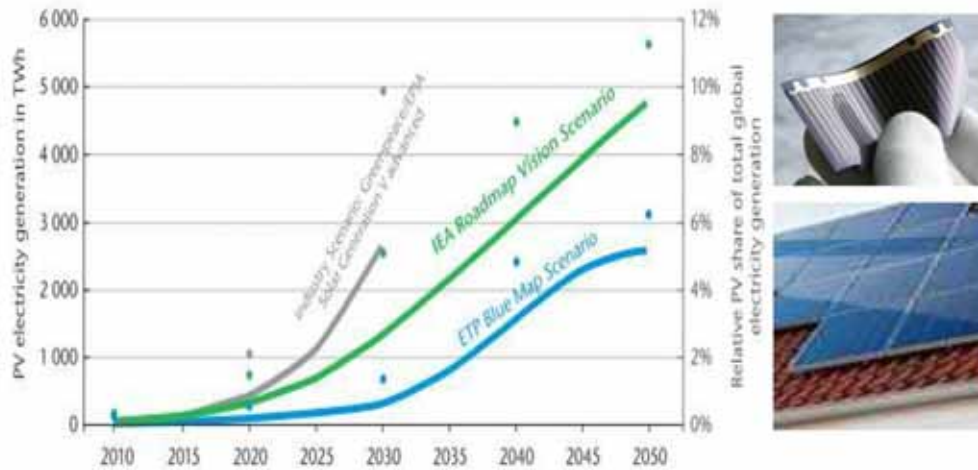
Potenziale erneuerbarer Energien und Weltenergiebedarf

## Windenergie global bis 2050: mal 10 bis mal 20 !? (~ 4 bis 8 % p.a.)



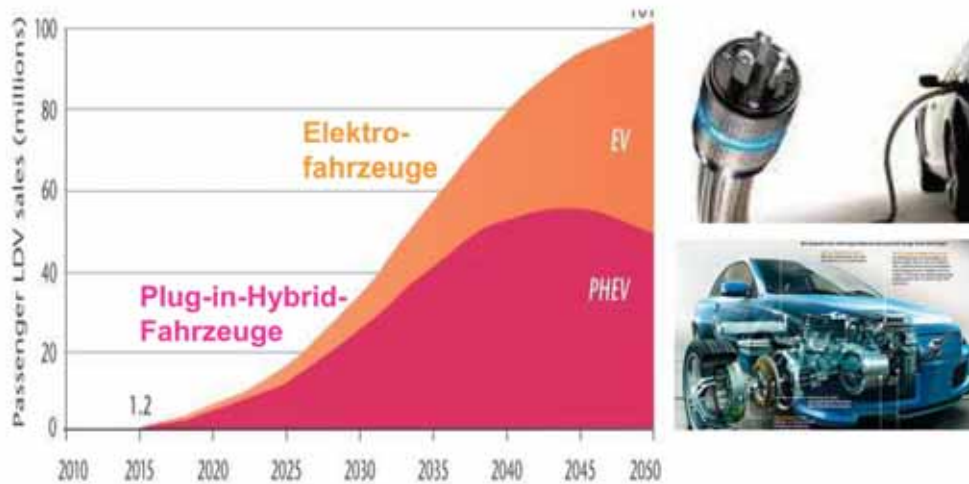
Source: IEA (2008a), Global Wind Energy Council (GWEC) (2008).

## Photovoltaik global bis 2050: mal 150 bis mal 300 !?

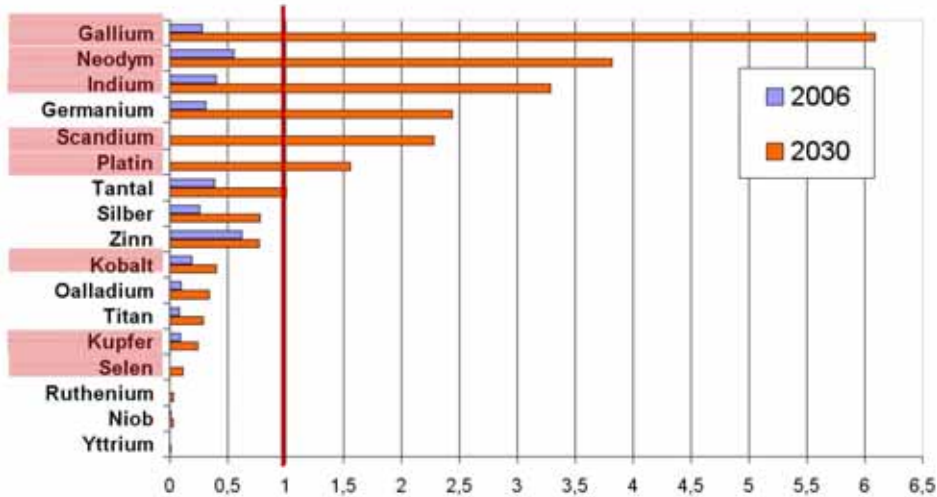


Sources: IEA Energy Technology Perspectives 2008, EPIA/Greenpeace Solar Generation V generation of the ETP BLUE Map scenario

## Elektrofahrzeuge global bis 2050: Ver-millionen-fachung?!



## Prognostizierter Rohstoffbedarf für energierelevante Zukunftstechnologien



Quelle: ÖGUT, Recherche für Zukunftstechnologien, im Auftrag von BMW, 2008

## Annahme: 10 % jährliches Verbrauchswachstum



Jährliche Wachstumsrate	Verdoppelungszeit
2	35
3	23
4	18
5	14
6	12
7	10
10	7





## Weniger Umwelt- und Ressourcen- zerstörung *nur* durch Technologien ?



- **$I = P \times A \times T$  (Impact = Population x Affluence x Technology)**
- **Effizienz- und Erneuerbaren-Technologien sind hilfreich, aber können sie alleine die notwendige Trendwende erzielen?**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

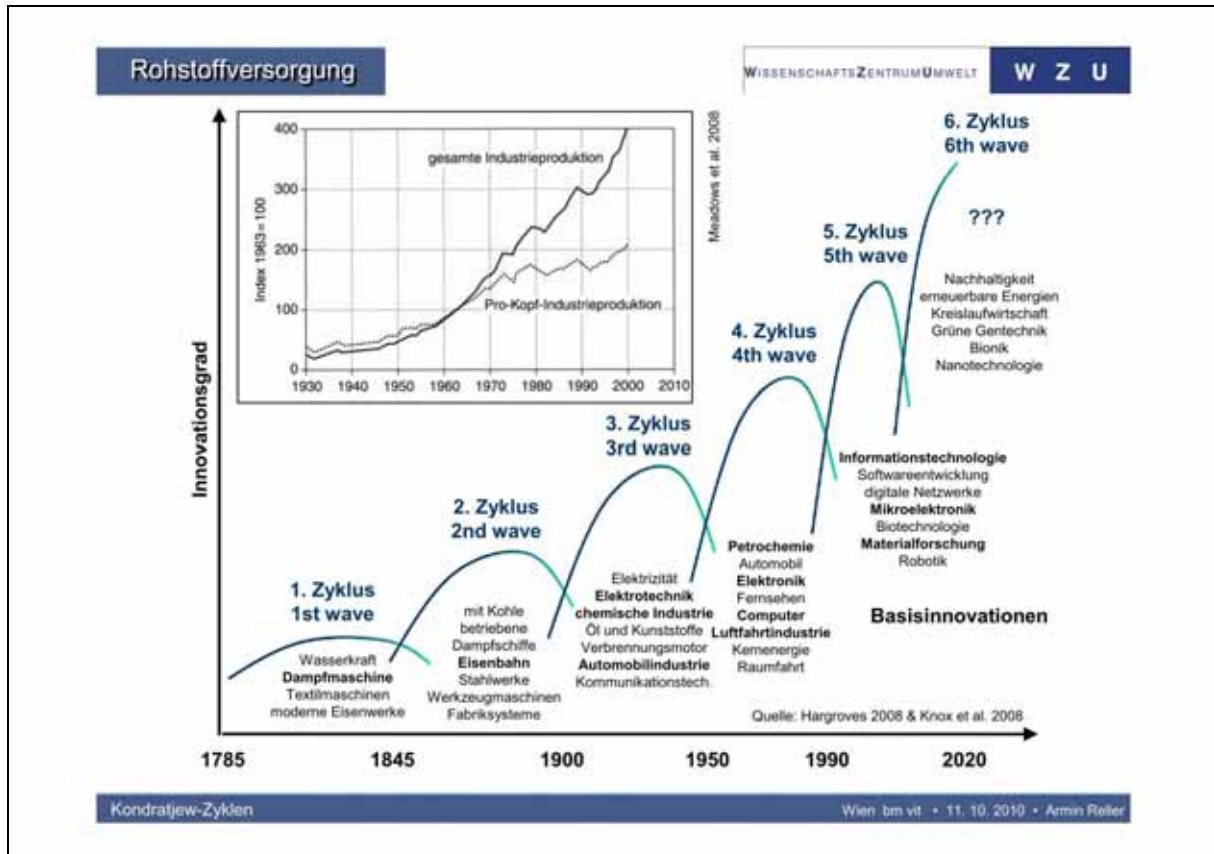


**michael.cervený@oegut.at**

**Neuigkeiten auf:**  
[www.twitter.com/MichaelCervený](https://www.twitter.com/MichaelCervený)

### 3.2. Univ.-Prof. Dr. Armin Reller







Rohstoffversorgung

Lüneburg



Lüneburg um die Mitte des 15. Jahrhunderts. Ausschnitt aus einem Bild von Hans Bornemann (Kirche St. Nikolai in Lüneburg).

Quelle: Marc Girouard: Die Stadt / Buchclub EX Libris, Zürich 1988 / S. 42

Wien bm vit. • 11. 10. 2010 • Armin Reller

Rohstoffversorgung

- 110.000 Tonnen aus
- Beton
- Stahl
- Aluminium und
- Glas
- Carrara Marmor
- Gold

Der [REDACTED] steht auf einer etwa 7000 Quadratmeter großen Platte aus Stahlbeton.

Diese ruht auf 750 Betonpfählen, die bis zu 50 Meter tief im Boden stecken. Für den Rohbau wurden mehr als 330.000 Kubikmeter Beton verwendet.



- 13.000 Türen
- 189 Etagen; davon
- 162 bewohnbar
- 517.240 qm
- Geschossfläche
- 24.000 Tonnen
- Carrara Marmor
- 8.000 qm
- 22-karätiges Gold

→ 31.400 metrische Tonnen Stahl

→ 1.375 Tonnen Aluminium

→ 28.261 Glasplatten  
44.000 Tonnen Glas

Und.....  
Hunderte von Metall-basierten Materialien

Quelle: <http://www.welt.de/reise/article5719347>

Wien bm vit. • 11. 10. 2010 • Armin Reller



Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT

W Z U




Wien bm vlt • 11. 10. 2010 • Armin Reller



Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Ölsand Alberta / Kanada



Quelle: Die Zeit / 06.11.2008 / Nr. 46 / Rubrik Wirtschaft / S. 38

Wien: bm vit • 11. 10. 2010 • Armin Reiler

Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Abbau von Ölsand in Alberta, Kanada



Quelle: www.zdf.de

Wien: bm vit • 11. 10. 2010 • Armin Reiler

Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Öl sprudelt... Wie lange noch?



Quelle: <http://www.blick.ch/news/ausland/traese-bleibt-in-staigrohr-stecken-oel-sprudelt-waeter-148168> Wien, bm vlt • 11. 10. 2010 • Armin Reller

Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Energieverbund der Zukunft



DESERTEC-EUMENA

- Concentrating Solar Power
- Hydro
- Photovoltaics
- Biomass
- Wind
- Geothermal

DESERTEC

CSP collector areas for electricity

- World 2005
- 20-25 2005
- MENA 2005
- TRANS-CSP N/A EUMENA 2010

Quelle: <http://www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-43446-14.html#backToArticle=630961> Wien, bm vlt • 11. 10. 2010 • Armin Reller



**Rohstoffversorgung** WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

Wien, 10. Okt. 2010 • Armin Reller

**Rohstoffversorgung** WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

**Requirements for 3D Solar Cells**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1 percolation of electrons and holes</li> <li>2 selective contacts</li> <li>3 no electrical shunts (pinholes)</li> <li>4 stoichiometric <math>\text{TiO}_2</math> pores</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5 p-type <math>\text{CuInS}_2</math></li> <li>6 buffer layer</li> <li>7 intimate contact</li> <li>8 complete filling of</li> </ol>
---	---

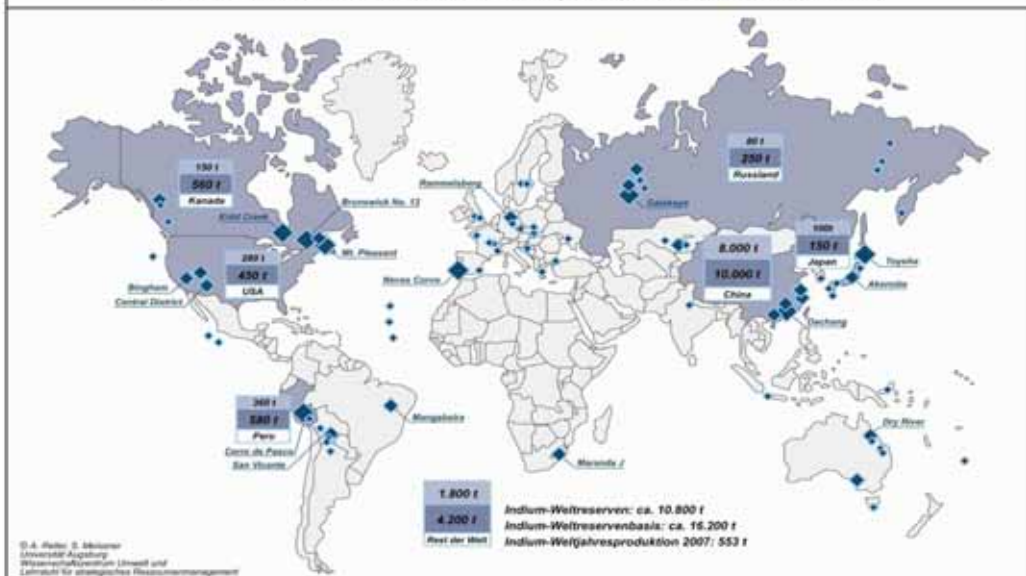
Wien, 10. Okt. 2010 • Armin Reller



ZENTEC Aschaffenburg • 30. 09. 2010 • Armin Reiler

### Erzlagerstätten mit Indiumvorkommen und Indiumproduzierende Länder

(Quellen: Schwarz-Schampera 2004, Butties 2006, United States Geological Survey 2008, Roskill 2008, Indium Corporation 2008)



© A. Reiler, S. Müller  
 Universität Augsburg  
 Wissenschaftszentrum Umwelt und  
 Lehrstuhl für strategisches Ressourcenmanagement

#### Erzlagerstätten / Abbaugebiete

- ◆ Erzlagerstätten mit sehr hohen Fördermengen an Indium
- ◆ Erzlagerstätten mit hohen Fördermengen an Indium
- ◆ Erzlagerstätten mit geringen Fördermengen an Indium

#### Indium-Reserven

- Länder mit bedeutenden Indiumreserven
- 500 t (derzeit wirtschaftlich abbauwürdige) Reserven
- 1.000 t (Reservenbasis (= derzeit wirtschaftlich abbauwürdige Reserven + zukünftig wirtschaftlich und technisch mögliche abbaueisige Reserven))

#### Jahresproduktion von Indium (Raffination in 2007)

1. China: 320 t
2. Japan: 60 t
3. Kanada: 50 t
4. Südkorea: 50 t
5. Belgien: 30 t
6. Russland: 12 t
7. Deutschland: 10 t
8. Peru: 6 t
9. Niederlande: 5 t
10. Großbritannien: 5 t



## Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

### Indiumzinnoxid

- Indium-Zinn-Oxid (Indium-Tin-Oxide: ITO) ist ein transparentes Glas und weist eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf
- ITO ist ein perfektes Funktionsmaterial für die Liquid-Crystal-Display-Technologie (LCD)



Quelle: Wikipedia.de

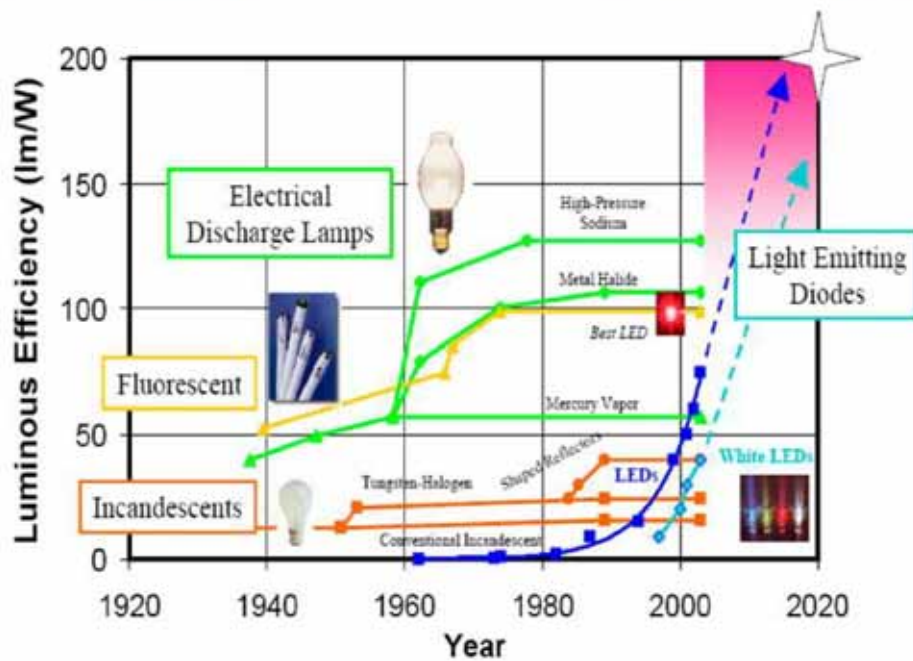
Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reiter

## Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U



Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reiter

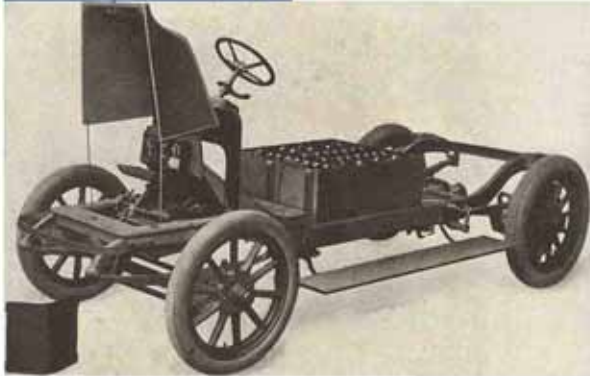






Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U



Wien, bm vlt. • 11. 10. 2010 • Armin Reiter

Rohstoffversorgung

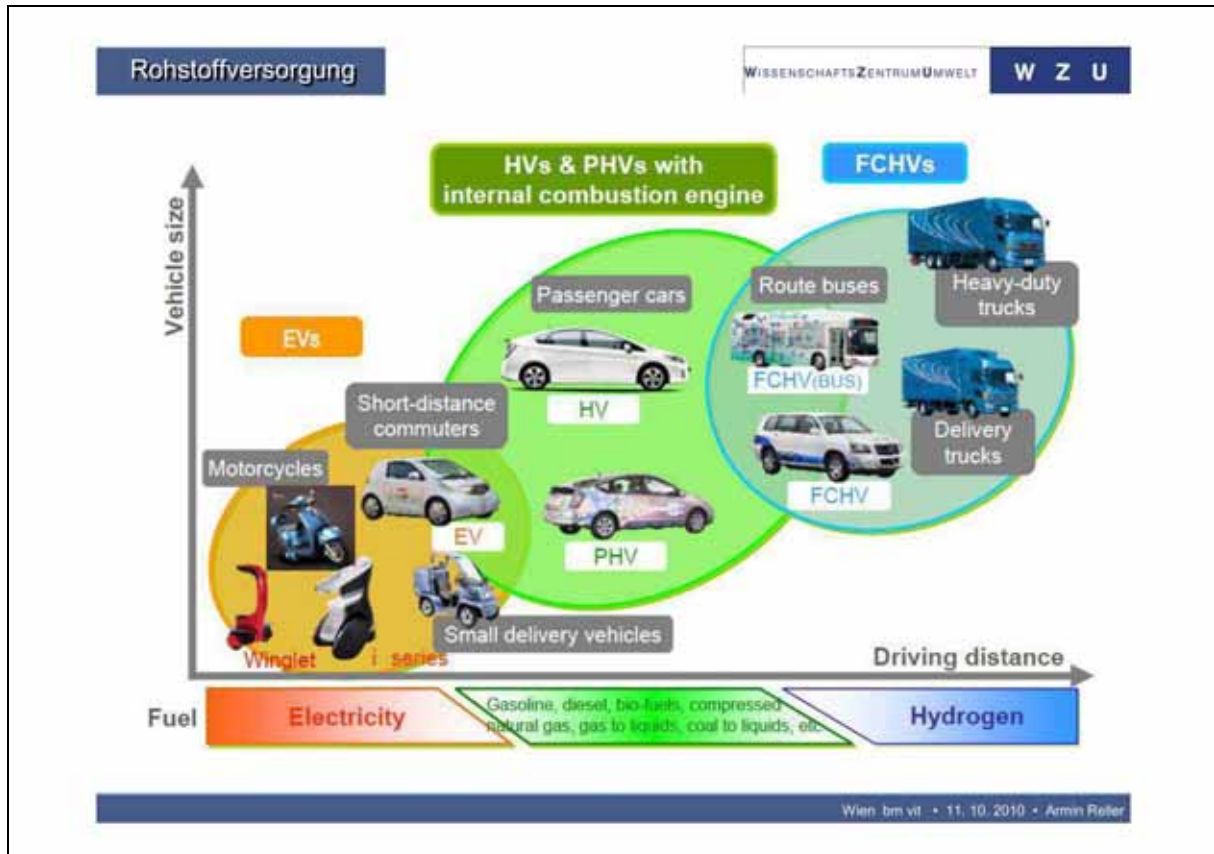
WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U



Quelle: <http://www.knowledge.allianz.at/deutsch/multimedia/bildergalerien/emissionen/2.html>

Wien, bm vlt. • 11. 10. 2010 • Armin Reiter





Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Eisenerzmine Carajas, Brasilien



Quelle: [http://www.miningreview.com/archive/mra\\_5\\_2004/26\\_1.php](http://www.miningreview.com/archive/mra_5_2004/26_1.php)

Wien bm vit • 11. 10. 2010 • Armin Reiter

Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT W Z U

Kupfererzabbau – Bingham (USA)



Quelle: [www.kochpod.com](http://www.kochpod.com)

Wien bm vit • 11. 10. 2010 • Armin Reiter



**Rohstoffversorgung** WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

**Lithium Weltproduktion:** 27.400 t (2008)  
**Reserven:** 6,1 Mio. t (Reichweite 220 Jahre)  
**Länderkonzentration:** Reservenbasis zu 81 Prozent in drei Ländern  
**Verwendung:** mobile Energiespeichersysteme, Elektro- und Hybridautos  
**Prognose:** Bedarfszuwachs um Faktor 3,5 bis 2030 (Reichweite 64 Jahre)  
**Preis:** 1 Tonne für 5200 USD (Stand 2008); ~ 2000 USD (Stand 2004)

Land	Anteil (%)
Bolivien	42%
Chile	23%
Argentinien	16%
China	9%
USA	6%
Kanada	2%
Australien	0,5%

Quelle: USGS 2009

Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reiter

**Rohstoffversorgung** WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

## Vorkommen als Mineral

**Monazit**

$(\text{Ce, La, Th, Nd, Y})\text{PO}_4$

**Bastnäsit**

$(\text{Ce, La, Y})\text{CO}_3\text{F}$

Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reiter

## Anwendungen - 1 -

### Effizienter Einsatz von Energie

geringer Verbrauch



- Kompakt-Leuchtstofflampen
- Hybrid-Fahrzeuge
- Gewichtsreduktion im Automobilbau

### Umweltschutz

geringe Emissionen



- Windräder (Generatoren)
- Abgaskatalysatoren
- Diesel-Additive

### Digitaltechnologie

Kleiner, Leistungsfähiger



- Flat Panel Displays
- Digital Kameras
- Festplatten

Quellen: Greenpeace, Renault, Daimler, Toyota, Vestas, Sony, Hitachi

Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reller

## Anwendungen - 2 -

### Medizintechnik



- Magnetic Resonance Imaging
- Röntgenapparate
- Nuklearmedizin
- Additive für Medikamente
- Laser

### Militärische Anwendungen



- Permanentmagnete für Antriebssysteme, Sensoren und Lenkeinheiten
- Energiespeicher (Batterien)
- Elektromotoren (Kampfflugzeuge, Panzer, Schiffe)

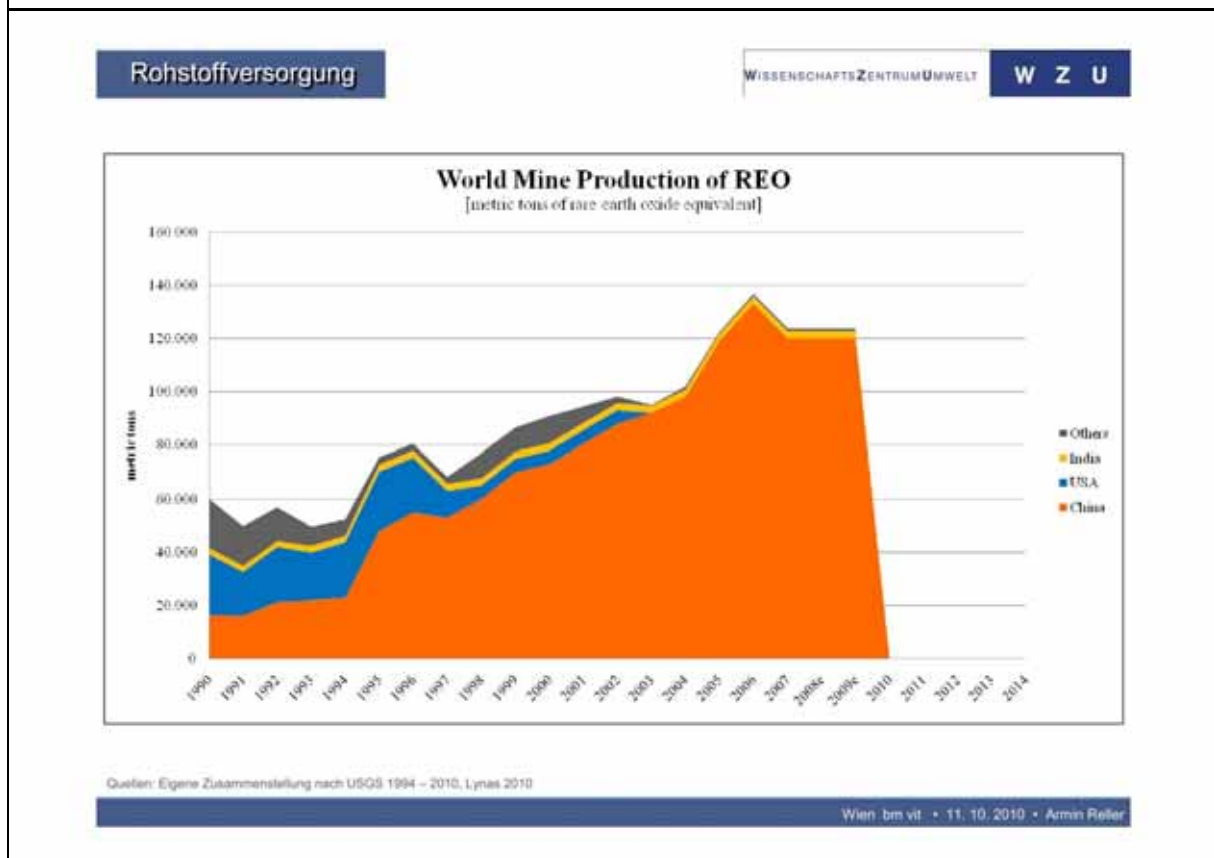
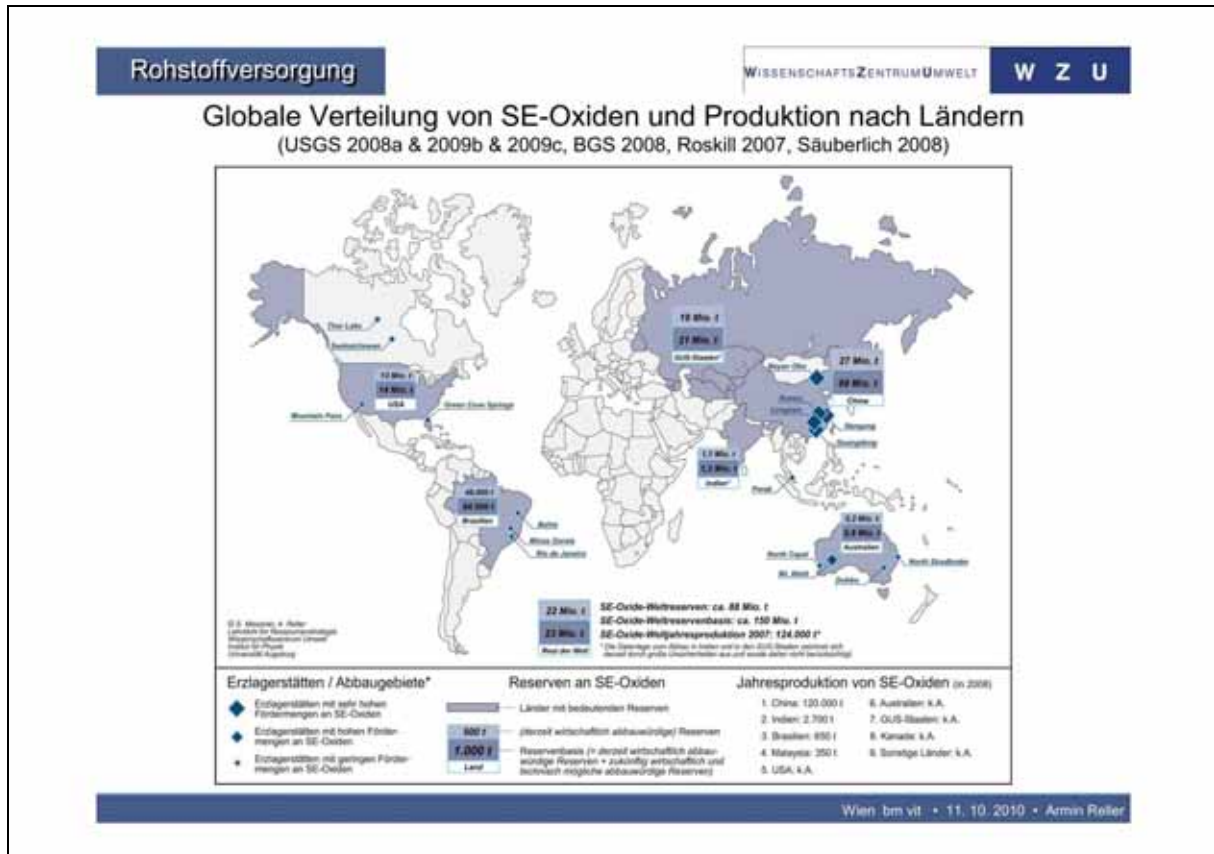
### Weitere Anwendungen

- Laser-Schneidwerkzeuge (YAG-Laser)
- Glasfaser-Signalverstärker
- Superconductors
- Neutronenabsorber
- Anwendung in Siedewasserreaktoren
- Algenwachstumskontrolle
- Wasseraufbereitung

Quellen: RWTH Aachen; USAF; Roskill 2007, Lynas 2010.

Wien, 11. 10. 2010 • Armin Reller







Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

**Grundbedürfnis Kommunikation**

Wien, 10.10.2010 • Armin Reiler

Rohstoffversorgung

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

### Der Siegeszug der Mobiltelefone

**Verkaufte Mobiltelefone zwischen 1997 und 2009**  
(nach Gartner 2005 und International Telecommunication Union 2006)  
Top Five Mobile Phone Vendors, Q1 2008 Results (Units in millions)

Vendor	1Q08 Shipments	1Q08 Market Share	1Q07 Shipments	1Q07 Market Share	1Q08/1Q07 Growth
Nokia	113.5	39.6%	51.1	31.7%	26.8%
Samsung	46.3	15.9%	34.9	13.5%	33.6%
Motorola	27.4	9.4%	45.4	17.8%	-39.7%
LG Electronics	24.4	8.4%	15.8	8.2%	54.4%
Sony Ericsson	22.3	7.6%	21.8	8.5%	2.3%
Others	66.7	23.1%	46.1	18.1%	20.8%
Total	291.6	100.0%	260.0	100.0%	14.3%

Source: IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker, April 24, 2008  
Note: Vendor shipments are branded shipments and exclude OEM sales for all vendors.

Wien, 10.10.2010 • Armin Reiler





### Rohstoffversorgung



Material	% Weight
Silizium	24,8803
Plastik	22,9907
Eisen	20,4712
Aluminium	14,1723
Kupfer	6,9287
Blei	6,2988
Zink	2,2046
Zinn	1,0078
Nickel	0,8503
Barium	0,0315
Mangan	0,0315
Silber	0,0189
Beryllium	0,0157
Kobalt	0,0157
Tantal	0,0157
Titan	0,0157
Antimon	0,0094
Kadmium	0,0094

Material	% Weight
Bismut	0,0063
Chrom	0,0063
Quecksilber	0,0022
Germanium	0,0016
Gold	0,0016
Indium	0,0016
Ruthenium	0,0016
Selen	0,0016
Arsen	0,0013
Gallium	0,0013
Palladium	0,0003
Europium	0,0002
Niob	0,0002
Vanadium	0,0002
Yttrium	0,0002
Platin	in Spuren
Rhodium	in Spuren
Terbium	in Spuren

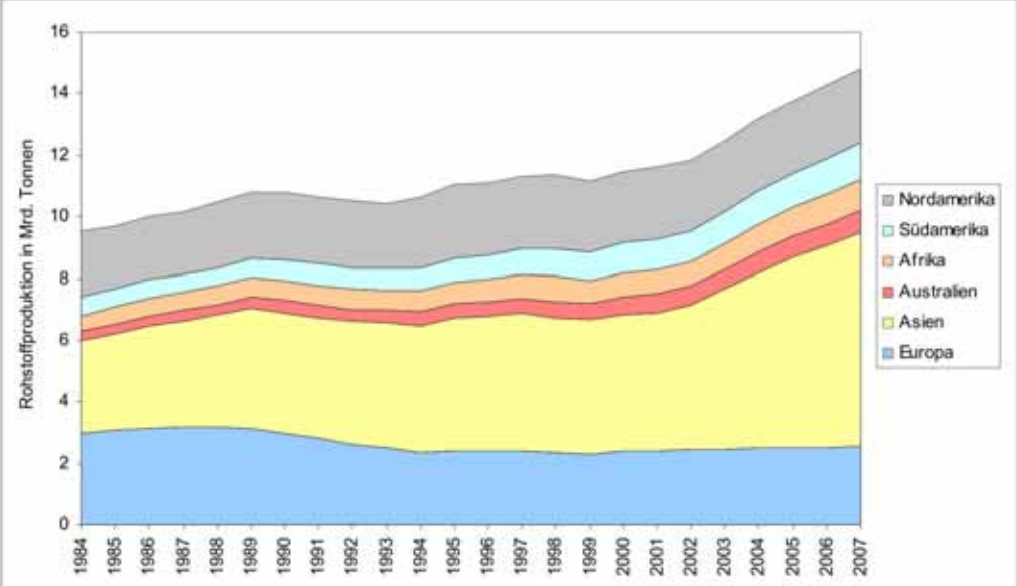
WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

Wien, bm vit. • 11. 10. 2010 • Armin Reller

### Rohstoffversorgung

### Weltproduktion mineralischer Rohstoffe nach Kontinenten

(nach Weber et al. 2009)



	Nordamerika
	Südamerika
	Afrika
	Australien
	Asien
	Europa

WISSENSCHAFTS ZENTRUM UMWELT **W Z U**

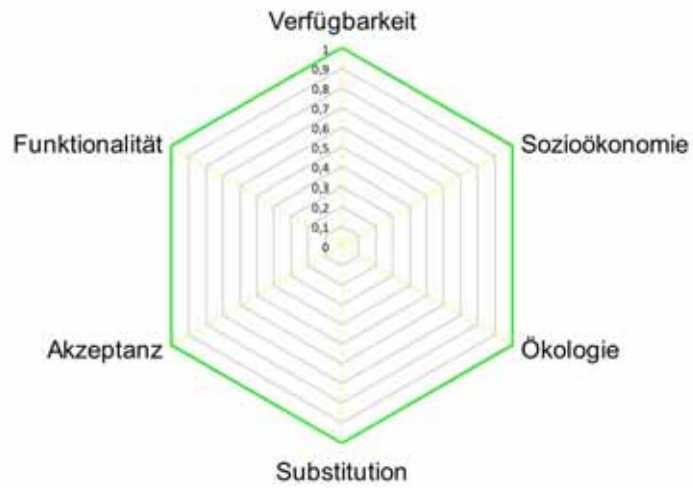
Wien, bm vit. • 11. 10. 2010 • Armin Reller

39





## Kritikalität von Ressourcen und Funktionsmaterialien



### 3.3. Dr. Christian Hagelüken



## Wir brauchen eine globale Recyclingwirtschaft - mit völlig neuen Ansätzen





Wie sicher ist die Rohstoffversorgung für die Energietechnologien der Zukunft?  
Wien, 11.10.2010




Dr. Christian Hagelüken, Umicore

### Beispiel Elektronik – die Masse macht's



#### Weltweite Verkäufe, 2008 (2009):

##### a) Mobiltelefone:

1300 Mio Stück 


- x 250 mg Ag ≈ 325 t Ag
- x 24 mg Au ≈ 31 t Au
- x 9 mg Pd ≈ 12 t Pd
- x 9 g Cu ≈ 12,000 t Cu

1300 Mio Akkus\*

- x 3.8 g Co ≈ 4900 t Co

\* Li-Ion Typ

##### b) PC & Laptops

300 Mio Stück 

- x 1000 mg Ag ≈ 300 t Ag
- x 220 mg Au ≈ 66 t Au
- x 80 mg Pd ≈ 24 t Pd
- x ≈ 500 g Cu ≈ 150,000 t Cu

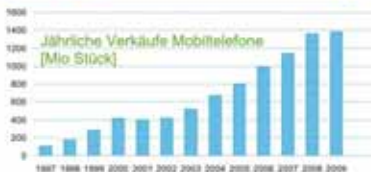
≈140 Mio Laptop Akkus\*

- x 65 g Co ≈ 9100 t Co

\*\* Li-Ion Typ (heute Standard)

##### Welt Minen / a+b Produktion / Anteil

Ag: 21,000 t/a ▶ 3%  
 Au: 2,400 t/a ▶ 4%  
 Pd: 220 t/a ▶ 16%  
 Cu: 16 Mio t/a ▶ <1%  
 Co: 60,000 t/a ▶ 23%



- Kleinstmengen pro Stück ⇔ signifikante Gesamt mengen
- Handy-Verkäufe kumuliert bis 2009: 8,6 Mrd. Stck. mit 2100 t Ag, 200 t Au, 80 t Pd; Bruttowert = 8,5 Mrd. €
- Wieviel dieser „Urban Mine“ wird wirklich recycelt ?



## Edel- & Sondermetalle = „Technologiemetalle“ → entscheidend für Funktionalität



- Konzentration oft in bestimmten Bauteilen, z.B. Leiterplatten
- **Komplexe Zusammensetzung:** Kombination aus Wert- & Schadstoffen, Spurenelemente, innige Materialverbünde, starke Verdünnung im Endprodukt (PC, Auto ...)

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

3

## Beispiel Auto – Großer Einfluss auf Metallnachfrage



Globale Verkäufe 2008 (2009)  
52,2 (50,9) Mio.  
Bestand ~ 1,3 Mrd.



Moderne Fahrzeuge: steigender Bedarf an Technologiemetallen (Elektronik, EV/HEV, ...)

Metallnachfrage Automobilindustrie		
	in 1000 t/a	Anteil an Primärproduktion**
<b>Stahl</b>	100 000	10%
<b>Al</b>	7 300	30%
<b>Pb*</b>	7 000	170%
<b>Cu</b>	1 900	12%
<b>Ni</b>	140	10%
...		
<b>Pt</b>	0,12	65%
<b>Pd</b>	0,14	>60%
<b>Rh</b>	0,03	110%

2008 Daten (gerundet)  
\* Einsatz in Bleiakkus (v.a. im Auto)  
Pt, Pd, Rh v.a. im Kat  
\*\* > 100% = zusätzl. Versorgung aus Recycling

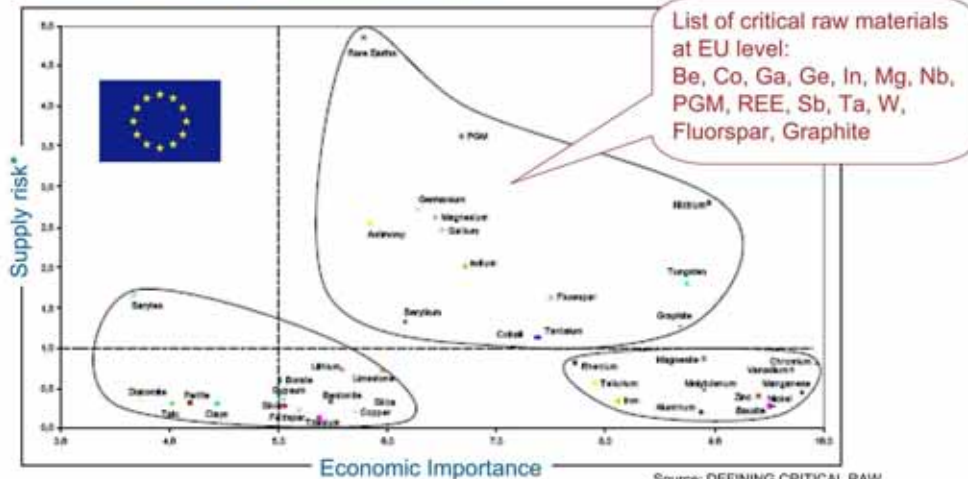
Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

4





## EU-Rohstoffinitiative - 14 kritische Materialien Massenmetalle sind nicht darunter



\* depending on: level of concentration of ww production (HHI) linked with World Bank "ww governance indicator" + potential for substitution + current recycling rate

Source: DEFINING CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU: A Report from the Raw Materials Supply Group ad hoc working group defining critical raw materials; July 30, 2010

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

5



## „Urban Mining“ – mehr als ein Modebegriff

Primär Produktion = 5 g/t Au im Erz  
Ähnlich für PGM



### Recycling

= 200 g/t Au in PC Leiterplatten,  
= 300 g/t Au in Mobiltelefonen (o. Batt.)  
= 2000 g/t PGM in Autokat-Monolithen



Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

6

## Auch ohne geologische Knappheit ist Recycling wichtig, um ...

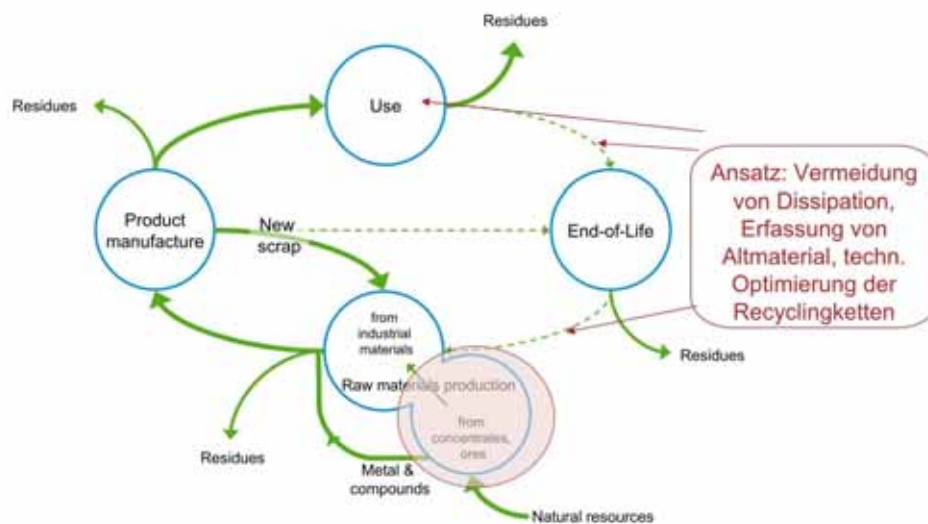
- ✓ ... Umwelteinflüsse des Bergbaus abzumildern
  - Weniger Energiebedarf/CO<sub>2</sub> (höhere Erzkonzentration; leichter Zugang)
  - Geringerer Land- & Wasserbedarf
  - Geringerer Einfluss auf Biosphäre (Regenwald, (Ant)arktis, Meeresbergbau ...)
- ✓ ... Schäden durch Nicht-Recycling zu vermeiden (Emissionen, Flächenbedarf etc.)
- ✓ ... Geopolitische Abhängigkeiten von wenigen Förderländern/-Firmen zu vermindern
- ✓ ... Ethische Rohstoffversorgung zu unterstützen (transparente Versorgungskette ...)
- ✓ ... Versorgungsrisiko aus primärer Koppelproduktion zu reduzieren
- ✓ ... Metallpreis Volatilität zu dämpfen
  - Verbessert Bilanz zwischen Nachfrage & Angebot
  - Verlängert die Reichweite der Primär-Ressourcen
  - Begrenzt Spekulation (breitere Versorgungsbasis ist weniger störungsanfällig)

➡ Bergbau & Recycling ("urban mining") sind komplementär

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

7

## Realität für viele Technologiemetalle – kaum EoL- Recycling, Abhängigkeit von Primärversorgung



Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

8

## Gutes Recycling ist komplexer als im Film...

- + Metallrecycling "unendlich oft" möglich (kein "downcycling")
- + Hohe Metallausbeuten bei moderner Technik
- + Deutlich geringere CO<sub>2</sub> Belastung als Bergbau
- Grenzen bei Metallen im Spurenbereich
- Komplexe Produkte erfordern abgestimmte Recyclingkette (Systemansatz)
- Thermodynamische Grenzen bei einigen Metallen (Ta, Li, Seltene Erden, ...)
- Probleme bei der Kreislaufführung von Konsumgütern



From: Disney/Pixar www.wall-e.com



Christian Hagelöken, OGUT Wien, 11.10.2010

9

## Recyclingkette – der Systemansatz entscheidet



- Kette als System auslegen, Wechselwirkungen berücksichtigen
- Edelmetalle dominieren ökologischen & ökonomischen Wertinhalt → EM Verluste minimieren
- Erfolgsfaktoren: Schnittstellenoptimierung, Spezialisierung, „economies of scale“.

Gesamtwirkungsgrad bestimmt durch schwächstes Glied

Christian Hagelöken, OGUT Wien, 11.10.2010

10



## Umicore: High Tech & Economies of Scale Recycling von Edel- & Sondermetallen



- Fokus EM-haltiges Sekundärmaterial, Input > 300 000 t/a, globale Kundenbasis
- Gewinnung: 7 EM & 11 weitere Metalle: Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Cu, Pb, Ni, Sn, Bi, Se, Te, Sb, As, In, Ga. Recycelter Metallwert 2007: 3 Mrd US-\$
- Neu-Investitionen seit 1997: 400 Mio €; Invest. für vergleichbare Anlage: >> 1 Mrd €!
- Komplexes Verfahren, hohe Metallausbeuten > 95 % bei EM, minimale Abfallmenge

## Umicore's innovative Cu-, Pb-, Ni-Metallurgie zur Rückgewinnung von Edel- & Sondermetallen





## Herausforderungen & Grenzen des Recyclings

- 1) Nicht-Erfassung & dubiose Exporte (Altautos, WEEE, ...)
- 2) Ungeeignete Technologien & schlechtes Schnittstellenmanagement
- 3) Ökonomische & technische Herausforderungen



➔ Wie kann der Kreislauf für Technologiemetalle verbessert werden ?

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

13

## (1) Schlechte Erfassung von Altgütern, dubiose Exporte & ineffizientes Hinterhofrecycling



### WEEE aus Europa:

- > 60% WEEE nicht korrekt recycelt, Metalle verloren (Exporte, Mülltonne, ...)\*
- > 70% bei IT & Telecom, Haushaltskleingeräten\*
- > Metallverlust > 5 Mrd. \$



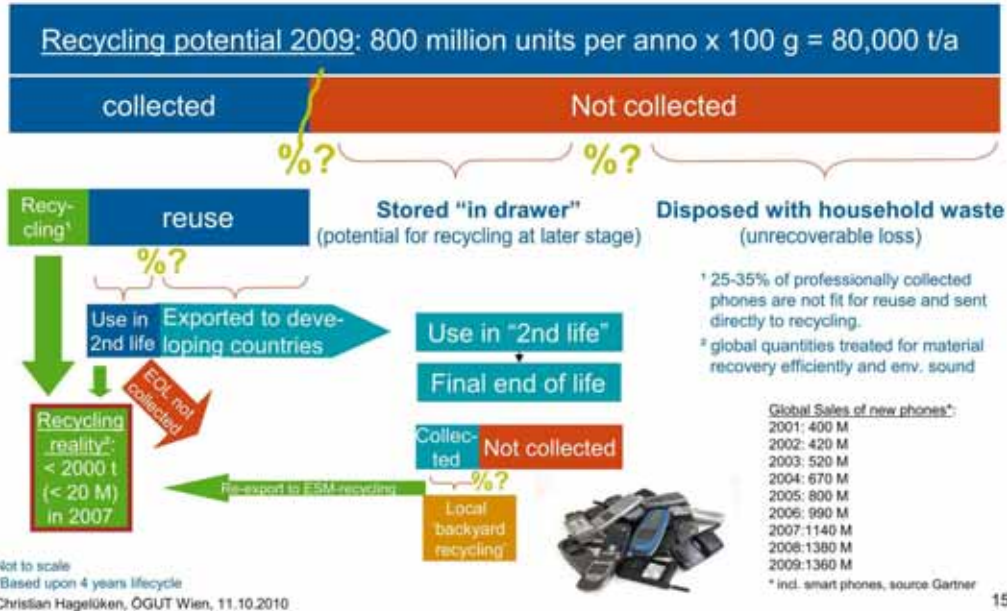
- Hinterhof-„Recycling“ in Asien & Afrika
- Hohe Metallverluste (Au-Ausbeute < 25%)
- Verheerende Umweltauswirkungen
- Mangelnder Vollzug der Gesetzgebung

\*Quelle: Huisman, Kühr et. al: WEEE review report, 2007

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

14

### (1) Beispiel Mobiltelefone – ein flüchtiges Gut



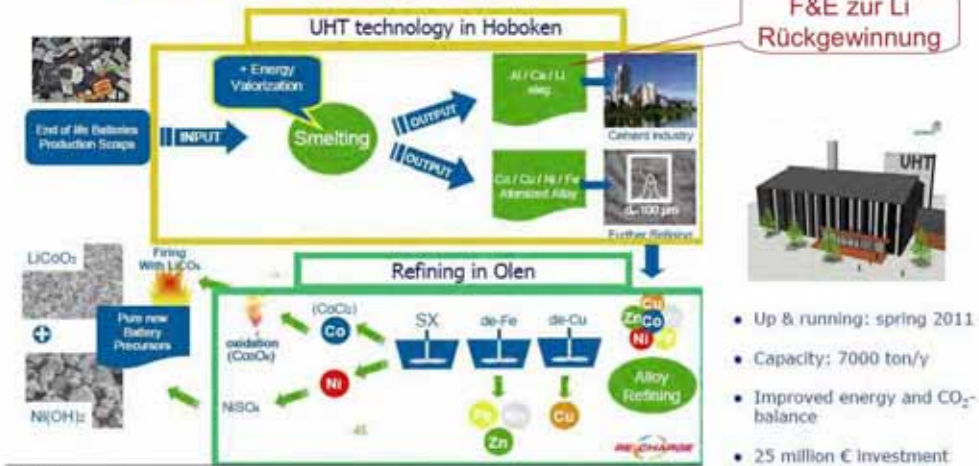
### (3) Überwindung ökonom. & techn. Probleme

- **Ökonomische Probleme (geringer Wertinhalt)**
  - Negativer Nettowert durch geringe Wertmetallkonzentration & durch niedrige Metallpreise. Bei Massen Anwendungen in Summe trotzdem hoher Gesamteinsatz an Technologiemetallen.
  - Z.B. Lithium in Akkus, Indium in LCDs & PV-Modulen
  - Schaffung ökonomischer Anreize & technische Optimierung (Kosten & Effizienz)
- **Dissipative Nutzung verhindert wirtschaftl. Recycling (Preis-unabhängig)**
  - Z.B. Silber in Textilien oder RFID chips
  - Vermeidung dissipativer Nutzung oder Einsatz unkritischer Substitute
- **Technische Zugänglichkeit relevanter Bauteile**
  - Z.B. Autoelektronik, SE-Magnete in Elektromotoren
  - Entwicklung von "Design for Disassembly", Sortier- & "Prä-Shredder" Aufbereitungstechnik
- **Thermodynamische Grenzen & ungünstige Metallkombinationen**
  - Z.B. Seltene Erden, Tantal, Gallium, in Elektronik, Lithium in Akkus
  - Berücksichtigung des Recyclings bei Entwicklung neuer Materialkombinationen
  - Weiterentwicklung Refining Technologie, v.a. für Schlacken, Abwässer & andere Rückstände

### (3) Innovative Recycling Technologie – Beispiel Umicore Prozess für Li-Ionen & Ni MH Akkus



#### Overview of the complete process



- Up & running: spring 2011
- Capacity: 7000 ton/y
- Improved energy and CO<sub>2</sub>-balance
- 25 million € investment

Source: Eurometalex's proposals for the Raw Materials Initiative, annex, a case story on rechargeable batteries, prepared by Umicore & Recharge, June 2010

Christian Hagelöken, OGUT Wien, 11.10.2010

17

### Kritikalität als neuer Recycling-Treiber ?



Politik – Gesetzgebung

#### Recycling-Treiber:

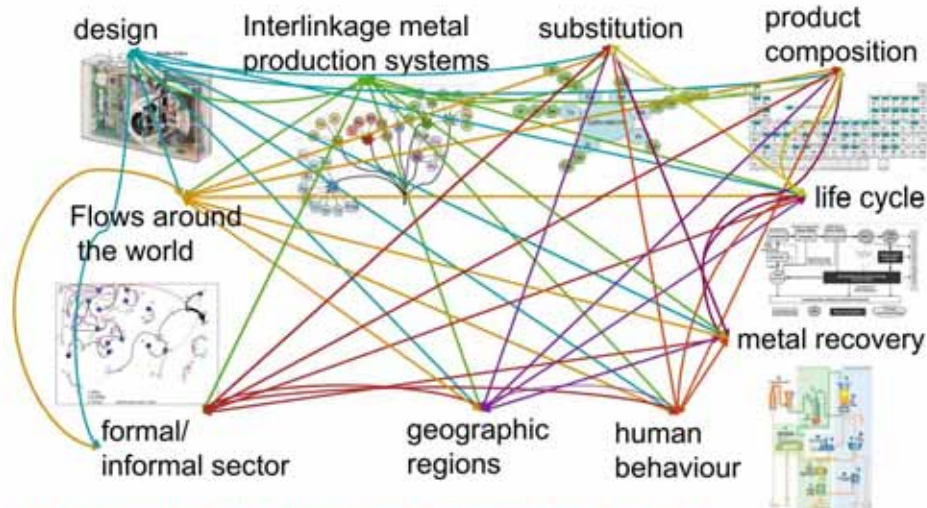
- heute {
  - ↪ Wert: regelt der Markt, trägt sich selber (aber GSU-Randbedingungen setzen)
  - ↪ Umwelt & Volumen: gesellschaftliches Interesse, negativer Nettowert
- morgen {
  - ↪ "kritische Metalle": volkswirtschaftliche Bedeutung, Recycling sinnvoll, auch wenn derzeit weder Volumen- noch Umweltrisiken bestehen.

Christian Hagelöken, OGUT Wien, 11.10.2010

18



## Gutes Recycling muss mit Komplexität umgehen ... und Interdependenzen



Dazu benötigt: interdisziplinäre, systemische Ansätze

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

19

## Zeit für fundamentalen Wandel

- **Ansatz:** Abfall/Entsorgung ⇔ Ressourcen-Management/Versorgung  
➤ Vollständige Erfassung, Stop „dubioser“ Exporte, globale Kreislaufwirtschaft
- **Ziele:** Fokus auf Masse ⇔ Fokus auf Qualität & kritische Rohstoffe  
➤ Systemansatz & Priorisierung (Handy > Waschmaschine; Au > Fe, ...)
- **Praxis:** Traditionelles Schrottggeschäft ⇔ High-tech Recycling  
➤ Recycling = Grüne/Zukunftstechnologie → Strukturen global anpassen
- **Vision:** Belastung ⇔ Chance (auch für Hersteller)  
➤ Neue Geschäftsmodelle, um Rücklauf sicherzustellen (Leasing, Pfand, ...)

⇔ Bei Zukunftstechnologien (PV, EV/HEV, FC, ...) muss frühzeitig ein intelligentes Recyclingkonzept erarbeitet werden

Christian Hagelöken, ÖGUT Wien, 11.10.2010

20

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

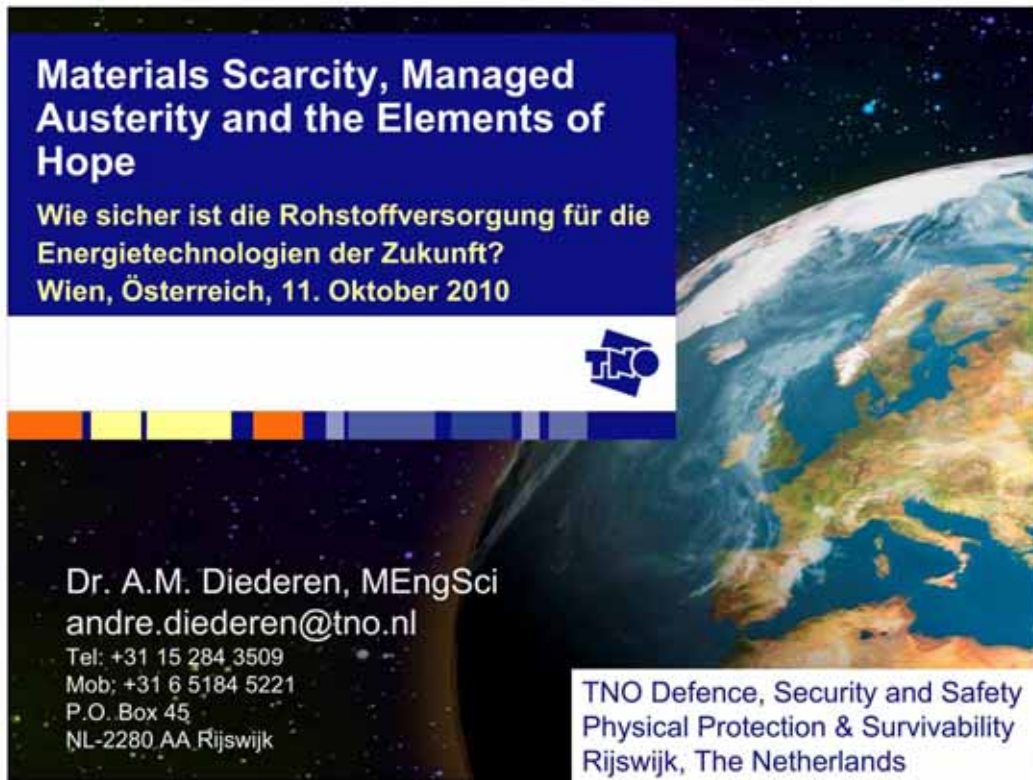
For some reason, there is e-scrap that never reaches us



zur Vertiefung: Hagelüken, C., C.E.M. Meskers: Complex lifecycles of precious and special metals, in: Graedel, T., E. van der Voet (eds): Linkages of Sustainability, Strüngmann Forum Report, vol. 4, Cambridge, MA: MIT Press, 2010

Kontakt: [christian.hagelueken@eu.umicore.com](mailto:christian.hagelueken@eu.umicore.com) [www.preciousmetals.umicore.com](http://www.preciousmetals.umicore.com)

### 3.4. Dr. André Diederer



**Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope**

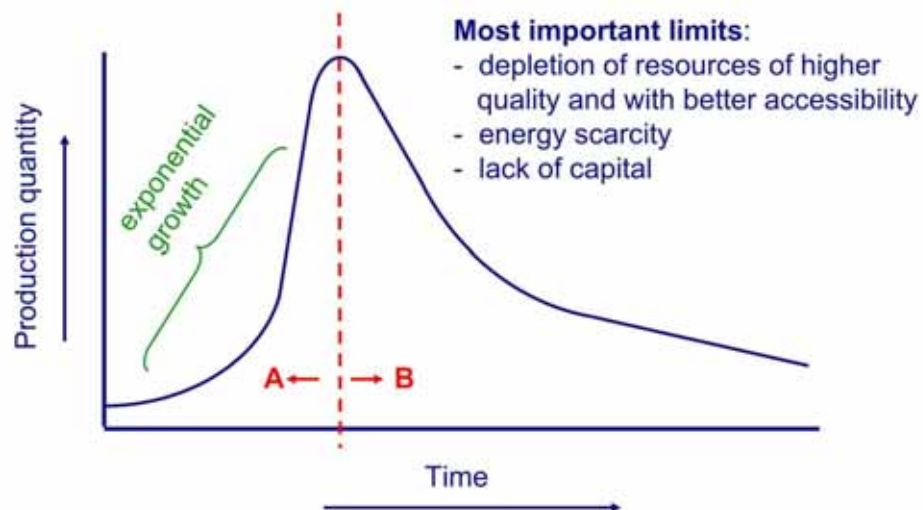
Wie sicher ist die Rohstoffversorgung für die Energietechnologien der Zukunft?  
Wien, Österreich, 11. Oktober 2010

TNO

Dr. A.M. Diederer, MEngSci  
andre.diederer@tno.nl  
Tel: +31 15 284 3509  
Mob: +31 6 5184 5221  
P.O. Box 45  
NL-2280 AA Rijswijk

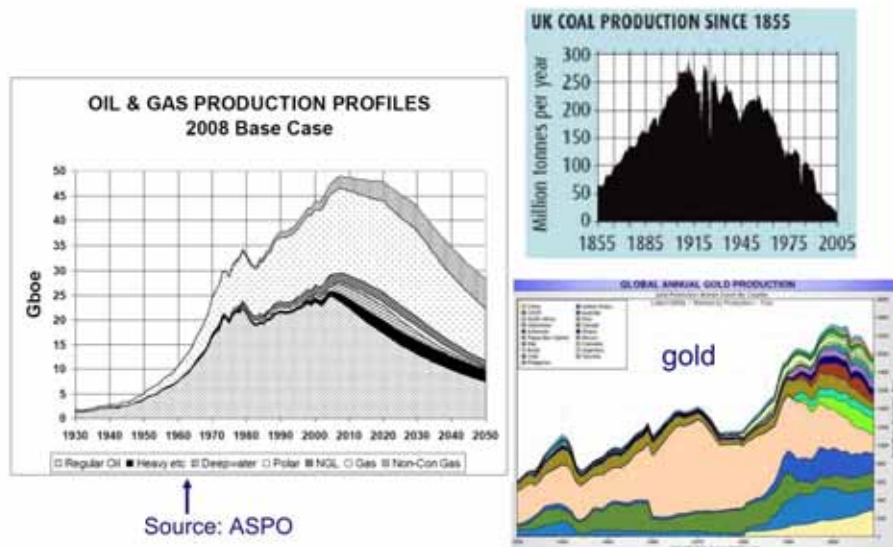
TNO Defence, Security and Safety  
Physical Protection & Survivability  
Rijswijk, The Netherlands

#### Materials scarcity: what matters is production *rate*





## Examples (primary production per year)

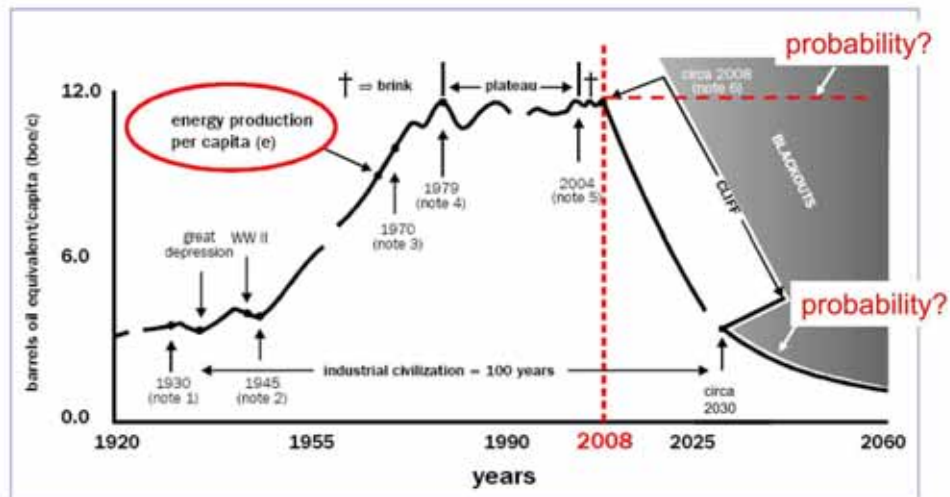


3 A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## Energy scarcity



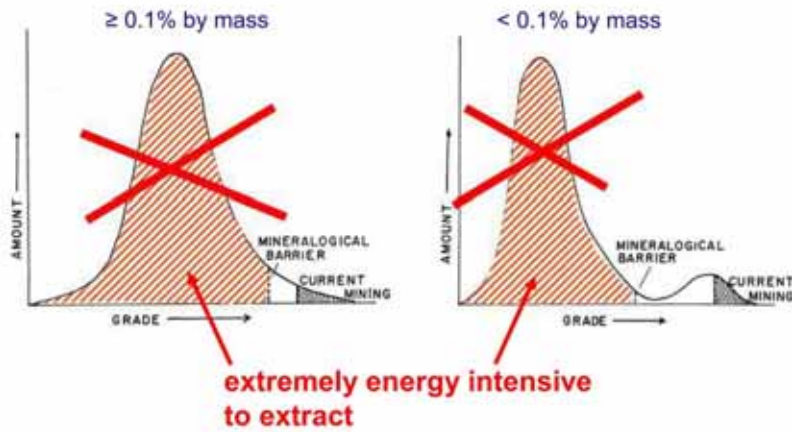
Source: The Olduvai Theory, Richard C. Duncan, 2005/2006

4 A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## Elements of the Earth's crust: the bulk is out of reach



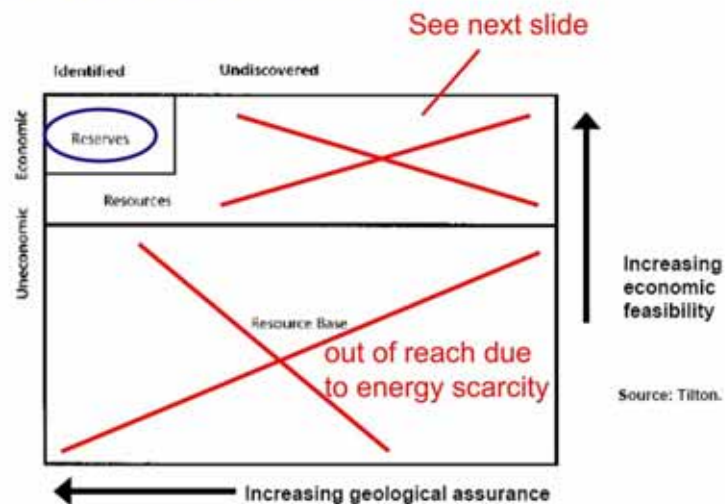
Source: "Exploring the resource base"  
Brian J. Skinner, Yale University, 2001

5 A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## "The Earth's crust is so big" is true and at the same quite useless information

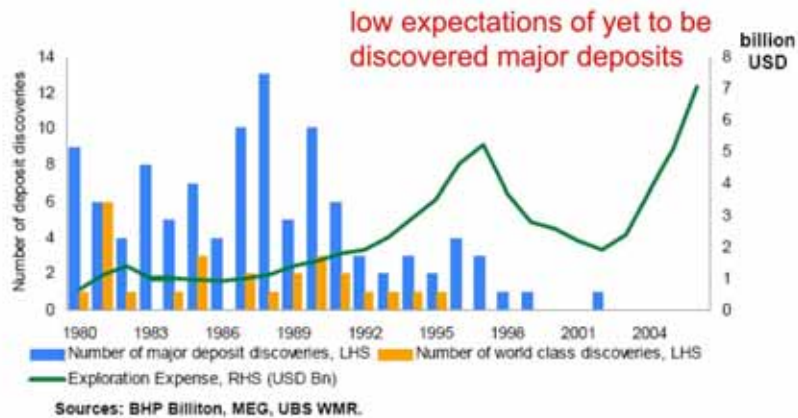


6 A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## Exploration of major mineral deposits and the “Law of diminishing returns”



Graph: Raw Materials Group, Sweden

## Metals scarcity

- Current / Short term demand > supply:

precious metals (Ag,Au,most platinum group metals), most rare earth metals (lanthanides), a number of minor metals (Ga,Ge,In,Te), “tungsten group” metals (W,Ta,Zr,Nb,Mo), .....

- Long term demand > supply:

all metals except Elements of Hope (include Fe,Al,Mg)



## Metals scarcity interferes with energy transition



→ false sense of security!

Requires around 3 million tons of neodymium; current annual production rate: 18,000 tons

replace ALL fossil fuels by 2030 using:

- 490,000 1MW tidal turbines +
- 5,350 100MW geothermal plants +
- 900 1,300MW hydroelectric plants +
- 3,800,000 5MW wind turbines +
- 720,000 0.75MW wave converters +
- 1,700,000,000 0.003MW rooftop photovoltaic systems +
- 49,000 300MW concentrated solar power plants +
- 40,000 300MW photovoltaic power plants

9

A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## Metals scarcity interferes with energy transition



replace ALL fossil fuels by 2030 using:

- 490,000 1MW tidal turbines +
- 5,350 100MW geothermal plants +
- 900 1,300MW hydroelectric plants +
- 3,800,000 5MW wind turbines +
- 720,000 0.75MW wave converters +
- 1,700,000,000 0.003MW rooftop photovoltaic systems +
- 49,000 300MW concentrated solar power plants +
- 40,000 300MW photovoltaic power plants

Requires around 90,000 tons (net) of gallium and 500,000 tons (net) of indium (2µm CIGS panels)

or

around 800,000 tons (net) of tellurium (2µm CdTe panels)

or

around 17,000 tons (net) of ruthenium (dye-sensitized panels)

Current annual primary production rates (*estimates*):

gallium: around 100 tons

indium: around 600 tons

tellurium: around 450 tons

ruthenium: around 40 tons

10

A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



## Technology softens the consequences, don't expect miracles



- Timeliness?  
(think in decades, not years)
- Economic scalability?
- Technology has to abide with the laws of thermodynamics!
- 'Solutions' increase risks and efforts related to next level of problems
- Are we making the right choices?

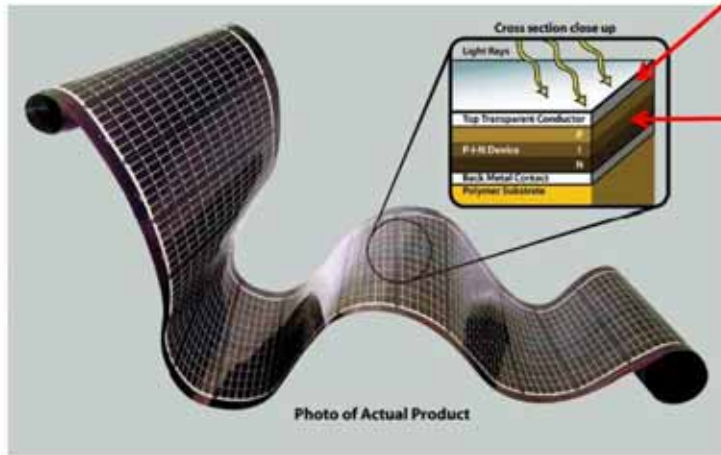
## Adaptation framework with intrinsic benefits, applicable to energy as well as metals

1. Use less (*involves human behaviour and "managed austerity"*)
2. Longer life
3. Re-use and recycle
4. Substitute .....>
5. Product and process (re)design
6. Buffers

H	C	N	O	P	S	Cl	non-metal elements
Na	Mg	Al	Si	Elements of Hope			
K	Ca	Fe					
Ti	Cr	Mn	Cu	all other elements:			
B	F	Ar	Br	Critical elements			
Frugal elements							

Source: Global Resource Depletion, Managed Austerity and the Elements of Hope (2010), ISBN 9789059724259

## Solar panels without exotic metals?



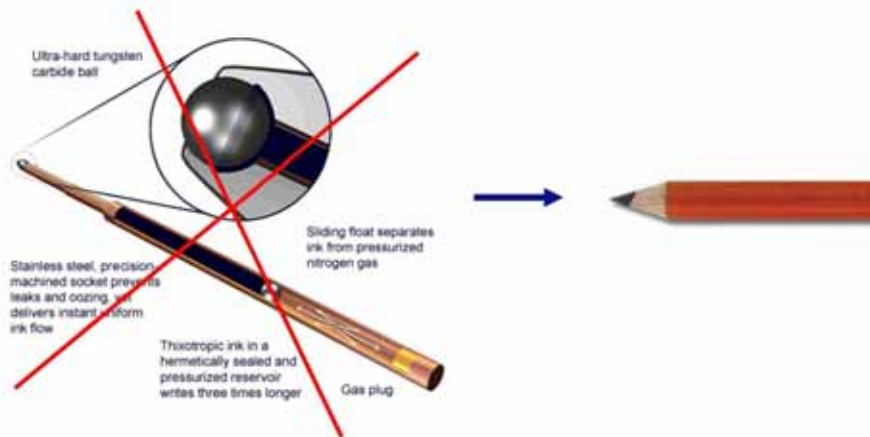
replace transparent conductor by aluminium grid

amorphous silicon without exotic doping

Picture: PowerFilm



## Simplification and optimization instead of performance maximization yield huge leverage w.r.t. energy and materials input





## Summary

- We are facing energy shortages (demand exceeding supply) on a *global scale*
- Energy scarcity means metals scarcity, which in turn aggravates energy scarcity
- This in turn *restricts* the materialization of a new infrastructure needed to harvest diluted energy sources like sunshine and wind due to issues w.r.t. affordability and availability
- A viable adaptation framework should include a focus on the most abundant elements or the **Elements of Hope** together with using less (also in an absolute sense) or **Managed Austerity**
- This means vast opportunities for using the leverage of a *selective* retreat from performance maximization

15

A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



Thank you for your attention!



16

A.M. Diederer: Materials Scarcity, Managed Austerity and the Elements of Hope

Vienna, October 11, 2010



### 3.5. MR Univ. Prof.Dr. Leopold Weber

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**  
Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

**Die geologische und tatsächliche Verfügbarkeit  
von mineralischen Rohstoffen für künftige  
Energietechnologien**  
L. Weber



**Inhalt**

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**  
Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Zur Frage der Abschätzung der Reserven / Ressourcen...

Zur Frage der Sinnhaftigkeit von Angaben über die Reichweite  
("Lebensdauer") von Rohstoffen...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen der  
Seltenen Erden...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen des  
Lithiums...

Schlussfolgerung

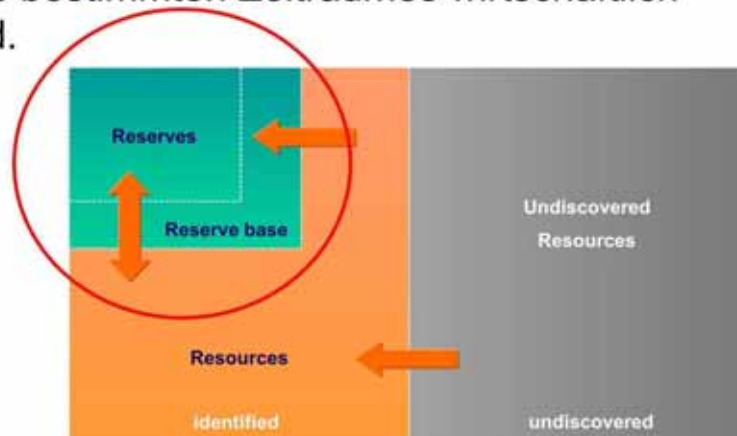
## Was sind Lagerstätten ?



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Lagerstätten sind natürliche Anreicherungen von mineralischen Rohstoffen in oder auf der Erdkruste, die innerhalb eines bestimmten Zeitraumes wirtschaftlich gewinnbar sind.



3

## Reserven -/ Ressourcenabschätzung



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Wie problematisch sind die Ressourcenschätzungen ?

Grauzone: ungenügende Kenntnis der Explorationserfolge....

Grauzone: unzureichendes Ressourcenaudit...

Grauzone: Nichtberücksichtigung der Nebenmetalle in Lagerstätte...

Grauzone: Nichtberücksichtigung von Wertstoffen in nichtkonventionellen Lagerstätten..

Grauzone: gestiegene Rohstoffpreise finden kaum Berücksichtigung in der Ressourcenabschätzung...

4



## Reserven -/ Ressourcenabschätzung



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Beispiel porphyrische Lagerstätten:

Cu	(Se)	bildet keine eigenen Lagerst.
Mo	(Re)	bildet keine eigenen Lagerst.
Au		
Ag		

Beispiel Pb-Zn Lagerstätten:

Pb	Ag	nur 25 % aus eigenen Silberlagerstätten, Rest aus Komplexerzlagerstätten
Zn	Cd Ga, Ge, In, Th	bilden keine eigenen Lagerst.

Beispiel Bauxit  
Ga

bildet keine eigenen Lagerst.

## Reserven -/ Ressourcenabschätzung



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Wie problematisch sind die Ressourcenschätzungen ?

Grauzone: ungenügende Kenntnis der Explorationserfolge....

Grauzone: unzureichendes Ressourcenaudit...

Grauzone: Nichtberücksichtigung der Nebenmetalle in Lagerstätte...

Grauzone: Nichtberücksichtigung von Wertstoffen in nichtkonventionellen Lagerstätten..

Grauzone: gestiegene Rohstoffpreise finden kaum Berücksichtigung in der Ressourcenabschätzung...

## Reserven -/ Ressourcenabschätzung



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

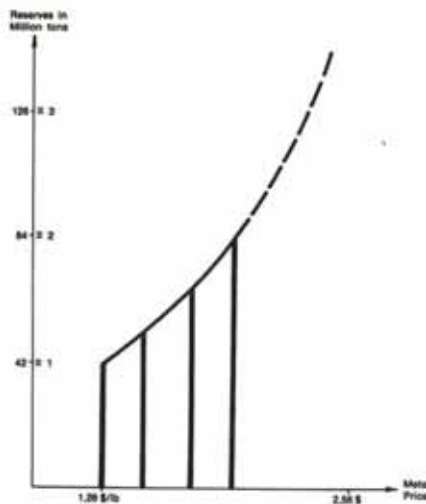


Abbildung 2: Weltnickelreserven als Funktion der Preise (USBM 1969). Zunahme der Vorräte bei steigenden Rohstoffpreisen.

Limitierende Faktoren:

Tiefe  
Energiekosten

## Reserven -/ Ressourcenabschätzung



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Wie problematisch sind die Ressourcenschätzungen ?

- Grauzone: ungenügende Kenntnis der Explorationserfolge....
- Grauzone: unzureichendes Ressourcenaudit...
- Grauzone: Nichtberücksichtigung der Nebenmetalle in Lagerstätte...
- Grauzone: Nichtberücksichtigung von Wertstoffen in nichtkonventionellen Lagerstätten..
- Grauzone: gestiegene Rohstoffpreise finden kaum Berücksichtigung in der Ressourcenabschätzung...

**Fazit:**

**Tatsächliche Ressourcen sind um ein Vielfaches höher...**

## Inhalt

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Zur Frage der Abschätzung der Reserven / Ressourcen...

Zur Frage der Sinnhaftigkeit von Angaben über die Reichweite  
("Lebensdauer") von Rohstoffen...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen der  
Seltenen Erden...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen des  
Lithiums...

Schlussfolgerung

## Abschätzung der Reichweite

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

D. & D. Meadows et al. 1972: Limits of growth, p. 137:

**...Gold would run out in 1981,  
silver and mercury in 1985,  
zinc in 1990...**



## Abschätzung der Reichweite



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Die statische Reichweite ist immer nur eine Momentaufnahme in einem dynamischen System...

Durch die betriebliche Exploration („Hoffungsbau“) werden laufend Ressourcen zu Reserven erschlossen...

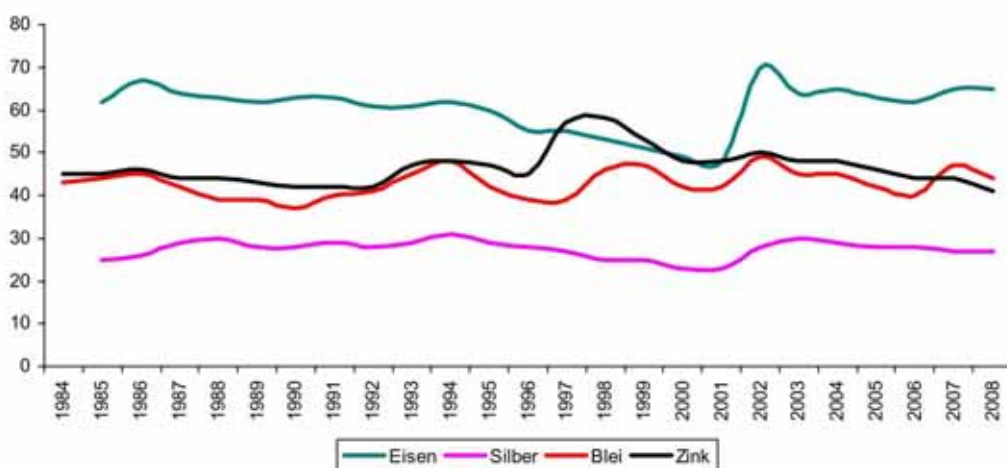
Angaben der Reichweite sind lediglich als Richtzahl zu interpretieren und spiegeln keineswegs die tatsächliche Vorhaltezeit wieder !

## Abschätzung der Reichweite



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK, G., REICHL, C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010  
Reserve base: USGS

## Inhalt

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Zur Frage der Abschätzung der Reserven / Ressourcen...

Zur Frage der Sinnhaftigkeit von Angaben über die Reichweite  
("Lebensdauer") von Rohstoffen...

**geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen der  
Seltene Erden...**

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen des  
Lithiums...

Schlussfolgerung

## Fakten....

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### **Seltene Erden:**

Gruppe von 17 Elementen:

Sc, Y und 15 Lanthanide (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd,  
Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Y, Lu)

Auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften werden die  
SEE in die

"leichten" SEE (Cer-Gruppe) (La-Gd) und in die  
"schweren" SEE (Y-Gruppe) einschl. Sc und Y

untergliedert.

## Triebfeder Windenergie

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Generator für  
Windkraftanlage  
3,5 MW  
(2008)

Permanentmagnet:  
**NdFeB**  
**66% Fe; 29% Nd;**  
**3% Dy; 1% B**

**1 MW ca. 1 t Nd**

15

## Triebfeder Elektromobile

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Elektromotor mit Permanentmagneten  
**ca. 1 kg Nd / KFZ**

NiMH-Batterie:  
**ca. 10 – 15 kg La / KFZ**

Li-Batterie:  
0,6 kg Li-Karb / kWh  
**bis zu 15 kg Li-Karb/ Batterie**

Abgaskatalysator: **Pt, Pd, Rh**

Elektrik, Elektronik: ca. 1000 m Kabel,  
ca. 3000 Steck-verbindungen;  
steigender Bedarf an Cu:  
2000: ca. 20 kg;  
**2010: ca. 40 kg**

mehrere Hundert Stellmotore  
(Fensterheber, Steuerungen etc..)

16



## Lagerstättentypen



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Karbonatite

Mountains Pass, Bayan Obo (Bastnäsit)

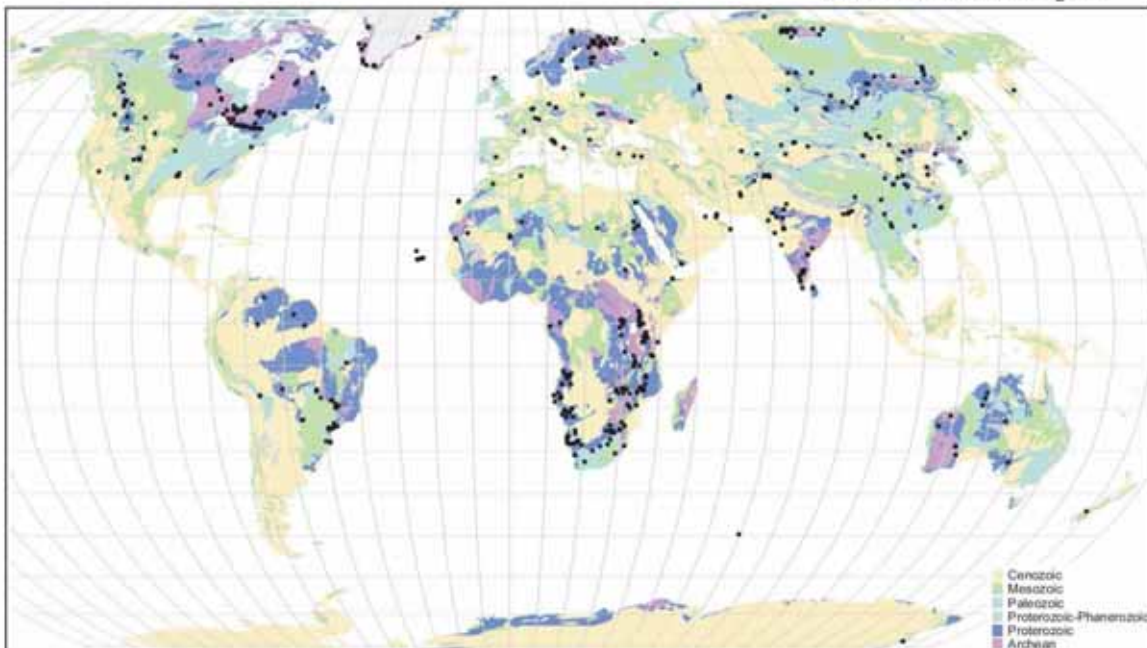


## Karbonatite



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



## Karbonatite Mountains Pass

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Bastnäsit  
in Fe-Karbonat  
Mountains Pass

Foto: L. WEBER

## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Karbonatite

Mountains Pass, Bayan Obo (Bastnäsit)

Lateritische Verwitterungshorizonte

Xunwu, Longnan (Jiangxi, China)

## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Karbonatite

Mountains Pass, Bayan Obo (Bastnäsit)

### Lateritische Verwitterungshorizonte

Xunwu, Longnan (Jiangxi, China)

### Primäre Anreicherungen von Monazit / Xenotim

Nolans (Australien)

## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Karbonatite

Mountains Pass, Bayan Obo (Bastnäsit)

### Lateritische Verwitterungshorizonte

Xunwu, Longnan (Jiangxi, China)

### Primäre Anreicherungen von Monazit / Xenotim

Nolans (Australien)

### Schwermineralseifen

Kerala, Orissa (Indien), Sri Lanka

Australien, Malaysia, Richards Bay (Südafrika)



## Sekundäre Monazitvorkommen Richards Bay (Südafrika)



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

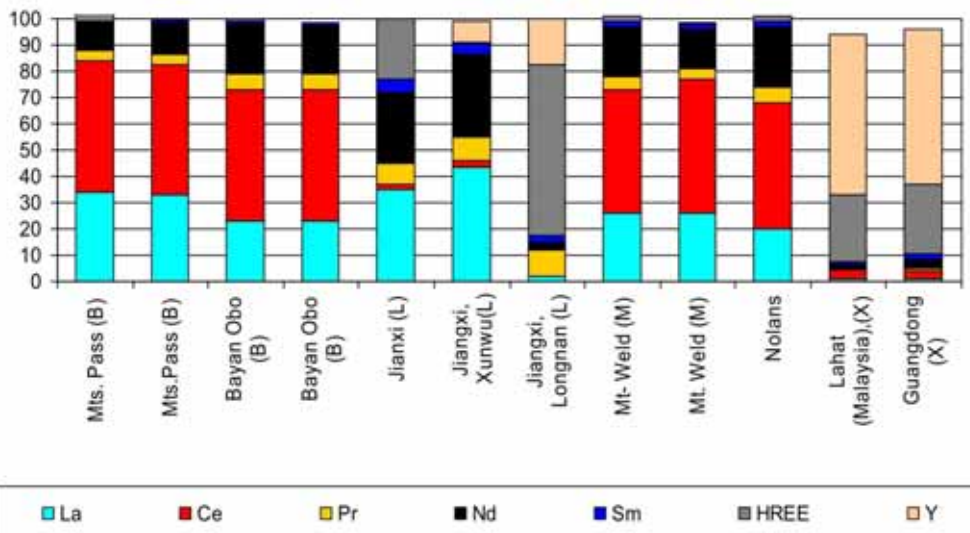


## Lagerstättentypen



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

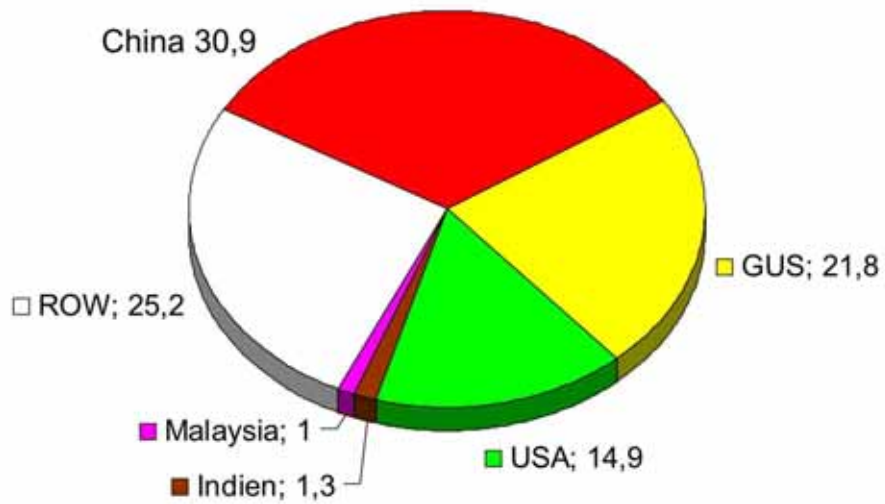


## Verteilung der Ressourcen



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: USGS



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Reserve base USGS

2005	150 Mio t
2006	150 Mio t
2007	150 Mio t
2008	150 Mio t
2009	154 Mio t
2010	**

\*\* nicht mehr erhoben

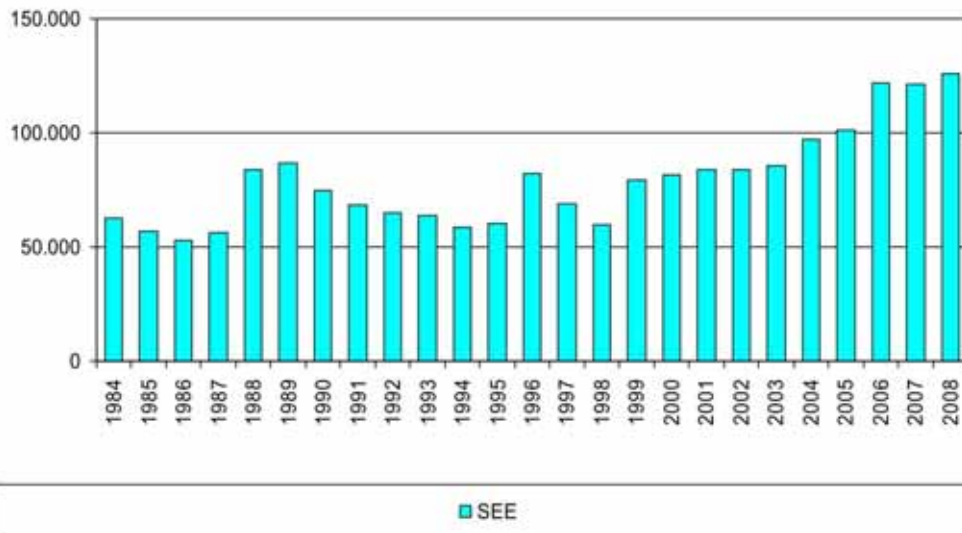
**statische Reichweite (Berechnungsbasis 2008): ca. 1240 a**

## Weltproduktion an SEE in metr. t



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



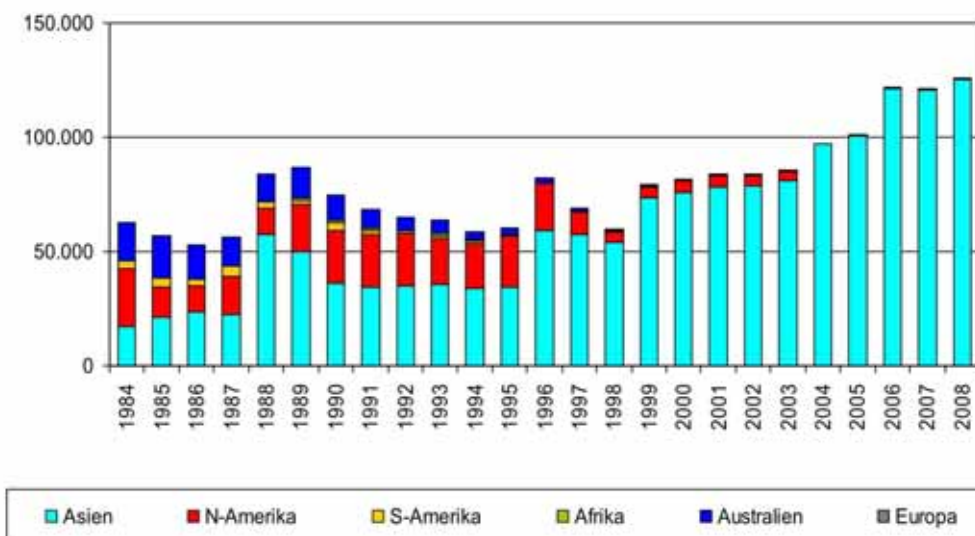
Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Weltproduktion an SEE in metr. t (nach Kontinenten)



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

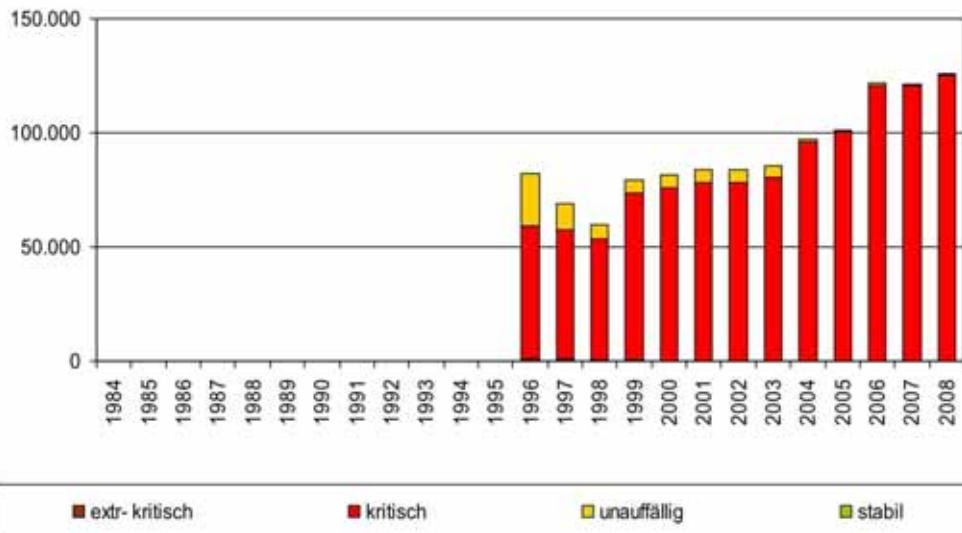


## Weltproduktion an SEE in metr. t (nach politischer Stabilität)



www.bmwfj.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Größte SEE-Produzentenländer (2008)



www.bmwfj.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Land	Produktion (metr. t)	Anteil %	kumm.	HHI
China	125 000	99,46	99,46	
Brasilien	390	0,31	99,77	
Malaysia	233	0,19	99,96	
<b>Total</b>	<b>125 673</b>			<b>9893</b>

Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## (modifizierte) HHI - Indizes



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

$$(1) HHI_{(e)} = \sum_i (S_{if})^2$$

Herfindahl - Hirschmann  
(enterprise concentration) Index  
Wertebereich: 0-10.000

$$(2) HHI_{(c)} = \sum_i (S_{if})^2$$

modifizierter Herfindahl - Hirschmann  
(country concentration) Index  
Wertebereich: 0-10.000

**(modified) HHI Indices, <1000: low concentration  
1000-2000: moderate concentration  
>2000: high concentration**

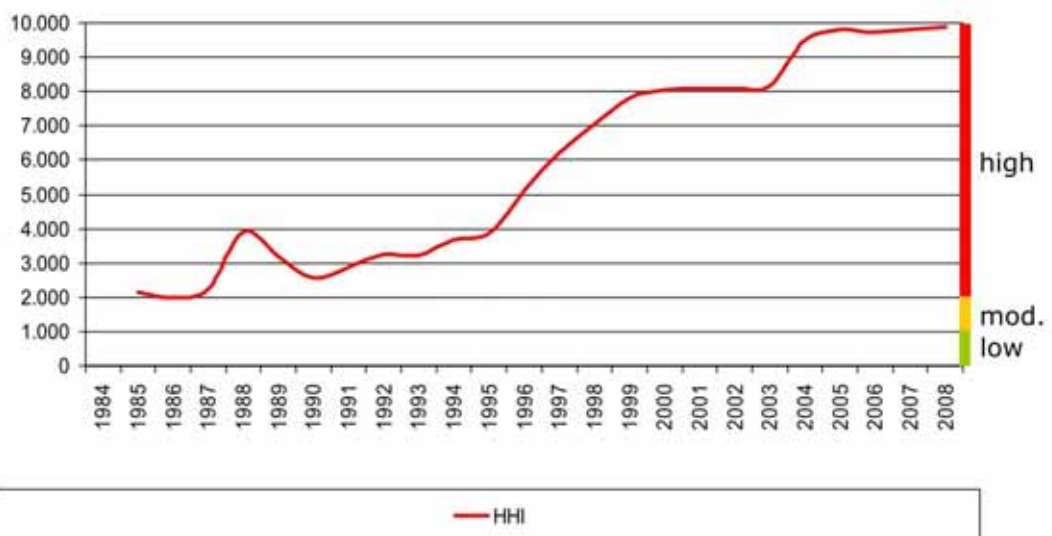
e = enterprise concentration  
c = country concentration

## Entwicklung der Länderkonzentration Ausgedrückt als HHI



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Inhalt

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Zur Frage der Abschätzung der Reserven / Ressourcen...

Zur Frage der Sinnhaftigkeit von Angaben über die Reichweite  
("Lebensdauer") von Rohstoffen...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen der  
Seltenen Erden...

geologische bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Rohstoffen des  
**Lithiums...**

Schlussfolgerung

## Lithium Rohstoffe

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Li Gehalt:

Spodumen	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	3,73
Zinnwaldit	$\text{KLiFe}^{2+}\text{Al}[(\text{OH},\text{F})_2 \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	1,59
Petalite		
Lepidolith		
Brines		200 – 1200 ppm
Erdöl-Formationswässer		ca. 700 ppm
Hectorit	$\text{Na}_{0,3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	1,38
Jadarite	$\text{NaLi}[\text{B}_3\text{SiO}_7(\text{OH})]$	3,16



## Verwendung



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

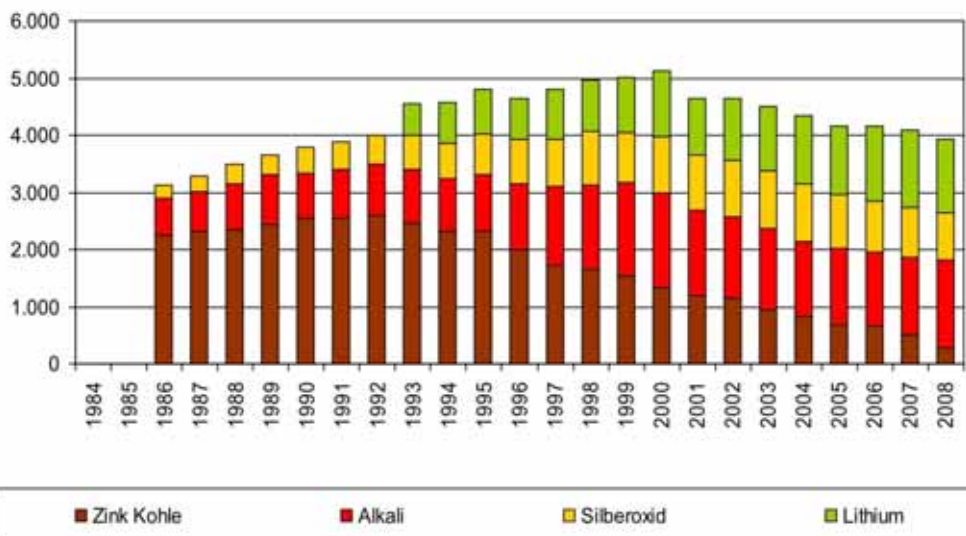
Keramik, Glas	37%
<b>Batterien</b>	<b>20%</b>
Schmiermittel	11%
Al-Legierungen	7%
Klimaanlagen	5%
Gießerei	5%
Gummi, Kunststoffe	3%
Pharmazeutika	2%
Sonstiges	10%

## Batterieerzeugung in Mio Einheiten (ohne KFZ Batterien)



[www.bmwfi.gv.at](http://www.bmwfi.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: Battery Association of Japan

## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Solen (Brines) aus Salzseen      58,4%



## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Solen (Brines) aus Salzseen      58,4%  
Pegmatite      25,4%



## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Solen (Brines) aus Salzseen	58,4%
Pegmatite	25,4%
Hectoritvorkommen	6,6%



Foto: <http://www.mindat.org/min-14779.html#>

## Lagerstättentypen

[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

**bmwfi**

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Solen (Brines) aus Salzseen	58,4%
Pegmatite	25,4%
Hectoritvorkommen	6,6%
Geothermalsysteme	3,3%
Jadarite	2,8%
Erdöl-Formationswässer	2,5%



## Größte Lithiumproduzentenländer (2008)

www.bmwfj.gv.at



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

		Anteil %	kumm.	HHI
Chile	22 997	53,71	53,71	
Australien	11 976	27,97	81,68	
USA	3 230	7,54	89,23	
<b>Total</b>	<b>42 815 (Li<sub>2</sub>O)</b>			<b>3781</b>

Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

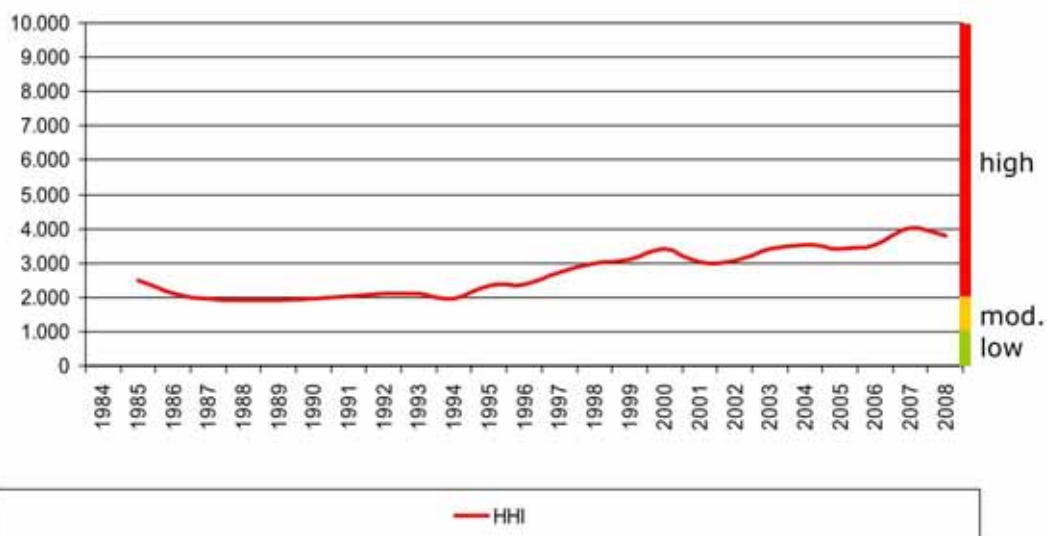
41

## Entwicklung der Länderkonzentration ausgedrückt als HHI

www.bmwfj.gv.at



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Größte Lithiumproduzenten (2008)

www.bmwfj.gv.at



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

	Anteil %	kumm.	HHI
SQM (CHILE)	27,49	27,49	
Talison (AUS)	23,78	51,27	
Rockwood / Chemmet (CHILE)	18,97	70,24	
FMC	13,99	84,23	
China	8,35	92,58	
Rockwood / Chemmet (USA)	3,11	95,69	
Andere (2)	2,15	97,84	
	2,15	100,00	<b>1965</b>

43

## Li-Vorräte nach Lagerstättentypen in Mio metr. t Li-Metall (2008)

www.bmwfj.gv.at



Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Brines		(Evans)	(Tahil)
	S. Atacama	6,9 Mio t	1,0
	S. Unuyi	5,5 Mio t	0,6
	China, Tibet	2,6 Mio t	1,33
	Rincon	1,9 Mio t	0,25
	S. Hombre Muerte	0,9 Mio t	0,4
	Smackover	0,8 Mio t	—
	andere		0,42
		18,6 Mio t	4 Mio t *
Pegmatite			
	North Carolina	2,5 Mio t	—
	Zaire	2,3 Mio t	—
	Rusland	1,0 Mio t	—
	China	0,7 Mio t	—
	Greenbushes	0,2 Mio t	—
	andere	1,0 Mio t	—
Tone (Hectorite)			
	Kings Valley	2,0 Mio t	—
		28,4 Mio t	

44

## Entwicklung der Li-Vorräte in Mio metr. t Li-Metall



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

	K.Evans	Tahil	USGS
2008	28,40	17,30	11,0
2009	30,12		11,0
2010	34,50 *		**

\* Li-Conference Las Vegas 2010

\*\* nicht mehr erhoben

statische Reichweite (Berechnungsbasis 2008): ca. 1400 a

45

## Li Projekte Jahreskapazität Li-Karbonat



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Salar del Rincon (Brine)	17.000
CITIC (Brine) China	35.000
Dangxioncuo (Brine) Tibet	5.000
Lake Zobayu (Brine) Tibet	5.000
Salar de Uyuni (Brine) Bolivien	??
Separation Rapids (Pegmatit) Kanada	5.000
Läntää (Pegmatit) Finnland	150.000
Jiajika (Pegmatit) China	5.000
Kings Valley (Pegmatit) USA *	
Covas do Borroso (Pegmatit) Portugal *	

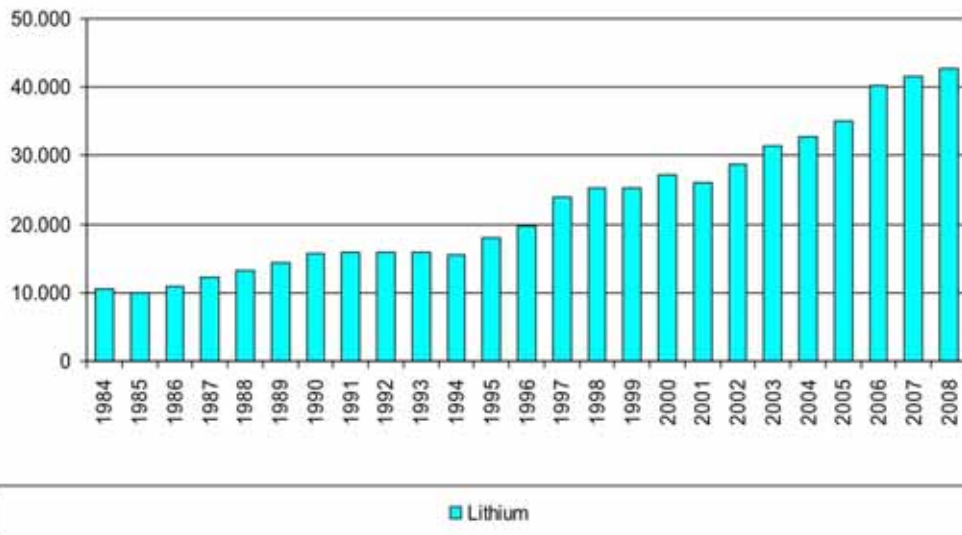
46

## Weltproduktion an Li<sub>2</sub>O in metr. t



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



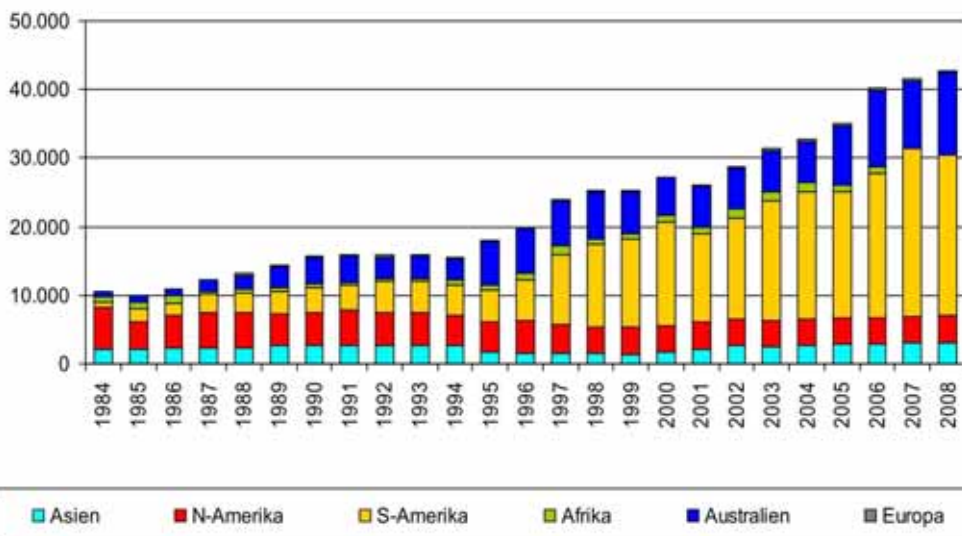
Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Weltproduktion an Li<sub>2</sub>O in metr. t (nach Kontinenten)



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

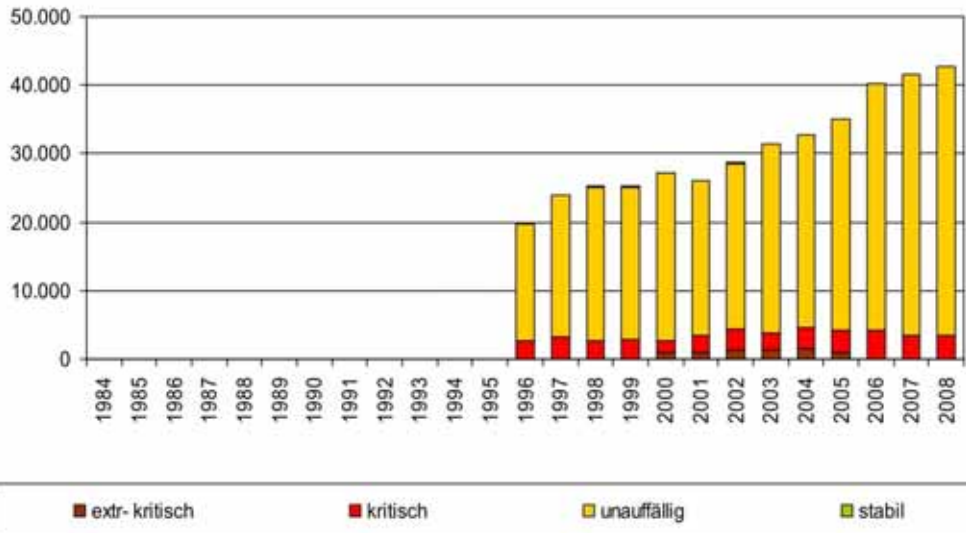


## Weltproduktion an Li<sub>2</sub>O in metr. t (nach politischer Stabilität)



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend



Quelle: WEBER, L., ZSAK G., REICHL C. & SCHATZ, M.: WORLD MINING DATA 2010

## Schlussfolgerung



www.bmwfi.gv.at

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Seltene Erden:

- mehrere Lagerstättentypen
- neue Lagerstättentypen
- überdurchschnittlich hohe Vorratsbasis
- hohe Länderkonzentration
- hohes politisches Risiko der Produzentenländer
- mehrere Projekte im Anlaufen

**stark steigender Bedarf durch neue Technologien  
(mittelfristige) Versorgungsengpässe nicht  
auszuschließen...**

## Schlussfolgerung



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

### Lithium:

- mehrere Lagerstättentypen
- neue Lagerstättentypen
- überdurchschnittlich hohe Vorratsbasis
- neue Abbau- und Aufbereitungsmethoden können Vorratsbasis wesentlich erhöhen
- geringes politisches Risiko der Produzentenländer
- zahlreiche Projekte im Anlaufen

**Erst im Steigen begriffener Bedarf, insbesondere bei Elektrofahrzeugen; keine Versorgungsengpässe erkennbar...**

## Schlussfolgerung



[www.bmwfj.gv.at](http://www.bmwfj.gv.at)

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

- Die Erde ist ein geschlossenes System...
- Lagerstätten erneuern sich nur in geologischen Zeiträumen...
- Sparsamer Umgang mit natürlichen Ressourcen durch Lagerstättenschutz (bergmännische Ressourcenschonung)
- Sparsamer Umgang mit den Materialien (Materialeffizienz)
- Verstärkte Rückgewinnung zur Schonung der natürlichen Ressourcen
- Forschung und Entwicklung
  - Lagerstättengeologie
  - Entwicklung neuer Abbaumethoden
  - Aufbereitungsmethoden
  - Verfahrenstechnik

## 4. Fotos



**Abbildung 2 - Dr.<sup>in</sup> Martina Schuster,  
Lebensministerium, Abteilung  
Umweltökonomie und Energie**



**Abbildung 3 - Mag. Michael Cerveny, ÖGUT,  
Themenleiter Energie**



**Abbildung 4 - Dr. André Dieren, TNO,  
Niederlande**



**Abbildung 5 - Dr. Armin Reller,  
Uni Augsburg**



Abbildung 6 –Dr. Christian Hagelüken, Umicore AG und Co.KG, Deutschland



Abbildung 7 –MR Univ. Prof. Dr. Leopold Weber, BMWFJ, Leiter der Abteilung Rohstoffpolitik





**Abbildung 8 - Abschließende Podiumsdiskussion mit Stakeholdern**  
Die TeilnehmerInnen, v.l.n.r.: Dr. André Diederer (TNO), Dr. Clemens Wallner (IV), Dr.<sup>in</sup> Martina Schuster (Lebensministerium), Dr.<sup>in</sup> Sigrid Stagl (WU-Wien), Dr. Armin Reller (Universität Augsburg), Dr. Leopold Weber (BMWfJ), Dr. Alfred Maier (BMWfJ), Dr. Christian Hagelüken (Umicore AG und Co.KG)



**Abbildung 9 – Abschließende Geschenkübergabe**