

VIAVISION

VOLKSWAGEN GROUP • NACHRICHTEN AUS DER MOBILEN ZUKUNFT

NR 01
Februar 2012

Editorial – Dr. Ulrich Hackenberg	2
Elementar – Ohne Seltene Erden kein Hightech	2
Gar nicht so selten – Vorräte und Förderung Seltener Erden	4
Verstärkermetalle – Seltene Erden im Automobilbau	6
Wieder verwerten – ... oder Ersatzrohstoffe finden	8
Impressum	8

Seltene Erden Metalle der Zukunft

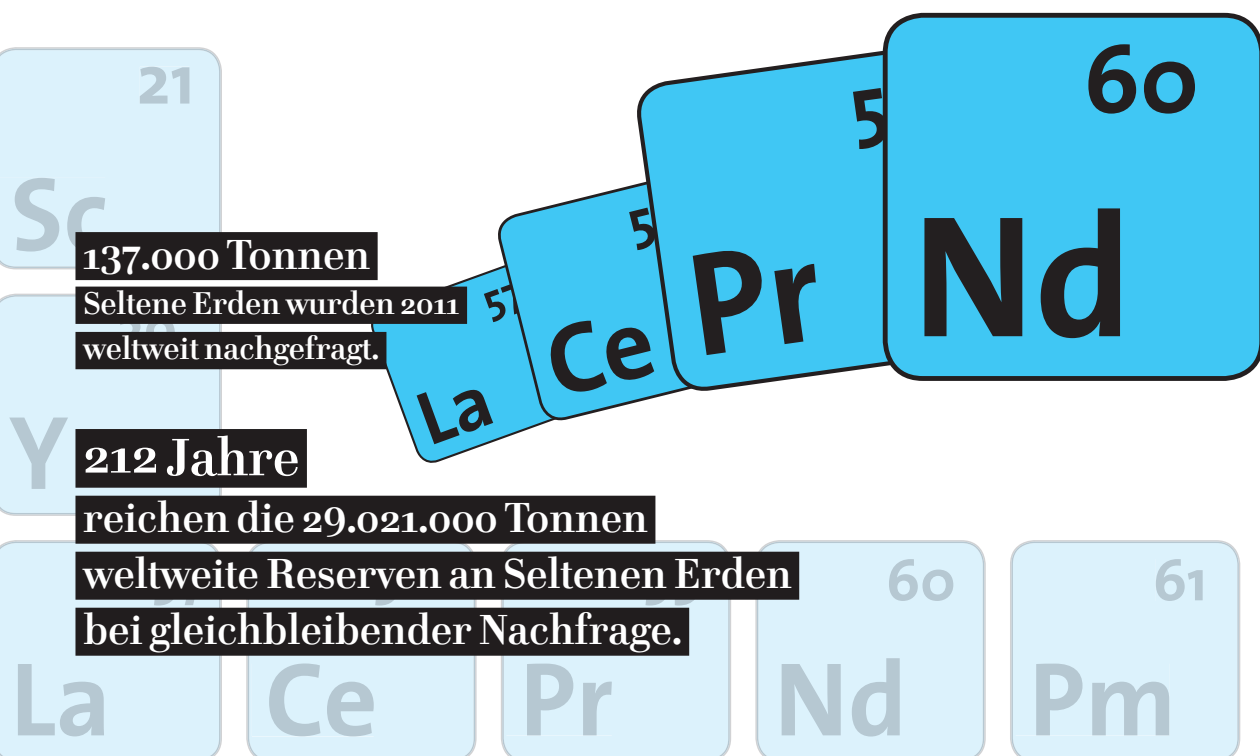
137.000 Tonnen

**Seltene Erden wurden 2011
weltweit nachgefragt.**

212 Jahre

reichen die 29.021.000 Tonnen

**weltweite Reserven an Seltene Erden
bei gleichbleibender Nachfrage.**



Editorial



Dr. Ulrich Hackenberg, Mitglied des Markenvorstands Volkswagen, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung.

Für viele Technologien, die Automobilkonzerne heute entwickeln, sind Seltene Erden unverzichtbar. In dieser Ausgabe von VIAVISION erfahren Sie alles über diese Rohstoffe, ihre Verwendung, ihr Vorkommen und ihr Recycling.

Viel Spaß bei der Lektüre.

Elementar

Ohne Seltene Erden kein Hightech

Seltene Erden sind eng mit Zukunftstechnologien verbunden. Die Metalle stecken in Handys und Elektromotoren, in Windrädern und LED-Scheinwerfern. Für viele solcher Anwendungen sind sie elementar. Weil die Nachfrage nach Hightech-Geräten wächst, steigt auch der Bedarf an Seltenen Erden. Doch das genaue Handelsvolumen kann nur geschätzt werden: Wie viele Tonnen von verschiedenen Ländern im- und exportiert werden, lässt sich nicht genau sagen. Die Zahlen für Deutschland sind beispielsweise vertraulich und werden nicht veröffentlicht.*

137.000 Tonnen betrug die weltweite Nachfrage nach Seltenen Erden Schätzungen zufolge im Jahr 2011.

Quelle: Roland Berger (Stand 2011)

190.100 Tonnen Seltenerdmetalle werden voraussichtlich im Jahr 2014 weltweit verbraucht.

Quelle: Lynas (Stand 2010)

Seltene Erden – Anwendungsbeispiele:

21 Scandium
 → in Hochleistungslampen zur Stadionbeleuchtung
 → in Leichtmetallverbindungen für Fahrräder

59 Praseodym
 → in starken Magneten, zum Beispiel für E-Autos
 → zur Glasfärbung

63 Europium
 → als blauer und roter Leuchtstoff in Fernsehgeräten
 → in Energiesparlampen

21
Sc

39 Yttrium
 → in hochwiderstandsfähiger Keramik für Lambdasonden in Autoabgasanlagen
 → in Zündkerzen

60 Neodym
 → in starken Magneten, zum Beispiel für Windkraftanlagen
 → zur Keramik- und Glasfärbung

64 Gadolinium
 → als grüner Leuchtstoff für Radarschirme
 → als Kontrastmittel in Kernspintomografen

39
Y

61 Promethium
 (wird kaum verwendet, weil es radioaktiv ist und schnell zerfällt)

57
La

58
Ce

59
Pr

60
Nd

61
Pm

62
Sm

63
Eu

64
Gd

65
Tb

66
Dy

57 Lanthan
 → als Wasserstoffspeicher in Nickel-Metallhydrid-Batterien
 → als Katalysator zum Cracken von Erdöl**

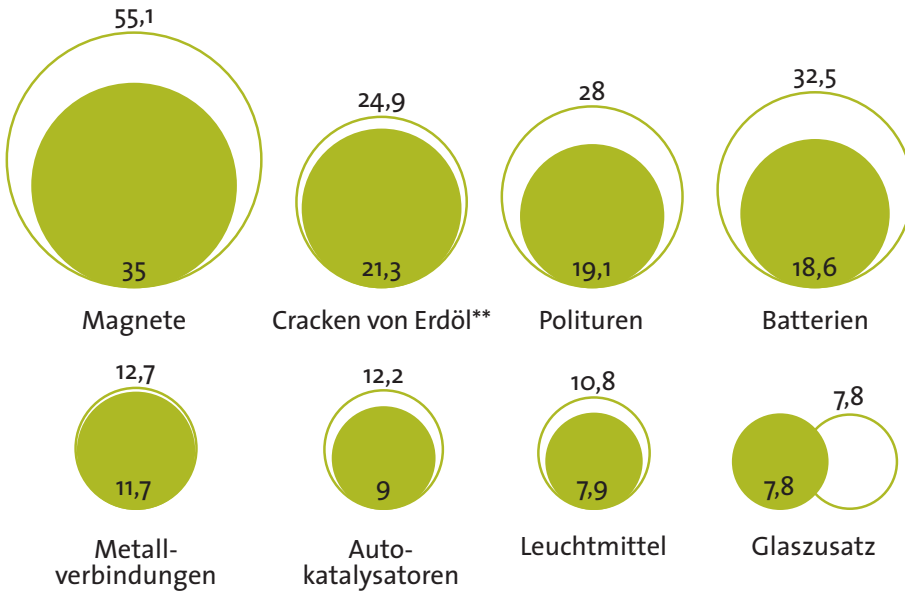
58 Cer
 → in Abgaskatalysatoren
 → in Poliermitteln für Glas

62 Samarium
 → in Magneten mit besonders hoher Temperaturbeständigkeit
 → in Lasern

* Nach Angaben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sind die für Deutschland kursierenden Zahlen zum Im- und Export Seltener Erden falsch.

Nachfrage nach Hauptanwendungsgebieten:
(in Tausend Tonnen)

■ 2010 □ 2014



Seltene Erden wurden 2010 Schätzungen zufolge am häufigsten für Magnete gebraucht. Das wird voraussichtlich auch 2014 so sein. Für das Cracken von Erdöl** sowie für Polituren und Batterien werden ebenfalls große Mengen der Seltenerdmetalle benötigt. Zählt man sonstige Anwendungen wie Laser oder Tierfutterzusätze hinzu, wurden 2010 insgesamt 136.100 Tonnen Seltener Erden nachgefragt. 2011 waren es schätzungsweise 137.000, 2014 werden es voraussichtlich 190.100 Tonnen sein.
Quellen: Lynas (Stand 2010); Roland Berger (Stand 2011)

65 Terbium

- als grüner Leuchtstoff in Energiesparlampen
- in wiederbeschreibbaren CDs

69 Thulium

- als Röntgenstrahlungsquelle
- zur Leuchtstoffaktivierung in Fernsehgeräten

66 Dysprosium

- in Magneten mit hoher Temperaturbeständigkeit, zum Beispiel in E-Autos
- als Abschirmmittel in Kernreaktoren

70 Ytterbium

- in Zahnfüllungen aus Kunststoff
- in hochwertigen Dauermagneten

67 Holmium

- in Hochleistungsmagneten
- in Regelstäben von Kernreaktoren

17 chemische Elemente zählen zur Rohstoffgruppe der Seltenerdmetalle, im Periodensystem haben sie die Ordnungszahlen 21, 39 und 57 bis 71. Anders als der Name vermuten lässt, kommen sie verhältnismäßig oft vor: Yttrium, Cer und Neodym sind in der Erdhülle häufiger vorhanden als Blei. Diese drei Metalle werden neben Lanthan, Praseodym, Samarium, Europium und Gadolinium auch am häufigsten industriell verwendet. Hauptanwendungsgebiete der Metalle sind Magnete, Leuchtmittel, Metallverbindungen und Batterien, Glas, Keramik und Polituren sowie Abgaskatalysatoren und das Cracken von Erdöl**.

Quellen: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Stand 2011); TRAD|UM; Royal Society of Chemistry (beide Stand 2012)

67

68

69

70

71

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

68 Erbium

- zum Entfärben von Glas
- als Lichtwellenleiter in Glasfaserkabeln

71 Lutetium

- in Tomografen in der Nuklearmedizin

** Beim Cracken von Erdöl, Fluid Catalytic Cracking (FCC) genannt, wird Erdöl in einem chemischen Prozess in Benzin und andere Produkte gespalten.

Gar nicht so selten

Vorräte und Förderung Seltener Erden

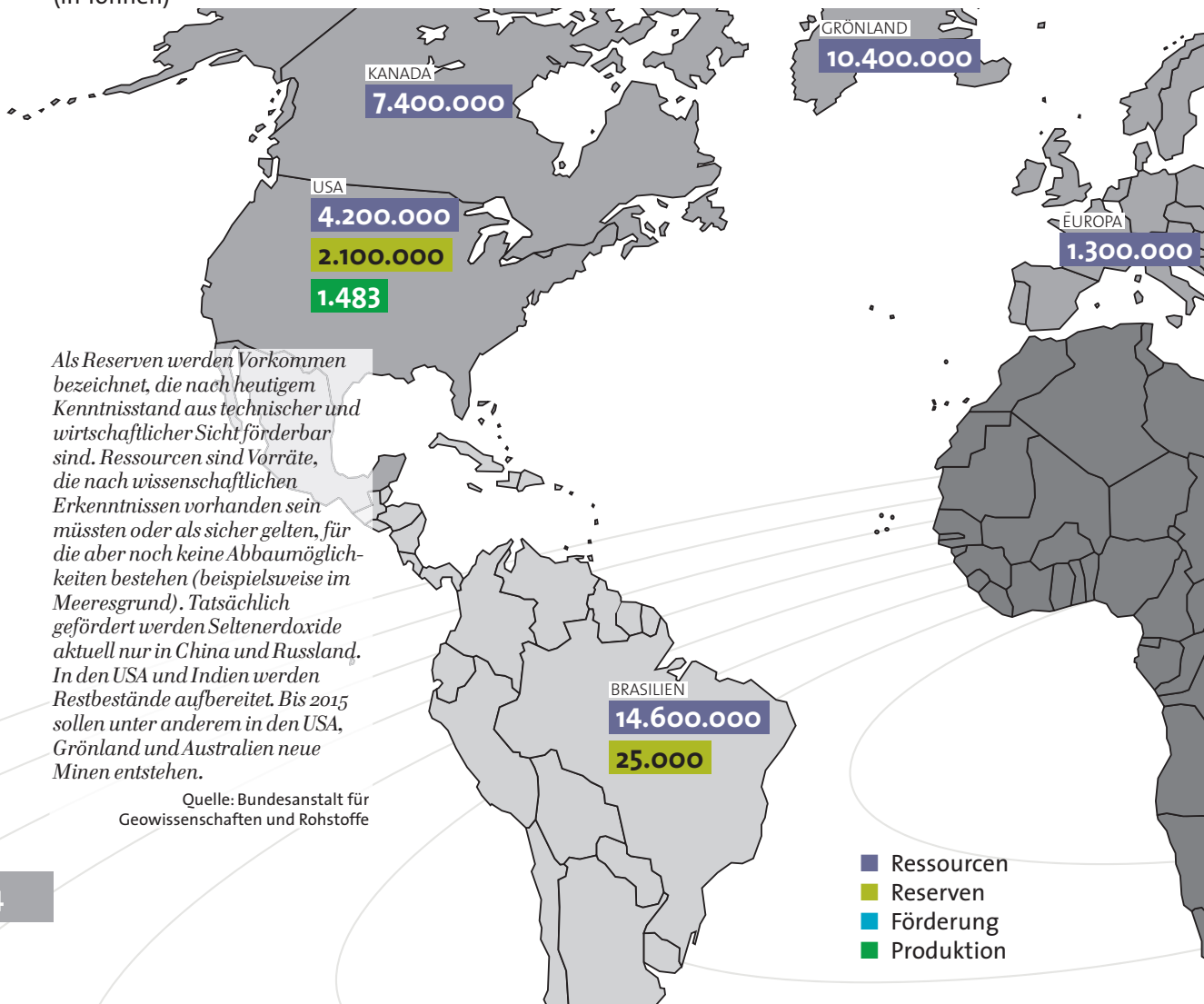
29.021.000

Tonnen Seltenerdoxide galten 2010 als förderbar. Zum Vergleich: Bei Gold waren es 45.300 Tonnen.

Quellen: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Sie kommen Schätzungen zufolge mehr als 600-mal häufiger vor als Gold, aber nur an wenigen Orten der Welt in wirtschaftlich förderbaren Mengen. Außerdem sind die Metalle der Seltenen Erden beim Abbau meist miteinander vermischt und müssen mit chemischen Mitteln aufwendig voneinander getrennt werden. Im Anschluss werden sie zu Seltenerd-oxiden aufbereitet. Viele Länder veröffentlichen keine oder widersprüchliche Zahlen zu Förderung, Export und Import von Seltenerd-oxiden, die Preise unterliegen starken Schwankungen. Eins ist jedoch klar: Die weltweiten Vorräte werden noch viele Jahre reichen.

Weltweite Ressourcen, Reserven und Fördermengen von Seltenerd-oxiden 2011:
(in Tonnen)

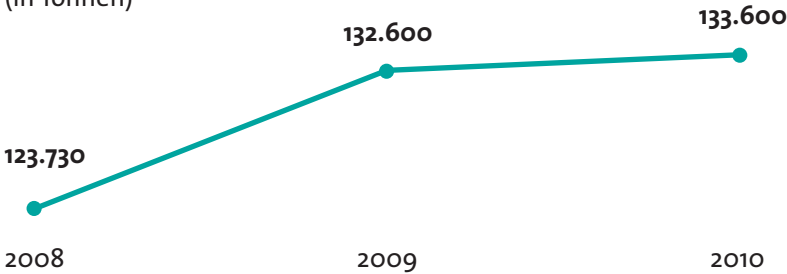


Als Reserven werden Vorkommen bezeichnet, die nach heutigem Kenntnisstand aus technischer und wirtschaftlicher Sicht förderbar sind. Ressourcen sind Vorräte, die nach wissenschaftlichen Erkenntnissen vorhanden sein müssten oder als sicher gelten, für die aber noch keine Abbaumöglichkeiten bestehen (beispielsweise im Meeresgrund). Tatsächlich gefördert werden Seltenerd-oxide aktuell nur in China und Russland. In den USA und Indien werden Restbestände aufbereitet. Bis 2015 sollen unter anderem in den USA, Grönland und Australien neue Minen entstehen.

Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

- Ressourcen
- Reserven
- Förderung
- Produktion

Geschätzte weltweite Fördermengen:
(in Tonnen)



Nicht jedes Land legt offen, wie viele Tonnen Seltenerdoxide es fördert. Chinas Anteil beträgt zur Zeit mehr als 97 Prozent der gesamten Fördermenge. Diese Monopolstellung ermöglicht es China, durch vorübergehende Verkaufsstoppes einen großen Einfluss auf die Preisentwicklung zu nehmen.

Quelle: U.S. Geological Survey, Mineral Commodities Summary 2011



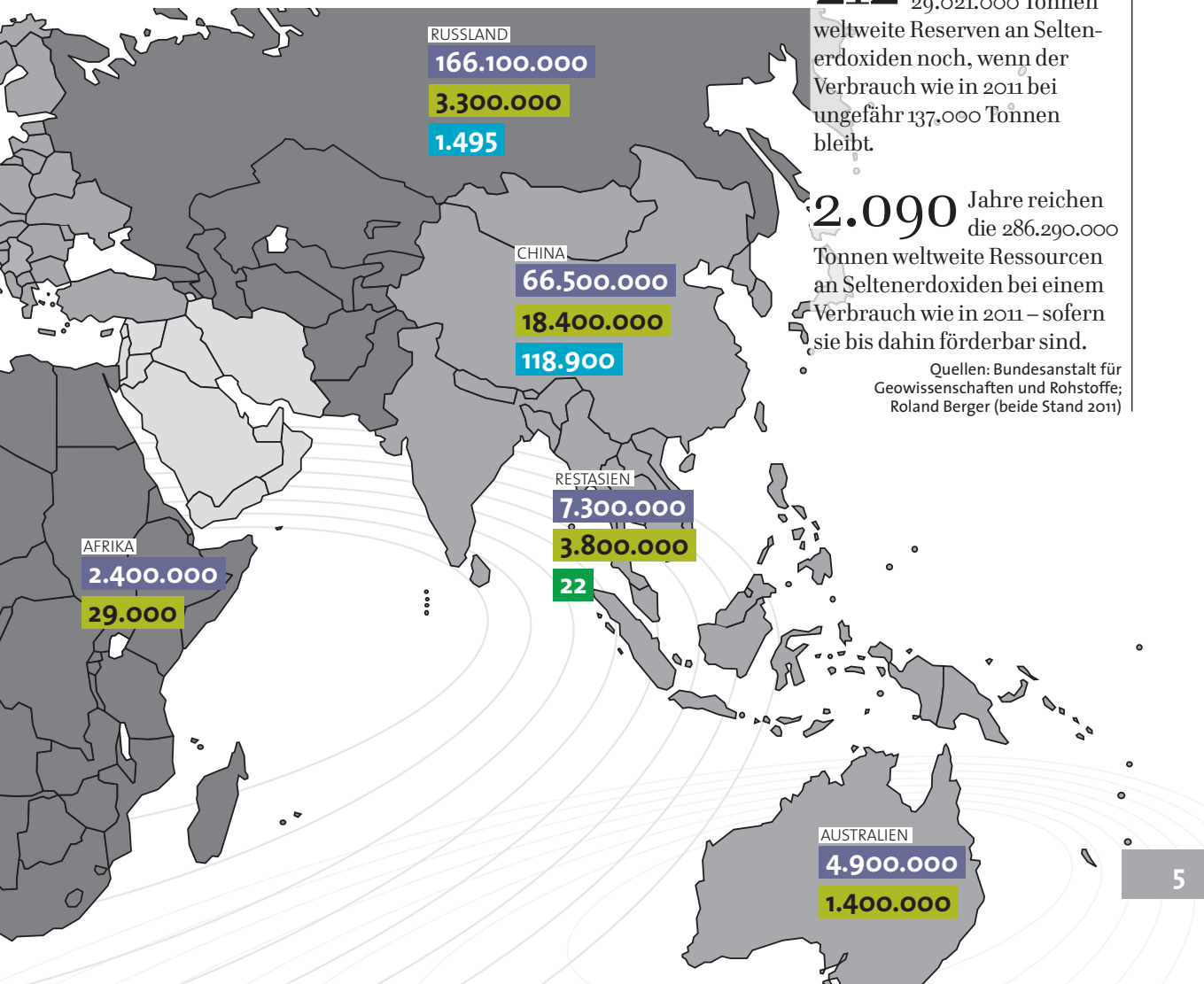
Reichweite

Geht es um begehrte Rohstoffe, stellt sich die Frage, wie lange die Vorräte halten und ab wann Ersatz benötigt wird. Die Berechnung der Reichweite von Rohstoffen ist jedoch immer nur eine Momentaufnahme, die tatsächliche Reichweite ist abhängig von verschiedenen Faktoren wie Nachfrageänderungen oder technischen Neuerungen.

212 Jahre reichen die 29,021.000 Tonnen weltweite Reserven an Seltenerdoxidien noch, wenn der Verbrauch wie in 2011 bei ungefähr 137,000 Tonnen bleibt.

2.090 Jahre reichen die 286.290.000 Tonnen weltweite Ressourcen an Seltenerdoxidien bei einem Verbrauch wie in 2011 – sofern sie bis dahin förderbar sind.

Quellen: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Roland Berger (beide Stand 2011)



Verstärkermetalle

Seltene Erden im Automobilbau

4 Kilogramm Seltene Erden stecken im Touareg Hybrid, der größte Anteil davon in der Batterie. Im Audi Q5 ist weniger als ein Kilogramm der Metalle verarbeitet, da hier eine Lithium-Ionen-Batterie verbaut ist, die ohne Seltene Erden auskommt. Quelle: Volkswagen

Hybridautos, Elektroantriebe oder LED-Scheinwerfer – viele Zukunftstechnologien des Automobilbaus wären ohne Seltene Erden nicht denkbar. Die Spezialmetalle stecken in verschiedenen Pkw-Teilen. Bereits kleinste Mengen wirken wie ein Dopingmittel auf die Eigenschaften anderer Stoffe und machen sie magnetischer, glänzender oder hitzebeständiger.

LANTHAN



Batterie

Der Elektromotor in Hybrid- und E-Autos wird in der Regel mit Strom aus einer Batterie versorgt. Lithium-Ionen-Akkus kommen ohne Seltene Erden aus – im Gegensatz zu Nickel-Metallhydrid-Akkus, die Energie in Form von Wasserstoff speichern. Dabei hilft **Lanthan**, das in Verbindung mit Nickel große Mengen an Wasserstoff absorbieren und speichern kann. Die Energie wird im Fahrbetrieb wieder freigegeben.

Quellen: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI; TRADIUM (beide Stand 2012)

CER



Polituren

Autopolituren sorgen dafür, dass stumpf gewordene Scheiben, Spiegel und Lacke wieder wie neu glänzen. Für den Glanzeffekt verantwortlich ist **Ceroxid**, dessen Nanopartikel nur rund einen Millionstel Millimeter groß und sehr hart sind. Sie sorgen dafür, dass beim Polieren eine dünne Schicht der Oberfläche abgetragen wird. Dadurch werden kleine Risse und Kratzer entfernt. Quellen: Bundesverband für Bildung und Forschung, Nano-Report 2009; SPECTARIS (Stand 2011)

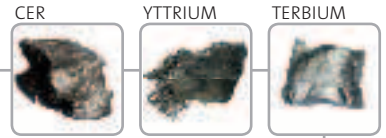
YTRIUM



Lambdasonde

Die Lambdasonde ist in der Abgasanlage von Fahrzeugen verbaut und misst die Sauerstoffkonzentration im Abgas. Die angeschlossene Regelelektronik stellt anhand des elektrischen Signals der Sonde das Kraftstoff-Luft-Verhältnis im Motor so ein, dass eine ideale Verbrennung stattfindet. Die enthaltene Keramik wird durch **Yttrium** durchlässig für Sauerstoffionen, die für die Messung unerlässlich sind.

Quellen: Universität Karlsruhe, Institut für theoretische Festkörperphysik (Stand 1999); Projekt DaNa (Stand 2011)



LEDs

In Autoscheinwerfern werden LEDs häufig als Tagfahrlicht eingesetzt. Sie wandeln elektrische Energie in Licht um, wobei Seltene Erden unerlässlich sind: Sie kommen in den Halbleitern der Leuchtdioden vor, durch die der Strom fließt. Dort sind die Spezialmetalle zusammen mit Metallphosphaten für die unterschiedlichen Lichtfarben verantwortlich. Am häufigsten kommen **Cer**, **Yttrium** und **Terbium** zum Einsatz, die für einen warmen gelben Lichtton sorgen.

Quellen: Umweltinstitut München; Fördergemeinschaft gutes Licht, LED – Licht aus der Leuchtdiode (beide Stand 2011); *Journal of the Electrochemical Society* (Ausgabe Januar 2011)



Glas

Bei der Herstellung von Glas entziehen **Neodym** und **Cer** ihm jene Farban-teile, die es natürlicherweise enthält: Cer formt zunächst das im Glas enthaltene Eisen so um, dass es sich von intensivem Blau in ein sehr blasses Gelb verfärbt. Neodym absorbiert anschließend die Gelbfärbung – das Glas wird farblos.

Quelle: Technische Universität Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten (Stand 2009)



Zündkerze

Die Elektroden der Zündkerze im Verbrennungsmotor können **Yttrium** enthalten. Üblicherweise verschleißen die Elektroden mit der Zeit, weil bei jeder Zündung ein minimaler Anteil des Materials oxidiert, also Teilchen an die Luft abgibt. Yttrium bildet eine widerstandsfähigere Oberfläche, wodurch die Lebensdauer der Elektrode verlängert wird.

Quelle: Bosch (Stand 2011)



Katalysator

Ein Fahrzeugkatalysator wandelt die vom Verbrennungsmotor produzierten Abgase Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoffmonoxid in die ungiftigen Substanzen Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und Wasser. Dies geschieht, indem die Schadstoffe Sauerstoff aufnehmen beziehungsweise abgeben. Dabei kommt **Cer** zum Einsatz: Cerdioxid speichert den Sauerstoff kurzfristig, gibt ihn rasch wieder ab und unterstützt damit die schnelle Umwandlung der Abgase. **Lanthan** und **Yttrium** dienen der Temperaturstabilität im Katalyseprozess.

Quellen: Helmholtz Zentrum München (Stand 2004); Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung ISI; Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (beide Stand 2012)

Elektromotor

Magnetismus ist die treibende Kraft des E-Antriebs: Das wechselseitige Anziehen und Abstoßen von Dauer- und Elektromagneten sorgt für Bewegung im Elektromotor. Die Dauermagneten bestehen häufig aus einer Neodym-Eisen-Bor-Verbindung. Das hoch magnetische **Neodym** erhöht die Energiedichte eines Standard-Eisenmagneten und führt so zur 76-fachen Leistungssteigerung. Eine höhere Hitzebeständigkeit über 80 Grad Celsius hinaus wird durch die Beimischung von **Terbium**, **Praseodym** oder **Dysprosium** erzielt.

Quellen: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI; TRADIUM (beide Stand 2012)



Fotos: images-of-elements.com



Ersatzrohstoffe

Die Suche nach Rohstoffen, die Seltene Erden ersetzen können, läuft auf Hochtouren. In Deutschland sucht die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen zusammen mit Siemens nach solchen Ersatzrohstoffen. Für Permanentmagnete ist bereits ein aussichtsreicher Kandidat gefunden worden: eine Eisen-Kobalt-Verbindung mit Nanostruktur. Dieser Werkstoff könnte Seltene Erden künftig in Magneten ersetzen, ohne deren Leistung zu verringern.

Quelle: Siemens, *Pictures of the Future* (Ausgabe Herbst 2011)

Wieder verwerten ... oder Ersatzrohstoffe finden

Seltene Erden sind teuer. Das Recycling dieser Rohstoffe könnte dazu beitragen, die Kosten für Technologien wie den Elektromotor zu senken und die Umwelt vor Belastungen durch Förderung und Deponierung zu schützen. Bislang werden Seltene Erden aber kaum wieder verwertet. Der Grund: Da sie in den Produkten mit anderen Stoffen vermischt sind, ist ihre chemische Trennung aufwendig und teuer. Gefragt sind neue Methoden, um Seltene Erden zurückzugewinnen – oder Ersatzrohstoffe zu finden.

1 Prozent aller verwendeten Seltenen Erden wird in Deutschland recycelt. Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Stand 2011)

10 Prozent seines Bedarfs an Seltenen Erden will der japanische Elektrotechnikkonzern Hitachi bis 2013 mit recyceltem Material abdecken. Quelle: Hitachi (Stand 2011)

Recycling von Magneten

In Elektro- und Hybridautos verbaute Permanentmagnete enthalten zu etwa 30 Prozent Seltene Erden wie Neodym, Praseodym und Dysprosium. Ein deutsches Forschungsprojekt arbeitet an verschiedenen Methoden, um diese Stoffe wiederzugewinnen. Eine davon ist das Einschmelzen der gemahlene Magnete, wobei die Seltenen Erden in einem chemischen Prozess herausgelöst werden. Auch die erneute Verwendung des magnetischen Materials ohne die Auftrennung der Bestandteile wird getestet. Die Ergebnisse sollen bis 2014 vorliegen.

Quellen: Technische Universität Clausthal; Siemens; Öko-Institut, Study on Rare Earths and Their Recycling (alle Stand 2011)

Recycling von Batterien

Nickel-Metallhydrid-Batterien bestehen zu sieben bis zehn Prozent aus Seltenen Erden wie Lanthan, Cer und Neodym. Wissenschaftler testen eine Recyclingmethode, bei der die Batterien zerkleinert und mit einem Sieb vorsortiert werden. In den feineren Rückständen bleiben die Seltenen Erden übrig. Sie werden unter Einwirkung von Hitze und Chemikalien im Schmelzrückstand angereichert und können später wieder daraus gewonnen werden. Das Projekt wird derzeit noch technisch und ökonomisch bewertet.

Quellen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Technische Universität Bergakademie Freiberg; Öko-Institut, Study on Rare Earths and Their Recycling (alle Stand 2011)

Impressum

www.viavision.org

Herausgeber

Volkswagen Aktiengesellschaft
Konzern Kommunikation
Brieffach 1972, 38436 Wolfsburg
Telefon: 05361/9-77604, Fax: 05361/9-74629

Verantwortlich (V.i.S.d.P.)

Stephan Grühsem, Leiter Konzern Kommunikation;
Peter Thul, Leiter Kommunikation Marke & Produkt

Redaktion

Susanne van den Bergh, Stefanie Huland,
Adrienne-Janine Marske, Kathi Preppner,
Lena Wilde
Kontakt: redaktion@viavision.org

Verlag

Verlag Rommerskirchen GmbH & Co. KG
Mainzer Straße 16-18, Rolandshof,
53424 Remagen, Telefon: 02228/931-0
www.rommerskirchen.com

Druckerei

L.N. Schaffrath GmbH
Marktweg 42-50, 47608 Geldern