



# Raubbau im Namen der Umwelt

**ENERGIEWENDE** Es ist eine paradoxe Logik: Windräder, Elektroautos und Solarmodule sollen den Planeten retten, doch für ihre Produktion wird er erst einmal geplündert. Sie alle enthalten kostbare Rohstoffe, für deren Gewinnung vor allem arme Länder ihre Natur zerstören. Heiligt die Klimawende jedes Mittel – oder gibt es Alternativen?

## 2 Prozent

Dieser Anteil der weltweiten Kupferproduktion kommt aus der Mine Los Pelambres in Chile.

Quelle: eigene Berechnung

Jedes Windrad birgt ein schmutziges Geheimnis in sich. Es verwandelt bewegte Luft sauber und effizient in elektrischen Strom, doch kaum jemand hat eine präzise Vorstellung davon, woraus es beschaffen ist. Das Material entstammt einem brutalen Eingriff in die Natur.

Eine Windkraftanlage besteht aus Zement, Sand, Stahl, Zink, Aluminium. Und tonnenweise Kupfer: für Generator, Getriebe, Umspannstation und endlose Kabelstränge. Rund 67 Tonnen finden sich in einer mittelgroßen Offshore-Turbine. Um diese Menge Kupfer zu gewinnen, müssen Bergleute fast 50 000 Tonnen Erde und Gestein bewegen, das entspricht dem fünffachen Gewicht des Eiffelturms. Das Geröll wird geschreddert, zermahlen, gewässert, gelaugt. Viel zerstörte Natur für ein wenig Grünstrom.

Die Dimension wird so richtig deutlich in der Mine Los Pelambres im Norden Chiles. Hier liegt eines der weltgrößten Kupfervorkommen, ein grauer Riesenkrater in 3600 Meter Höhe. Die Böden sind gesegnet mit metallhaltigem Erz. Knapp zwei Prozent der weltweiten Kupferproduktion kommen aus diesem einen Loch.

Kipplaster, 3500 PS stark, transportieren ihre tonnenschweren Ladungen die Terrassen hinab. Die Brocken gelangen per Förderband knapp 13 Kilometer weit ins Tal, dort wird das Gestein vom Kupfer getrennt. Unmengen Strom und Wasser sind nötig, in dieser staubtrockenen Gegend ein besonders kostbares Gut.

Antofagasta betreibt das Projekt, ein chilenischer Bergbaukonzern mit Sitz in London, der 60 Prozent an der Mine hält. Das Unternehmen hat 2013 vor allem für Los Pelambres ein Wasserkraftwerk errichtet. Bauern protestierten dagegen und machen das Projekt für die Wasserknappheit in der Region verantwortlich.

Nun wird die Mine sogar noch vergrößert. Das Unternehmen pumpt zusätzliche Mengen von der Pazifikküste quer durchs Land, Meerwasser, das entsalzt worden ist. Auf diese Weise lässt sich der Bergbau hier noch einige Jahre länger betreiben, hoffen die Manager. Denn der weltweite Kupferbedarf wird immens wachsen, für Stromkabel, Elektromotoren. Oder für Windräder.

Solche grünen Technologien sollen den Planeten retten – aber erst mal wird er dafür geplündert. Das ist die paradoxe Logik, die hinter dem gegenwärtig bedeutendsten Projekt der Industriestaaten steht, der globalen Energiewende. Es ist ein Dilem-

ma, das immer stärker ins Bewusstsein rückt und das die rund 25 000 Delegierten auf der Weltklimakonferenz in Glasgow in diesen Tagen beschäftigen wird. Die Böden im armen Süden werden ausgebeutet, damit die Menschen im reichen Norden ökologisch scheinbar korrekt leben. Oder sich zumindest so fühlen können. Eine verhängnisvolle Entwicklung findet der in Kalifornien lebende Ressourcenforscher Mathis Wackernagel: »Wir haben uns die Zukunft nicht ganz durchdacht.«

Wackernagel, 1962 in Basel geboren, gehört zu den einflussreichsten Köpfen der Umweltbewegung. Er hat zwei Metaphern geprägt, die weltweit das Denken über Nachhaltigkeit beeinflussen haben.

Das eine Bild ist der ökologische Fußabdruck, er gibt an, wie viel Boden- und Meeresfläche nötig sind, um die genutzten Ressourcen zu erneuern. Nach Wackernagels Rechnung sind derzeit 1,75 Erden nötig, damit sich der Planet regenerieren kann. Verhielten sich alle Menschen so verschwenderisch wie die Bewohner Deutschlands, brauchte es sogar fast drei Erden.

Das andere Bild, der »Earth Overshoot Day«, markiert den Tag im Jahresverlauf, an dem die Menschheit so viele Ressourcen verbraucht hat, wie die Erde in einem Jahr wiederherstellen kann. In diesem Jahr fiel dieser Tag auf den 29. Juli. Zwei Metaphern für Wackernagels zentrale Botschaft: »Wir benutzen die Ressourcen der Zukunft, um die Gegenwart zu bezahlen.«

Damit meint er den Konsum von täglich rund 90 Millionen Fässern Erdöl, den Landverbrauch für Gebäude, Straßen oder Ackerflächen – und eben auch das Ausbeuten der Bodenschätze. Das biologische Budget ist begrenzt, sagt der Wissenschaftler: der Mensch müsse sich entscheiden, wofür er es verwenden wolle. Nutz er es für den Abbau von Kupfer, feile es etwa für den Anbau von Rüben. Es sei zu kurz gedacht, wenn man meine, man müsse bloß die fossile Welt elektrisch nachbauen und den Sechszylinder-Jaguar gegen den batterieelektrischen Tesla eintauschen um der Umwelt Genüge zu tun.

Solche Zusammenhänge sind nun wenigen bewusst, wenn sie ein E-Auto fahren, Strom aus Wind- oder Sonnenkraft nutzen, im Keller einen Lithium-Ionen-Speicher aufgestellt haben – und sich dabei fabelhaft fühlen, wie Pioniere der Nachhaltigkeit. Wer ahnt denn, wie extrem belastet die Produktion von Rohstoffen ist

aus denen Klimatechnologien entstehen? Wer weiß schon, dass bei der Herstellung von einer Tonne Neodym, das zu den Metallen der seltenen Erden gehört und in Windrädern verbaut ist, 77 Tonnen Kohlendioxid entweichen? Zum Vergleich: Selbst die Produktion einer Tonne Stahl verursacht nur rund 1,9 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Fast 50 Jahre nachdem die US-Wissenschaftlerin Donella Meadows und ihre Mitstreiter im Bericht an den Club of Rome »die Grenzen des Wachstums« anmahnten, gewinnt der Raubbau an der Natur eine neue, überraschende Dimension. Der gigantische Materialbedarf ist der stets unterschätzte Faktor bei allen Technologien, die helfen sollen, die Welt nachhaltig zu machen. Windräder und Fotovoltaikanlagen, Elektroautos und Lithium-Ionen-Batterien, Hochspannungstrassen und Brennstoffzellen haben eines gemein: Ihre Herstellung verschlingt unfassbare Mengen an Rohstoffen.

In den Modulen eines Solarparks, 1000 mal 1000 Meter groß, verbergen sich elf Tonnen Silber. In einem Tesla Model S steckt so viel Lithium wie in ungefähr 10 000 Handys. Ein Elektroauto benötigt sechsmal so viele kritische Rohstoffe wie ein Verbrenner, vor allem Kupfer, Grafit, Kobalt und Nickel für das Batteriesystem. Eine Onshore-Windkraftanlage enthält rund neunmal so viele solcher Stoffe wie ein Gaskraftwerk vergleichbarer Leistung.

Es sind ihre spezifischen Eigenschaften, die diese Metalle so begehrt machen. Kobalt oder Nickel erhöhen die Energiedichte in einer Batterie. Neodym verstärkt die magnetischen Kräfte in Windgeneratoren. Platin beschleunigt Prozesse in Brennstoffzellen, Iridium in Elektrolyseuren. Kupfer ist wegen seiner Leitfähigkeit für sämtliche elektrischen Anlagen relevant: Rund 150 Millionen Tonnen davon sind in Stromleitungen rund um den Erdball verbaut. Und die Menschheit steht erst am Anfang der Energiewende.

Nach Rechnung der Internationalen Energieagentur (IEA) wird sich der Bedarf an kritischen Rohstoffen bis 2040 weltweit vervierfachen, beim Batteriemetall Lithium beträgt der Faktor sogar 42. Diese Materialien avancierten, so IEA-Chef Fatih Birol, zu »essenziellen Bestandteilen eines künftigen sauberen, globalen Energiesystems«.

Mit solchen Stoffen hat Birol, promovierter Energieökonom, in seinem Berufsleben bislang kaum zu tun gehabt. Sein Metier war immer Öl und Gas gewesen, zunächst als Analyst



Paul Langrock

**67  
Tonnen  
Kupfer**

Diese gewaltige Menge steckt in einer Windkraftanlage auf See. Dafür müssen Bergleute fast 50 000 Tonnen Erde und Gestein bewegen.

Quellen: Wood Mackenzie, eigene Berechnung

der Opec, später dann gewissermaßen auf der anderen Seite, bei der IEA, 1974 von den Verbraucherländern in Paris gegründet als Reaktion auf die erste Ölpreiskrise. Diese hatte den Regierungen schmerzhaft demonstriert, wie sehr sie am Tropf einiger Förderstaaten hängen.

Fast ein halbes Jahrhundert später beobachtet Birol nun, wie die Industrieländer in eine neue Abhängigkeit geraten, nicht von Öl, sondern von Metallen. Und die könnte sich als noch gravierender erweisen.

Viele dieser kritischen Rohstoffe stammen aus einem kleinen Kreis von Staaten. Indonesien und die Philippinen beherrschen rund 45 Prozent des globalen Nickelangebots. China liefert 60 Prozent der Seltenerdmetalle. der Kongo ist verantwortlich für rund zwei Drittel der Kobaltproduktion. Südafrika dominiert gut 70 Prozent des Platinmarkts.

Die geografische Konzentration ist noch ausgeprägter als jene im Ölgeschäft. Die Opec deckt gerade mal 35 Prozent des globalen Angebots ab. Im Bergbau hingegen produzieren nur zehn Staaten wertmäßig rund 70 Prozent der Rohstoffe.

Die gute Nachricht: Aus geologischer Sicht ist bei Metallen kein Engpass zu befürchten. Selbst die seltenen Erden sind weder selten noch Erden. Und schon gar nicht auf China begrenzt.

Andererseits wird die Förderung immer aufwendiger, Erzqualität und

Rohstoffgehalt sinken. Und da das knappe Angebot auf eine Nachfrage stößt, die extrem zulegt, schießen die Preise in die Höhe. Innerhalb von zwölf Monaten haben sich wichtige Metalle massiv verteuert: Nickel um 26 Prozent, Kupfer um 43 Prozent, Aluminium um 56 Prozent. Der Preis für Lithiumcarbonat hat sich in einem Jahr auf mehr als 20 000 Dollar pro Tonne etwa verdreifacht. Zugleich gehen die Metallbestände in den Lagerhäusern weltweit massiv zurück.

Hier gerät offensichtlich etwas aus der Balance. IEA-Chef Birol kennt die Situation aus dem Ölgeschäft, ganz ähnlich könnten die Metallmärkte in Schieflage geraten. Birol spricht von einer »drohenden Diskrepanz zwischen Ambition und Angebot«: zwischen dem Ehrgeiz, das Klima zu schützen, und der Schwierigkeit, genügend bezahlbares Kupfer, Nickel oder Lithium zu bekommen.

Da sich ihr Abbau auf wenige, zumal politisch unsichere Länder konzentriert, avanciere die Versorgung mit ihnen zu einem globalen Sicherheitsthema. »Es könnte zu Disruptionen führen«, warnt Birol. Müssen Staaten statt Ölkrise heute einen Kampf um seltene Erden oder Lithium fürchten? Lässt sich die Ausbeutung der Böden ethisch wirklich rechtfertigen? Und wie sauber sind die grünen Technologien überhaupt?

### **Bergbau: reiche Böden, armes Volk**

Hamdallaye war ein Dorf im Nordwesten Guineas in Westafrika, eine Siedlung mit strohgedeckten Rundhütten aus Lehm und Schatten spendenden Obstbäumen. Der Soziologe Mamadou Malick Bah, 25, lebte in dem Dorf. Vergangenes Jahr im März musste Bah es verlassen, der Ort und seine 700 Einwohner standen dem Bauxitabbau im Wege.

Das rötliche Erz, das unter der Erde schlummert, gilt als Guineas Gold. Es ist der Ausgangsstoff für Aluminium, ein wichtiges Leichtmetall in Windrädern oder Stromleitungen. Die Bewohner von Hamdallaye wurden umgesiedelt in ein neues Dorf, fünf Kilometer vom alten entfernt, errichtet auf einer Abraumhalde, auf Fotos ähnelt es einer Wüstenlandschaft.

»Es ist wie auf dem Mars«, sagt Bah. Kaum etwas wachse dort, der Boden sei so karg, dass die halbstaatliche guineische Bergbaufirma CBG die Kleinbauern, die vorher von der eigenen Landwirtschaft lebten, nun alimentieren müsse: 94 Euro gab es zuletzt pro Person im Monat.

Vor mehr als 50 Jahren starteten Minenfirmen in der Region Boké mit dem Bergbau, heute stehen die Bagger dort kaum noch still. Guinea, eines der ärmsten Länder der Erde, verfügt über die weltgrößten Bauxitvorkommen. Für einen Großteil der Landesfläche wurden Förderkonzessionen vergeben, auch Firmen aus China sind dabei.

Die Umweltfolgen sind verheerend. Die Vielfalt der Natur werde zerstört, die Trinkwasserquellen würden verschmutzt, sagt Dorfbewohner Bah. Seine Hütte im alten Dorf sei durch die Vibration der Maschinen vor vier Jahren zusammengefallen. Entschädigt worden sei er dafür bis heute nicht.

Pikant an dem Bergbauprojekt ist die Tatsache, dass der deutsche Staat daran mitgewirkt hat. Die Bundesregierung sicherte 2016 die Erweiterung der Mine mit einer Kreditgarantie von 246 Millionen Euro ab, trotz kritischer Stimmen aus dem Umweltbundesamt. Das Wirtschaftsministerium hingegen lobte in einem Bericht, dass man die Globalisierung in Guinea gerecht gestalten könne. Statt von enteigneten Bauern in Westafrika war dort von »Beschäftigungssicherung am deutschen Standort« die Rede.

Die Erweiterung der Minenkapazität, so der Bericht, ermögliche es nämlich der niedersächsischen Firma Aluminium Oxid Stade (AOS), ihre Produktion für mehr als zehn Jahre sicherzustellen. AOS ist der letzte deutsche Bauxitverarbeiter und wichtiger Lieferant von Produkten zum Beispiel für die Autoindustrie. Ein Audi E-Tron besteht zu 804 Kilogramm aus Aluminium.

Das Beispiel des umstrittenen Bauxitabbaus in Westafrika zeigt, welche Verbindungen sich ergeben zwischen den glänzenden Ökoprodukten »made in Germany« und der staubgrauen Herkunft ihrer Ingredienzen. Es ist das Paradox des Überflusses, das Länder wie Guinea plagt: Sie verfügen über gewaltige Bodenschätze – und gelangen dennoch zu keinem breiten Wohlstand.

Schicksalhaft ist dies nicht. Norwegen ist ebenfalls mit Ressourcen gesegnet, schafft es aber, diesen Vorteil nutzbringend einzusetzen: Die Politik ist verlässlich, die Institutionen sind stark, die Kriminalität bleibt gering. »Good Governance« ist der Schlüssel dafür, dass auch Länder wie Guinea vom globalen Rohstoffboom profitieren könnten.

Die großen Vorkommen befinden sich in den drei A, Afrika, Australien und den Anden, in den trockensten



WELTKLIMA  
KONFERENZ  
GLASGOW 2021

**64**  
Prozent  
Kobalt

Fast zwei  
Drittel der  
Weltproduktion  
stammen aus  
dem Kongo,  
gewonnen  
aus industrieller  
Förderung  
und Klein-  
bergbau.

Quelle: DERA

Gegenden der Erde, die unter dem Klimawandel extrem leiden, wo das Wasser noch knapper ist als irgendwo sonst. Und wo enorme Energiemengen nötig sind, um das Erz zu verarbeiten.

Bis zu drei Prozent des globalen Strombedarfs entfallen auf das Zerkleinern und Mahlen von Gestein. Das ist mehr, als ganz Deutschland verbraucht.

Als »dirty, dusty, dangerous« charakterisiert sich die Bergbaubranche selbst: dreckig, staubig, gefährlich. Keine andere Industrie greift so erbarmungslos in die Umwelt ein. Die Betriebe hinterlassen oft eine Mondlandschaft, zusätzlich Becken voll kontaminierter Brühe, sogenannten Tailings, in denen die Rückstände der Aufbereitung gesammelt werden. Weltweit gibt es schätzungsweise rund 32 000 dieser Giftseen. Im Januar 2019 brach in Brasilien ein Damm nahe einer Eisenerzmine, eine Schlammlawine ergoss sich ins Tal, mehr als 270 Menschen starben.

Früher konnten es sich die Bergbaufirmen leisten, die Umwelt zu ignorieren. Heute spüren sie Widerstand. Vergangenes Wochenende protestierten in Guatemala indigene Maya gegen ein Schweizer Bergbauunternehmen, das im Nordosten des Landes Nickel abbaut; die Regierung verhängte den Ausnahmezustand. Aber auch viele Kunden der Minenfirmen, vor allem die Kapitalgeber,

lassen zumindest den Großen der Branche solches Fehlverhalten nicht mehr so leicht durchgehen. Sie meiden Branchen, die als ökologisch fragwürdig gelten – selbst wenn sie ökonomisch aussichtsreich sind.

Die Minenkonzerne müssen etwas tun. »Wir erfüllen alle Anforderungen, um für die Anleger interessant zu sein«, umwirbt Iván Arriagada, der Chef von Chiles Kupferriesen Antofagasta, die Investoren. Arriagada, 58, ist ein moderner Managertyp, Masterabschluss von der London School of Economics, keiner von den alten Bergbau-Tycoons, die sich nie ohne Krawatte zeigen. Arriagada versucht, Antofagasta als Vorreiter im Umweltschutz zu positionieren, soweit dies in der Branche möglich ist.

Fast die Hälfte des Wassers, das das Unternehmen in Bergwerken wie Los Pelambres verwendet, stammt ihm zufolge mittlerweile aus dem Meer statt aus den Bergen, bis zum Jahr 2025 sollen es 90 Prozent sein. »Jeden Tropfen Wasser benutzen wir sieben- oder achtmal, bevor er verdunstet«, versichert Arriagada. Und der nötige Strom soll im kommenden Jahr komplett aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.

Ein gutes Dutzend Konzerne macht das globale Rohstoffgeschäft unter sich aus. Glencore aus der Schweiz beherrscht den Kobaltmarkt, das amerikanische Albermarle ist die Nummer eins bei Lithium, Vale aus



Hartmut Schwarzbach / a r g u s

# Das große Graben

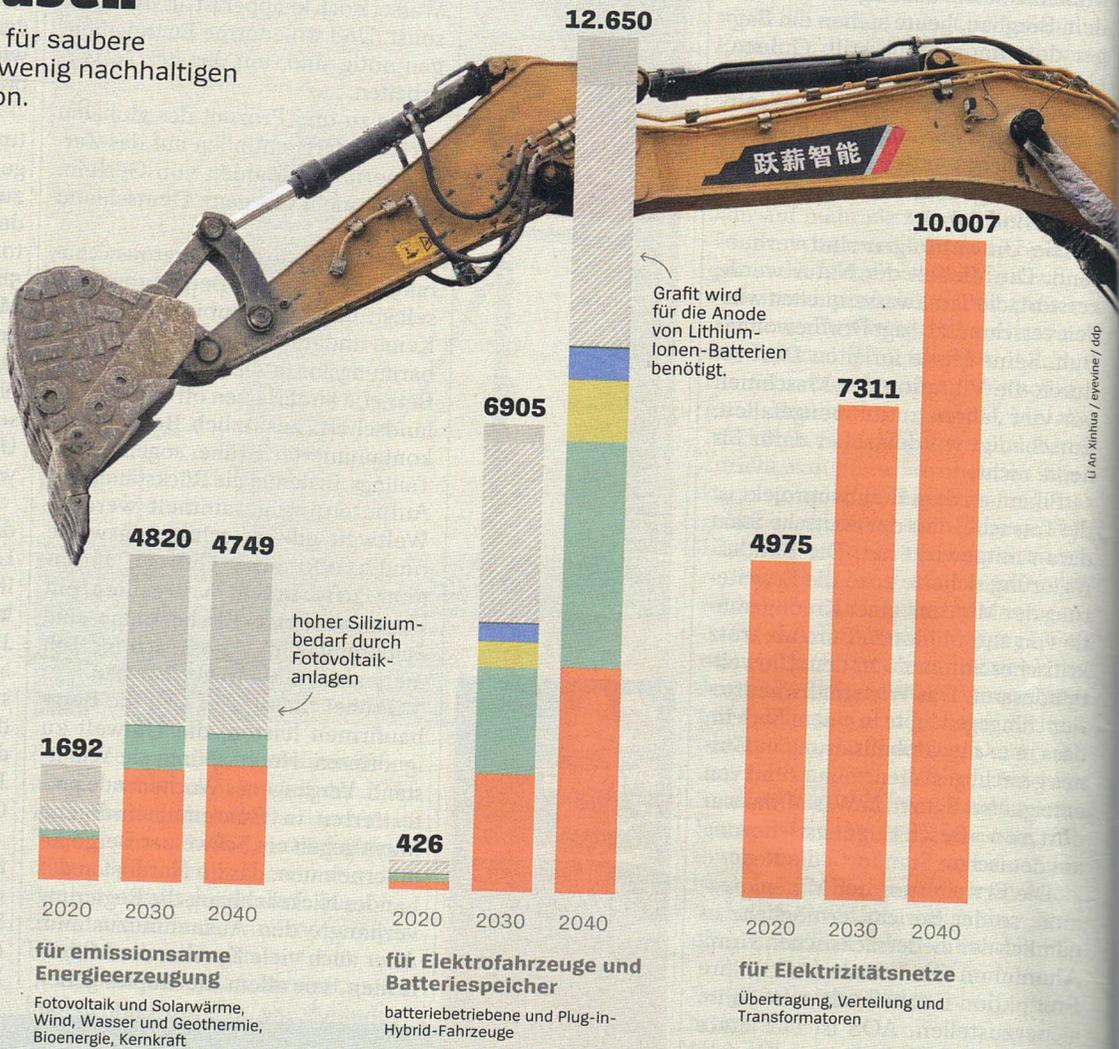
Der immense Rohstoffbedarf für saubere Technologien trifft auf einen wenig nachhaltigen Markt mit hoher Konzentration.

## Weltweiter Bedarf an Mineralrohstoffen

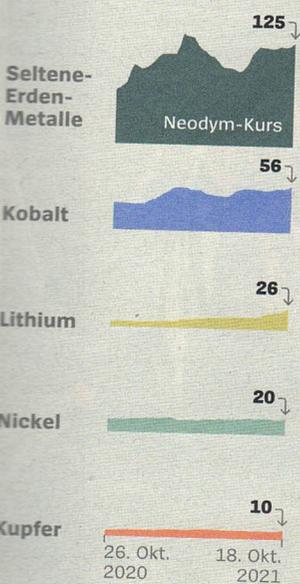
für den Ausbau sauberer Energietechnologien, in 1000 Tonnen

Prognosen für 2030 und 2040, bei denen die Ziele des Pariser Abkommens erreicht werden\*

- andere\*\*
  - Seltene-Erden-Metalle
  - Kobalt
  - Lithium
  - Nickel
  - Kupfer
- technologie-übergreifend zentrale Mineralrohstoffe



### Preis in Dollar pro Kilogramm



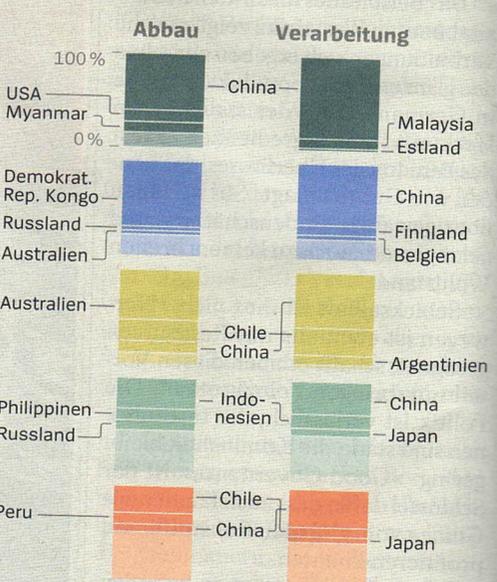
### Emissionen von Treibhausgasen bei Produktion, Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Tonne Metall



### Produktionsvolumen nach Wasserstresslevel am Standort, in Prozent, 2020



### Produktionsvolumen nach Staaten (Top 3 und sonstige), Anteile 2019



Erderwärmung stabilisiert sich deutlich unterhalb eines Anstiegs um 2°C gegenüber vorindustrieller Zeit; \*\* ohne Stahl und Aluminium  
 • Quellen: IEA (2021) World Energy Outlook Special Report, IEA-Daten (2021, bearbeitet vom SPIEGEL); Refinitiv Datastream; Fastmarkets

Brasilien führend bei Nickel, Codelco (Chile) und Antofagasta (Großbritannien) sind stark bei Kupfer. Alle spüren den wachsenden Druck, die Umwelt zu schonen. »Wir müssen unsere Denkweise wirklich verändern«, bekannte Rio-Tinto-Chef Jakob Stausholm auf einer Investorenkonferenz vorige Woche in London. Der britisch-australische Konzern will seine CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 halbieren. Zugleich erschweren sich die Bedingungen, unter denen die Rohstoffbranche Bodenschätze abbauen kann.

In 15 Jahren hat der Kupfererzgehalt in Chiles Bergwerken um fast ein Drittel abgenommen, inzwischen liegt er bei 0,7 Prozent. Vor drei Generationen waren es noch 2 bis 3 Prozent. Die Industrie muss heute viel tiefer in die Natur eindringen, um dieselben Mengen an Edelmetall zu produzieren wie früher – entsprechend mehr Strom und Treibstoff verbraucht sie.

Die einfachen Vorkommen sind ausgebeutet, seit Jahren schon wurden in Chile keine größeren Lagerstätten neu erschlossen. Nur zwei Prozent aller Explorations führen dazu, dass tatsächlich eine Mine errichtet wird. »Man braucht Glück, viel Ausdauer und Beharrlichkeit«, sagt Antofagasta-Chef Arriagada. Und dann dauert es noch im Schnitt gut 16 Jahre von der Entdeckung eines geeigneten Fleckens bis zur Produktion. »Unser Planungshorizont umfasst Jahrzehnte.«

Das aktuelle Angebot an Metallen lässt sich nur schwer vergrößern. Nach Projektion der IEA werden die Mengen aus den aktiven und geplanten Minen nicht ausreichen, um die Nachfrage zu stillen. Bei Lithium und Kobalt sei sogar nur die Hälfte des künftigen Bedarfs durch Förderprojekte gedeckt. »Die Angebots- und Investitionspläne für viele kritische Mineralien bleiben deutlich hinter dem zurück, was nötig ist, um eine rasche Bereitstellung von Solarpaneelen, Windturbinen und Elektrofahrzeugen zu unterstützen«, warnt IEA-Chef Birol.

Global öffnet sich eine Rohstofflücke, denn die Nachfrage wächst immens. Sie hätten den Aufschwung in ihren Projektionen vorausgesehen, berichtet Arriagada, doch die Dynamik habe sie überrascht. Verantwortlich dafür sei vor allem der sprunghaft wachsende Bedarf bei grünen Technologien. Die Elektromobilität sei derzeit bei ihnen für ein bis zwei Prozent der Kupfernachfrage verantwortlich. Bis 2030 steige dieser Anteil auf mehr als zehn Prozent.

»Durch die Pandemie ist ein Bewusstsein entstanden, dass wir kollektiv und schnell handeln müssen, um systemische Risiken wie den Klimawandel zu bekämpfen«, sagt Arriagada. Sein Unternehmen profitiert davon.

### Elektroautos: Schätze im Chassis

Ein Elektroauto benötigt, je nach Batterietyp, zwischen 150 und 250 Kilogramm an besonderen Rohstoffen. Der größte Teil besteht aus Graphit, Nickel und Kupfer, der Rest sind Mangan, Lithium und Kobalt. Die Autohersteller treiben den Ausbau ihrer E-Flotte voran. Zwischen ihnen ist ein Wettstreit darum entbrannt, ihren Nachschub an Rohstoffen zu sichern.

Im Frühjahr gab BMW-Chef Oliver Zipse seinen Kunden und Aktionären ein mutiges Versprechen. BMW werde »das grünste Elektroauto der Welt« bauen. Nicht nur die Luft in den Städten, sondern alle Glieder in der Wertschöpfungskette sollten sauber werden. Das bedeutet für Zipse auch: Rohstoffe dürfen nicht aus Minen kommen, in denen Kinder arbeiten oder Gewässer durch Schadstoffe verunreinigt werden. So wie es oft bei Kobalt der Fall ist, einem der wichtigsten Inhaltsstoffe moderner Elektrobatterien.

Zipses Worte klingen nach billiger Öko-PR. Doch man darf ihm die Worte abnehmen, er folgt damit schlicht ökonomischer Vernunft. Elektroautos müssen Verbrenner bei der Nachhaltigkeit übertrumpfen, darum geht es. Ansonsten nämlich verpufft das wichtigste Verkaufsargument.

Auch wenn die Produktion der Rohstoffe für ein E-Auto und seine Batterie extreme Massen an Ressourcen verschlingt, so ist es ökologisch noch immer deutlich vorteilhafter, als mit einem herkömmlichen Fahrzeug unterwegs zu sein. Bei der Klimabilanz ist das E-Auto klar im Vorteil.

**10 000  
Handys**

So viele Smartphones ließen sich mit dem Lithium einer Tesla-Batterie bauen. Ein E-Auto benötigt sechsmal so viele kritische Rohstoffe wie ein Verbrenner.

Quellen: IEA, eigene Berechnung



Dylan Stewart / Image of Sport / ddp

Ein Verbrennerfahrzeug stößt, über einen Lebenszyklus von 200 000 Kilometern gerechnet, laut IEA gut 40 Tonnen Treibhausgas aus, mehr als doppelt so viel wie ein Elektroauto, trotz der CO<sub>2</sub>-intensiven Fertigung der Batterie.

Die Schwäche des E-Autos liegt darin, dass es so viel mehr mineralische Rohstoffe benötigt als die Verbrenner, darunter etliche kritische Materialien, die oft unter fragwürdigen Bedingungen abgebaut werden. Die Batterie des Elektrogeländewagens iX, den BMW kürzlich vorgestellt hat, enthält etwa 6 Kilo Kobalt, 10 Kilo Lithium und 60 Kilo Kupfer. Allesamt Rohstoffe, die in einem Benzin- oder Diesel kaum oder gar nicht zu finden sind.

Etwa die Hälfte des Bedarfswachstums, den grüne Technologien in den kommenden zwei Jahrzehnten auslösen werden, hat allein mit dem absehbaren Boom der Elektroautos und Energiespeicher zu tun. Schon 2030, kalkuliert BMW, werden 50 Prozent seiner verkauften Autos reine Elektroautos sein, heute liegt der Anteil bei gut 3 Prozent.

Der Konzern hat sich damit in ein Dilemma manövriert. Minenarbeiter im Kongo sollen nicht die Rechnung dafür bezahlen, dass Wohlstandsbürger in München saubere Luft atmen können. »Wir können uns nicht darauf beschränken, nur in den eigenen Werken nachhaltig zu wirtschaften«, sagt Patrick Hudde, Leiter Nachhaltigkeit in der Lieferkette und Rohstoffmanagement. Deshalb hat sich der Autohersteller zu einem ungewöhnlichen Schritt entschlossen.

Der Konzern will sich künftig nicht mehr auf Zwischenhändler und deren Zusicherung verlassen, dass die Rohstoffe aus sauberen Quellen stammen. Lithium und Kobalt kauft BMW deshalb direkt bei Minenbetreibern ein. Nicht im Kongo, wo der Abbau überwiegend händisch erfolgt, sondern von Bergbauunternehmen in Marokko, Australien oder Argentinien, die BMW nach eigenem Bekunden sorgfältig geprüft hat.

Die Auswahl sei streng gewesen, sagt Manager Hudde. Über 100 Lieferanten bekämen pro Jahr keinen Zuschlag, »weil wir von der Einhaltung der Umwelt- und Sozialstandards nicht überzeugt waren«.

Doch bei den Kontrollen stößt BMW rasch an Grenzen. Zwar sind regelmäßige, teils unangekündigte Ortsbesuche geschulter Auditoren vorgesehen. Außerdem könnten sich Mitarbeiter bei BMW beschweren, sagt Hudde: »Wenn uns Verstöße be-

# Abhängig und verwundbar

In der Industrie wächst die Angst vor einer Rohstofflücke. Sollte Deutschland strategische Reserven anlegen, um gefährliche Knappheiten zu verhindern?

**Es ist eine merkwürdige Paradoxie:** Die deutsche Wirtschaft hat viele Jahre die Bedeutung von Rohstoffen wie Kupfer, Nickel oder seltenen Erden verkannt – dabei gehört sie seit jeher zu den weltgrößten Abnehmern. Beinahe jedes Kilogramm müssen die Unternehmen importieren, Sand und Kies einmal ausgenommen. Viele Einkäufer haben Edelmetalle sogar lange Zeit bloß als simple »Commodities« betrachtet, problemlos bezahlbar und verfügbar wie Leitungswasser.

Heute ist den meisten klar, in welcher Abhängigkeit sie sich begeben haben und wie groß die Gefahren sind, dass daraus eine Lücke wächst. »Es können schnell Lieferengpässe entstehen, die deutliche Preissteigerungen zur Folge haben oder sogar Lieferausfälle«, warnt Peter Buchholz, Chef der Deutschen Rohstoffagentur. »Die Risiken«, sagt er, »werden nicht weniger, sie werden mehr.«

Seit 2012 leitet Buchholz die Bundeseinrichtung in Berlin. Dort werten fast zwei Dutzend Fachleute alles aus, was sie an Informationen über die globalen Rohstoffmärkte bekommen, und beraten Unternehmen in Fragen der Beschaffung. Buchholz kennt ihre Bedürfnisse, der promovierte Geologe war früher im internationalen Rohstoffhandel tätig.

Die Zahl der Industrieaufträge sei in den vergangenen Monaten deutlich gestiegen, berichtet Buchholz. Sie richteten

sich vor allem auf Batterierohstoffe wie Lithium, Kobalt und Grafit sowie einige Elektronikmetalle und Stahlveredler, die geografisch hoch konzentriert sind, aber industriell breite Verwendung finden.

Aktuell ist es vor allem die Knappheit an Magnesium, nötig für die Aluminiumherstellung, unter der viele Betriebe vor allem in der Autoindustrie leiden. Rund 95 Prozent der Lieferungen in die EU kommen aus China. Der Nachschub stockt, weil die Magnesiumproduktion viel Energie verschlingt und die Chinesen den Verbrauch drosseln. Europas Metallproduzenten schlagen Alarm, in einem Brandbrief an die EU-Kommission warnten sie vergangene Woche vor »katastrophalen Folgen« und einer »internationalen Versorgungskrise beispielloser Größe«.

In den deutschen Unternehmen wächst das Bewusstsein für die Relevanz solcher Stoffe – und die eigene Verwundbarkeit. Sie durchleuchten ihre Lieferketten auf der Suche nach Schwachstellen, sie gehen nun auch langfristige Abnahmeverträge ein, sogenannte Off-take-Agreements, die den Minenfirmen Investitionssicherheit bieten. Vorteilhaft wäre es auch, sich an strategisch relevanten Lieferanten im Rohstoffbereich zu beteiligen, sagt Buchholz. Aber so weit geht heute kaum jemand.

Früher war das anders. Volkswagen unterhielt ein Magnesiumwerk in Israel,

Krupp förderte Eisenerz im Siegerland. Alles Geschichte. Ebenso Konzerne wie die Metallgesellschaft oder Preussag, die die Industrie mit Material versorgten.

Noch bis Ende 2019 besaß der Karlsruher Edelstahlspezialist Cronimet die Mehrheit an einer Kupfer- und Molybdän-Mine im Osten Armeniens. Dann verkaufte die Gesellschafter die Anteile, eine Grundsatzentscheidung, so Cronimet. Man rechne sich gegen Bergbauriesen wie Glencore oder Rio Tinto keine Chancen aus, »weil Investitionen in Minen sehr kapitalintensiv sind«.

Auch der Versuch einiger Unternehmen, vor knapp zehn Jahren mit einer Allianz für Rohstoffförderung gemeinsam Nachschub zu organisieren, scheiterte. Zu unterschiedlich waren die Erwartungen.

Im vorigen Jahr folgte ein erneuter Anlauf, diesmal auf europäischer Ebene. Die Raw Materials Alliance aus europaweit 500 Mitgliedern, darunter Unternehmen, Organisationen, Hochschulen, versucht, mit mehr Schlagkraft neue Lieferquellen aufzutun, zunächst vor allem bei seltenen Erden, die überwiegend aus China importiert werden. Künftig soll wenigstens ein Fünftel aus Europa kommen, durch eigene Förderung oder Recycling.

Anderswo bemühen sich die Länder schon länger und aktiver um eine breite Rohstoffbasis. In Südkorea, Indien, Japan oder China sichern sich Staatsunternehmen eigene Zugänge. Oder sie horten strategische Reserven, in den USA ist dafür die Defence Logistics Agency verantwortlich. Auch Fatih Birol, Chef der Internationalen Energieagentur (IEA), betrachtet es als keine schlechte Idee, wenn Staaten für einige kritische Metalle Lager bilden würden. Kein Wunder: Die IEA war einst gegründet worden, damit sich die Verbraucherstaaten koordiniert Erdölreserven anlegen.

In Berlin ist man diesem Vorschlag weniger zugeneigt. Die Wirtschaft sei selbst gefordert, ihre Versorgung sicherzustellen, heißt es in der Rohstoffstrategie der Bundesregierung, dies sei »vorrangig die Aufgabe der Unternehmen«. So sehen es auch viele in der Industrie. Siemens-Energy-Chef Christian Bruch jedenfalls lehnt eine staatliche Bevorratung ab: »Wir brauchen aus meiner Sicht keine strategische Reserve, sondern vielmehr eine langfristige Beschaffungsstrategie.«

Alexander Jung



Mitarbeiterin in Batterieforschungszentrum: Edelmetalle, verfügbar wie Leitungswasser

Rupert Oberhäuser / IMAGO

kannt werden, sorgen wir umgehend dafür, dass die Missstände vor Ort abgestellt werden.« Gleichwohl sind es nur Stichproben. BMW ist darauf angewiesen, dass sich seine Partner an die vertraglich fixierten Sozial- und Umweltstandards halten. Im Fall eines Verstoßes kann sich der Autohersteller eine Trennung kaum leisten: Ein großer Kobaltlieferant ließe sich auf die Schnelle kaum ersetzen.

In einer solchen Zwangslage kann ein Unternehmen versuchen, mit technologischen Mitteln den Einsatz von Rohstoffen zu vermindern. Die erste Generation von Toyotas Wasserstoffauto Mirai benötigte noch 40 Gramm Platin pro Fahrzeug. In den neuen Modellen ist der Bedarf um ein Drittel gesunken, bis 2040 will Toyota ihn auf 5 Gramm gedrückt haben. Doch selbst solche Ingenieursleistungen können die Abhängigkeit der Industrie von Rohstoffen lediglich mildern – beseitigen lassen sie sich nicht.

### China: mächtiger als die Opec

Diese Tatsache berührt insbesondere das Verhältnis der westlichen Volkswirtschaften zu China. Die Volksrepublik nehme mit einem Anteil von rund 50 Prozent am globalen Rohstoffbedarf heute eine Vormachtstellung ein, wie sie Mitte des 20. Jahrhunderts den USA vorbehalten war, sagt Peter Buchholz, Chef der Deutschen Rohstoffagentur: »Das wird sich so schnell nicht ändern.«

Bei einer Reihe von Metallen ist China das größte Förderland. Zugleich hat die Volksrepublik systematisch ein Netz an Partnerländern aufgebaut – und sie abhängig gemacht. Sie pumpt Kapital in Staaten wie Chile, Bolivien oder den Kongo, erkaufte sich damit Abbaurechte und somit Zugriff auf die knappen Ressourcen.

Noch ausgeprägter ist Chinas Dominanz bei der Verarbeitung. Bei 23 von 26 Raffinadeprodukten ist die Volksrepublik das führende Herstellerland, bei seltenen Erden liegt der Anteil bei rund 90 Prozent. Peking zielt darauf ab, alle Stufen der Wertschöpfungskette abzudecken, vom Erz bis zur E-Auto-Batterie. China kontrolliert weltweit rund 75 Prozent aller Produktionskapazitäten für Lithium-Ionen-Batterien.

Amerika und Europa beobachten mit Sorge, wie die Marktmacht des Rohstoffgiganten wächst. EU-Binnenmarktkommissar Thierry Breton warnt vor der »totalen Abhängigkeit von China«, vor allem bei der Belieferung mit seltenen Erden. Vor zehn Jahren demonstrierte China, welche Druckmittel es hat, als das Land



**75  
Prozent**

Drei Viertel  
aller  
Produktions-  
kapazitäten  
für Lithium-  
Ionen-  
Batterien  
kontrolliert  
China.

Quelle: Wood  
Mackenzie

plötzlich deren Ausfuhr einschränkte, die Preise in die Höhe schossen und die Welt in eine Versorgungskrise stürzte. Es war der Anlass für Deutschland, die erste Version einer Rohstoffstrategie zu formulieren.

China nutzt seine Investitionen in Afrika und Südamerika gezielt für ein geopolitisches Powerplay. Selbstbewusst sichert es sich Einfluss, gewährt milliardenschwere Darlehen und bindet Länder an sich. Nichts an Pekings Handeln geschehe zufällig, so der Hamburger Ökonom Thomas Straubhaar, sondern es folge »einer nüchternen Strategie der Macht«. Der Zugriff auf Rohstoffe ist zum Instrument der Außenpolitik avanciert.

Die einzigartige Stellung der Volksrepublik rührt freilich nicht daher, dass in Fernost die Böden mineralisch gehaltvoller wären – überall auf der Welt sind genügend Rohstofflagerstätten vorhanden. Von der Geologie her könnte Deutschland Teile seines Metallbedarfs selbst decken.

Immerhin hat Bergbau im Harz oder im Erzgebirge eine jahrhundertalte Tradition. Doch die Wirtschaft hat es vorgezogen, sich aus dem Ausland bedienen zu lassen – um den Preis der Abhängigkeit. Es ist eben billiger, sich aus Übersee zu versorgen. Vor allem: Man muss sich nicht selbst die Finger schmutzig machen.

Anderswo begegnen Abnehmerstaaten Chinas Übermacht, indem sie stillgelegte Lagerstätten reaktivieren. In Kalifornien haben Investoren das alte Mountain-Pass-Bergwerk 2018 wieder in Betrieb genommen, um Seltenerdmetalle zu fördern. In Schweden plant der Eisenerzförderer LKAB, aus seinen Explorationsabfällen die raren Stoffe zu extrahieren. Andere Unternehmen erkunden die letzten Grenzen des Planeten: die Schätze, die in der Tiefsee schlummern, Milliarden Tonnen metallhaltiger Mineralien.

Unternehmen wie Deep Green oder UK Seabed Resources prüfen, wie sie den Meeresboden kommerziell ausbeuten können. Die Fördertechnik hat Fortschritte gemacht; bis zu 250 Tonnen schwere Erntemaschinen, so der Plan, sollen die Rohstoffe per Panzerschlauch nach oben befördern. Sie müssen extremem Wasserdruck standhalten und hoch zuverlässig arbeiten. Es wäre zu aufwendig, sie für Reparaturen immer wieder an die Oberfläche zu holen.

Analysten von BCC Research erwarten einen neuen Rohstoffrausch, ausgelöst vom Tiefseebergbau, mit einem Marktvolumen von bis zu 15 Milliarden Dollar bis zum Ende des Jahrzehnts. Andererseits warnen Umweltschützer vor der Zerstörung kaum erforschter Ökosysteme, wenn man den Meeresgrund quadratkilometerweise durchpflügt.

Eine schnelle, konkurrenzfähige und vor allem umweltschonende Abhilfe ist von der Tiefsee als Rohstoffquelle nicht zu erwarten. Mehr Potenzial verspricht die Rückgewinnung von Metallen aus Abfällen.

### Recycling: schreddern für den Nachschub

Auf der Peute, einer Insel im Hamburger Hafen, befindet sich Europas größte Kupferhütte, das Werk von Aurubis. Seit 1907 wird hier das Metall für Rohre, Bleche oder Kabel produziert, mehr als eine Million Tonnen Kupferprodukte sind es im Jahr. Als Ausgangsstoff dient neben dem Erz, geliefert aus Chile, Peru oder Brasilien, zu knapp der Hälfte Recyclingmaterial.

Auf einem Platz auf dem Werksgelände lagert die Ware, bergeweise rötlich schimmerndes Kupfergranulat unterschiedlicher Konsistenz, mal gröber, mal feiner, hergestellt aus Kabelresten. Daneben stehen Tonnen, gefüllt mit den geschredderten Überbleibseln von Computern oder Handys. Der Aurubis-Metallurge Christian Plitzko greift sich eine Handvoll heraus. »Da sind die Schätze drin, die uns interessieren«, sagt er.

Der Chemiker betrachtet, was in seinem Handschuh silbrig und grün glänzt. »Das war mal eine Computerplatte«, sagt er. In jedem Kilogramm Leiterplatten verbergen sich rund 250 Gramm pures Kupfer.

Technisch wäre es machbar, auch andere spezielle Metalle herauszufiltern. Aber der Aufwand ist noch zu groß. Könnte man beispielsweise gezielt ein Neodymbauteil aus einer Platine herauszuschneiden, etwa mithilfe von Barcode und Laser, wäre es vielleicht lohnenswert, sagt

Plitzko. »Wenn Hersteller ihre Platinen mit einer Kennung versehen würden, könnten wir künftig in der Recyclingkette zielgerichtet die anderen besonderen Metalle vor dem Einschmelzen herauspicken.«

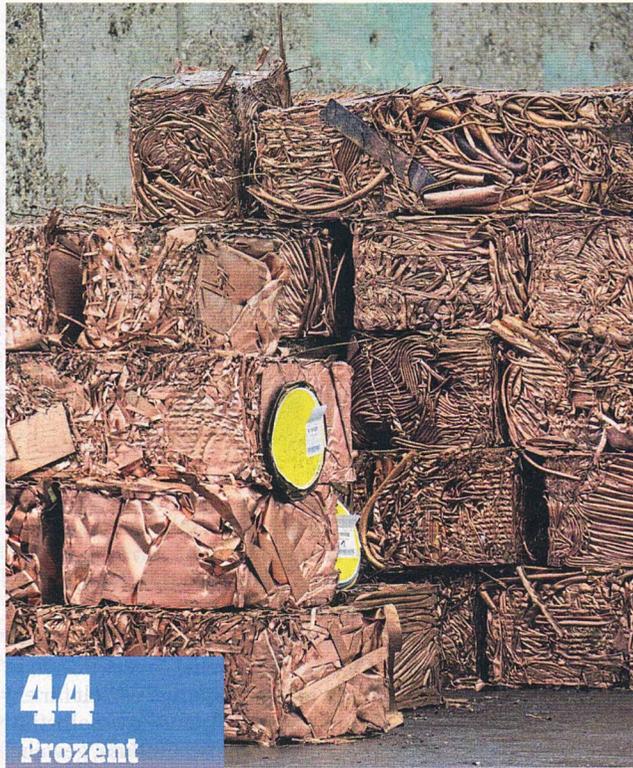
Die Nachfrage nach Kupfer hat merklich angezogen, die Schmelzöfen bei Aurubis sind gut ausgelastet. Der Konzern profitiert davon, dass Kupfer für alle grünen Technologien relevant ist und Recycling eine vergleichsweise saubere Lösung darstellt, um der Knappheit entgegenzuwirken. Die Wiederverwertung der Metalle, die sich auf einer Leiterplatte versammeln, braucht nur ein Zwanzigstel der Energie, die es kostet, die Metalle aus dem Bergbau zu gewinnen.

So kann die Industrie immerhin einen Teil ihres Rohstoffbedarfs aus eigener Kraft decken und die Abhängigkeit von Förderländern reduzieren. Recycling ist mehr denn je eine der tragenden Säulen für die Rohstoffversorgung. Allerdings sind noch einige Potenziale zu heben. Es fällt immer mehr Elektroschrott aus ausgedienten Mobiltelefonen, Fernsehgeräten oder Kühlschränken an. Statt auf dem Wertstoffhof oder an einer Rückgabestation landen viele kostbare Rohstoffe auf Müllkippen. In Deutschland liegt die Sammelquote für Elektroschrott bei nur 44 Prozent, weltweit wird weniger als ein Fünftel gesammelt und verwertet.

Die Windkraftbranche ist beim Recycling besonders gefordert. Viele Anlagen aus den Anfangstagen stehen zur Demontage an. Ausgediente Türme und Maschinenhäuser lassen sich großenteils in den Materialkreislauf zurückführen, bei den Rotorblättern gelingt das oft nicht so leicht, da sie häufig aus verklebten Glas- oder Kohlefasern bestehen.

Diese Fehler wollen die E-Auto-Hersteller nicht wiederholen. Sie arbeiten an Konzepten, wie sich das wertvolle Innenleben von Fahrzeugen, die derzeit in den Verkehr kommen, in einigen Jahren wiederverwerten lässt. Das Aluminium, das BMW in Motoren oder Karosserieteilen verbaut, besteht zur Hälfte aus Sekundärmaterial. Bei den Batterierohstoffen Nickel, Kobalt oder Lithium ist der Anteil erheblich geringer.

Die E-Auto-Ära hat schließlich erst begonnen. Noch fehlt die Masse an ausrangierten Batterien. Das soll sich ändern, sobald der Anteil verkaufter E-Autos im kommenden Jahrzehnt auf 50 Prozent und mehr ansteigt. Bis dahin will BMW eine Kreislaufwirtschaft in Gang gebracht haben, die den Bedarf an Primärrohstoffen kontinuier-



Christian Charisius / picture alliance / dpa

**44  
Prozent**

Nicht einmal die Hälfte des Elektroschrotts wird in Deutschland gesammelt.

Quelle: UBA

lich schrumpfen lässt. Elektropioniere wie Tesla hoffen sogar, den Rohstoffbedarf langfristig fast komplett aus Altbatterien decken zu können. Jeffrey Brian (»JB«) Straubel, jahrelang Technik-Mastermind neben Tesla-Boss Elon Musk, hat dazu eine eigene Recyclingfirma gegründet. Er prognostiziert eine »radikale Verschiebung« zu niedrigeren Batteriepreisen, wenn massenhaft Akkus zu 95 bis 98 Prozent wiederverwertet werden können.

Für die Autokonzerne wäre das aus seiner Sicht ein ökologischer, aber auch ein finanzieller Durchbruch. Auf die Akkus entfällt heute rund ein Drittel der Gesamtkosten eines E-Autos – größtenteils verursacht durch die teuren Materialien.

Bei Volkswagen ist eine Pilotanlage in Salzgitter bereits in Betrieb, direkt neben der geplanten Gigafabrik, die von 2024 an jährlich Akkus für bis zu 500 000 E-Autos ausspucken soll. Die ausrangierten Akkus werden in einer Wellblechhalle zerlegt und geschreddert, dann werden die kostbaren Inhaltsstoffe herausgefiltert.

Langfristig will der Konzern 97 Prozent aller verwendeten Rohstoffe recyceln. Momentan kommt Volkswagen auf eine Quote von gut 50 Prozent, mithilfe der neuen Recyclingfabrik soll sie zunächst auf 72 Prozent steigen. Altbatterien seien »kein Sondermüll«, heißt es bei VW, sondern eine »wertvolle Rohstoffquelle«.

Recycling allein wird indes nicht ausreichen, den Bedarf an Rohstoffen in den grünen Industrien zu stillen.

Raten von 45 bis 50 Prozent bei Kupfer lassen zwar vermuten, dass noch einige Verwertungspotenziale zu heben sind und sich die Ökobilanz der Batteriesysteme, Windräder oder Solarparks verbessert. Diese Rechnung gehe aber nicht auf, sagt Aurubis-Experte Plitzko. Das heute recycelte Kupfer wurde nämlich im Schnitt vor 35 Jahren hergestellt und verwendet, als noch deutlich weniger davon produziert wurde. Bezogen darauf liege die Rate eher bei 80 Prozent, so Plitzko.

»Als Gesellschaft können wir unseren Bedarf nicht von Recyclingkupfer allein decken«, sagt der Manager. »Wir brauchen auch Primärkupfer, wenn wir den aktuellen und künftigen Bedarf decken wollen.«

Selbst die größten Recyclinganstrengungen reichen somit nicht aus, den Raubbau an der Umwelt zu beenden. Die Natur wird weiter ausgebeutet – auch weil die Menschheit künftig grüner leben, arbeiten, wohnen und sich fortbewegen will. Bleibt sie dem alten Wohlstandsmodell verhaftet, verzehrt sie unweigerlich mehr Ressourcen und überfordert die Biosphäre. Sie sprengt die planetarischen Grenzen, wenn sie kontinuierlich mehr verbraucht, als die Natur erneuern kann. Es sei wie beim Bankkonto, sagt Nachhaltigkeitsvordenker Wackernagel, eine Zeit lang könne man es überziehen, aber nicht auf Dauer.

Ist also nur Konsumverzicht die Lösung, um den Rohstoffhunger zu zügeln, eine Strategie der Suffizienz, wie einige vorschlagen? Wackernagel verzieht das Gesicht. »Das klingt mir zu sehr nach individuellem Leid und Opfer.« Ein gutes Leben sei auch innerhalb der ökologischen Grenzen möglich, sagt er. Es müssten ja nicht unbedingt zwei Tonnen Elektroauto 75 Kilogramm Mensch transportieren, ein Elektrofahrrad täte es auch.

Die Zukunftsfähigkeit der Gesellschaft wird nach Meinung Wackernagels ohnehin maßgeblich von einem anderen Faktor beeinflusst, der Zahl ihrer Mitglieder. Als der Schweizer 1962 geboren wurde, lebten rund 3,1 Milliarden Menschen auf der Erde. Heute sind es 7,8 Milliarden. Ändert sich an der Reproduktionsrate nichts wesentlich, geht es bis Ende des Jahrhunderts in Richtung der Zehn-Milliarden-Marke. Wackernagel hält es für sinnvoll, dass die Menschheit schrumpft: Weniger Menschen verbrauchen weniger Ressourcen. »Das ist langfristig der größte Hebel.«

Jens Glüsing, Simon Hage, Alexander Jung, Nils Klawitter, Stefan Schultz

**Lesen Sie auch zum Thema**

- Gespräch mit dem Klimaforscher Gerald Haug | **30**
- Essay »Lob der Doppelmoral« | **54**
- Wem gehört der Himmel? | **58**
- Gespräch mit dem BMW-Chef Oliver Zipse | **76**
- Wie sieht eine klimaneutrale Tierhaltung aus? | **79**
- Boris Johnson – vom Umwelt-Saulus zum -Paulus | **88**
- Können Mini-AKW das Klima retten? | **112**