

# DER ÖKOLOGISCHE ANSPRUCH DER ENERGIEWENDE

## TEIL 1: DIE CRADLE TO CRADLE ENERGIEWENDE: WIE ALTERNATIVE FAKTEN DIE REGENERATIVEN BEDRÄNGEN KÖNNEN



Bild 1: Schreddern von Dünnschichtmodulen zur Weiterverarbeitung

**M**it dieser Ausgabe starten wir eine neue Serie in der SONNENENERGIE. Diese Reihe wird sich mit den ökologischen Folgen der Energiewende beschäftigen und den Umbau unserer Energielandschaft kritisch betrachten. Es wird darum gehen, was passiert, wenn wir lediglich die Art der Energieerzeugung wenden und unsere fossil-atomare Energielandschaft durch Erneuerbare Energien ersetzen. Wir werden Fragestellungen nachgehen wie: Was bedeutet ein massiver Ausbau der Windkraftnutzung, ein enormer Zubau an Photovoltaik oder die vermehrte Nutzung von Bioenergie? Ist es technisch möglich unseren Energiehunger regenerativ zu decken und wie kann das vor allem auch umweltverträglich geschehen? Denn noch drückt man sich gerne vor der Frage, ob überhaupt genügend Rohstoffe vorhanden sind um all die neuen Energieanlagen zu erreichen. Plündern wir unseren Planeten Übermaßen, wenn wir lediglich Konventionelles durch Alternatives ersetzen und erzeugt ein massiver Eingriff in die Natur am Ende vielleicht sogar ein weiteres großes Problem?

Die Cradle to Cradle (von Wiege zu Wiege) Bewegung sieht die Materialströme unserer Märkte als ein geschlossenes

Kreislaufsystem, in dem kein Müll anfällt. In diesem System zirkulieren Wertstoffe, mit denen immer wieder neue Produkte hergestellt werden können, anstatt sie unter großem Energieeinsatz zu entsorgen. Die SONNENENERGIE wird in der neuen Serie auch die Umsetzung der Energiewende hinsichtlich ihres ökologischen Fußabdruckes betrachten. Wir werden im Zuge dessen auch neue Bewertungskriterien wie beispielsweise Flächeneffizienz (kWh/m<sup>2</sup>) festlegen müssen.

Wir befinden uns derzeit in einer Dekade, über die in den Geschichtsbüchern sehr wahrscheinlich geschrieben steht,

dass hier die Grundsteine für eine radikale Veränderung in der Energieversorgung und vielleicht auch Mobilität gelegt wurden. Die Welt blickt auf Deutschland: Wird eine der weltweit führenden Industrienationen die Energiewende schaffen? Und wenn ja, wie?

Deutschland hat die Erneuerbaren Energien attraktiv gemacht. Sie haben bereits jetzt die Energiewirtschaft – zusätzlich beschleunigt durch den Atomausstieg – grundlegend verändert. Wir kommen nun aber an einen Punkt an dem die Grenzen des Wachstums auch in Deutschland für die Erneuerbaren Energien absehbar sind. Diese These beruht auf zwei Punkten: Zum einen benötigen wir für ein weiteres deutliches Wachstum dringend hohe Speicherkapazitäten in Verbindung mit flexiblen Netzen. Zum anderen brauchen wir spezielle und auch seltene Rohstoffe zur Produktion Erneuerbarer Energietechnik. Konventionelle Speicher wie zum Beispiel Pumpspeicherwerke sind in Deutschland nur ein Tropfen auf den heißen Stein. Die Energiewende kann also nur in Verbindung mit der großflächigen dezentralen Speicherung von Energie, zum Beispiel in Akkus, funktionieren. Dies muss sowohl stationär als auch mobil umgesetzt werden. Da bei stationären Stromspeichern Größe und

Erneuerbare- Energietechnologie	Ausgewählte Rohstoffe
Photovoltaik	Ag, Sn, In, Ge, Ga, Se, Cd, Te, Cu, Si, Mo
Solarthermische Kraftwerke	Ag, Cu, Na, K
Windkraftanlagen	Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Dy, Nd, Pr, Tb, Fe, B, Co,
Wasserkraftanlagen	Ni, Cr, Pb, Zn, Cu, Stahl, Al, Mg, Mn, Ti, Zn, Mo, Zr, Ba
Geothermische Kraftwerke	Stahl und Legierungselemente (Ti, Mn, Nb, V, Cr, Cu, Mo, Ni, Co, Ta)
Lithium-Ionen-Batterien	Li, Co, Ni
Redox-Flow-Speicher	rFe, Cr, V, Zn
Bioenergie (Biofuels)	Co, Ni, PGE, Ru

Tabelle 1: Beispiele für Erneuerbare-Energietechnologien und dafür benötigte Rohstoffe (Quellen: Wuppertal Institut 2014, Marscheider-Weidemann et al. 2016)

Rohstoff	Weltproduktion 2013 [t]	Rohstoffbedarf für DS-PV 2013 [t]	spez. Rohstoffbedarf für CIGS* [g/kW <sub>p</sub> ]	spez. Rohstoffbedarf für CdTe [g/kW <sub>p</sub> ]
Indium	790	35 – 103	23 – 67	
Gallium	350	11 – 45	7 – 30	
Selen	3.000	92 – 230	60 – 150	
Kadmium	22.750	178 – 315		60 – 105
Tellur	500 – 550	201 – 355		67 – 119

\* Stöchiometrie: Cu(In<sub>0,7</sub>Ga<sub>0,3</sub>)Se<sub>2</sub>

Tabelle 2: Weltproduktion ausgewählter Rohstoffe und produktionsspezifischer Rohstoffbedarf im Jahr 2013 für Dünnschicht-Photovoltaik (DS-PV) (Quellen: BGR 2016, Marschelder-WeldeMann et al. 2016)

Gewicht weniger bedeutend sind, könnten ausgediente Akkus aus Industrie (z.B. von elektrischen Flurfahrzeugen) und Elektrofahrzeugen hier ohne Probleme weiter genutzt werden. Gesellschaft, Unternehmen und Politik müssen also grundsätzlich umdenken. Wir diskutieren wochenlang darüber, wie viel frisches Wasser und Nahrung wir für den Notfall im Keller bunkern sollten, aber wir fragen nicht danach, wie die Eigenversorgung im Ernstfall gesichert werden kann. Warum haben wir nicht alle eine Photovoltaikanlage auf dem Dach oder auf dem Balkon (siehe DGS SolarRebell) die wir zur Eigenenergiegewinnung (auch im Notfall) nutzen können – und einen Energiespeicher im Keller oder in der Garage, der bei Bedarf Strom aufnehmen und wieder abgeben kann? Letztendlich kann die Energiewende nicht ohne die Mobilitätswende funktionieren. Die Frage ist nur, ob wir genügend Rohstoffe zur Verfügung haben, um diese Ideen umzusetzen.

### Seltene Erden entscheiden den Ausbau Erneuerbarer Energien

In dem Kapitel „Cradle to Cradle-Rohstoffe Energiewende“ werden wir detailliert diese Themen analysieren. Im Folgenden soll aber zunächst ein ganz einfaches Beispiel die Grundproblematik aufzeigen: Angenommen, unsere elektrische Versorgung im Jahr 2050 bestünde zu 80 Prozent aus Sonnenenergie, dann bräuchten wir schon jetzt einen jährlichen Zubau von mindestens 20 GWp. Hier gilt die vereinfachte Annahme: Jahresverbrauch bleibt bei ca. 500 TWh konstant, der erhöhte Energiebedarf des Wirtschaftswachstums wird durch Energieeffizienzmaßnahmen ausgeglichen, Speichermöglichkeiten sind vorhanden, mit 600 GW installierte Leistung PV können 400 TWh inklusive Wirkungsgradverlusten genutzt werden. Was bedeutet das, unabhängig von den Produktionskapazitäten und dem Platzbedarf, wenn wir 20 GWp pro Jahr neu installieren müssten?

Betrachten wir hierzu beispielsweise die Weltproduktion ausgewählter Rohstoffe und den produktionsspezifischen Rohstoffbedarf! (Tabelle 2) für Dünnschicht-Photovoltaik (DS-PV). Hier wird deutlich, dass bereits bei einem Zuwachs in Deutschland von 20 GWp DS-PV die Weltjahresproduktion von Indium, Gallium, und Tellur aus dem Jahr 2013 schon nicht mehr ausreichen würde. Diese Bierdeckelrechnung ist sehr stark vereinfacht, verdeutlicht aber dennoch unser ökonomisches Grundproblem. Für Wachstum benötigen wir Rohstoffe, und Rohstoffe sind immer irgendwann begrenzt.

Was können wir also tun? Die Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR) hat kürzlich eine Studie<sup>2)</sup> herausgebracht. Wenn man diese genauer betrachtet, wird

einem noch klarer, wieso beinahe unerforschten Gebiete so interessant geworden sind und wieso auch plötzlich Ansprüche auf kleine, bislang völlig bedeutungslose Inseln im Pazifik von diversen Staaten erhoben werden. Die Sicherung von Rohstoffen in einer begrenzten Welt wird ganz einfach noch elementarer. Das fängt bei der Wasser- und Energieversorgung an und hört bei den immer bedeutenderen seltenen Erden auf, die wir u.a. für den Ausbau der Erneuerbaren Energien und Speicher benötigen (Tabelle 1). Die DGS sieht zwei wesentliche Bausteine, deren Potentiale für das Gelingen der Energiewende mitentscheidend sein werden und für uns überlebenswichtig sind: Recycling und Ressourceneffizienz.

### Recycling

Die Energiewende wird neben der zunehmenden Digitalisierung verschiedenster gesellschaftlicher Bereiche den Bedarf an „Technologiemetallen“ weiter steigern. Entsprechend stellt die sichere Versorgung mit metallischen Rohstoffen einen wichtigen Wettbewerbsfaktor für die Industrie dar. Es gibt allerdings momentan kaum eigene Lagerstätten innerhalb Europas, und somit ist die europäische Industrie aktuell stark von Metallimporten abhängig. Die Meinungen, ob wir aktuell genügend Rohstoffe zur Verfügung haben und auch zukünftig haben werden gehen auseinander. Während

### KfW Studie: Photovoltaik und Elektromobilität gehen die Rohstoffe aus

Der nachhaltige Umbau der deutschen Energieversorgung kann unter der möglichen Rohstoffknappheit leiden. Europa weit sieht es nicht besser aus. Laut zeitgleich veröffentlichter Untersuchungsergebnisse der Europäischen Kommission droht die Verknappung wichtiger Metalle die Verbreitung klimafreundlicher Technologien wie etwa der Wind- oder Solarenergie zu behindern. Als eine Lösung gegen drohende Versorgungsengpässe wird mehr und besseres Recycling knapper Rohstoffe empfohlen. „Bei Germanium, Rhenium und Antimon ist die Versorgungslage für deutsche Unternehmen schon sehr kritisch“, sagt Siegfried Behrendt vom Berliner Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), einer der Autoren der Studie. Benötigt werden diese Stoffe unter anderem für die Produktion von Solaranlagen und Batterien für Elektroautos – Technologien, die boomen, und die weltweite Nachfrage nach diesen Rohstoffen anheizen. „Die globalen Reserven können mit der Nachfrage nicht mithalten“, sagt Behrendt. Mittel- bis langfristige mögliche Versorgungsengpässe könnten diese Zukunftstechnologien verteuern, ihre Verbreitung erschweren.

Mehr Recycling könnte Abhilfe schaffen. Aus Handys und komplexen Bauteilen wie Computer-Leiterplatten, die viele dieser Stoffe enthalten, können laut der Studie derzeit jedoch weltweit nur fünf Firmen im großen Maßstab kritische Metalle zurückgewinnen, da das Recycling von Hightech-Produkten genauso anspruchsvoll ist wie deren Produktion. Sammeln und Schreddern reicht häufig nicht aus. Hightech-Schreddern wird wohl ein dringend benötigter neuer Trend sein. Zwar lassen sich kritische Rohstoffe schon heute wirtschaftlich zurückgewinnen, dazu muss man allerdings erst an die in Autos, Computer oder Handys verbauten Stoffe herankommen. Häufig werden ausgediente Elektronikprodukte auf dubiosen Weg in armen Ländern unsachgemäß und nicht ökologisch zerlegt oder einfach in Kellerschränken gehortet. Gleichzeitig kaufen wir diese aber Rohstoffe wieder teuer ein. Neben einem geschlossenen Kreislaufsystem (cradle to cradle) sollte daher zukünftig auch die Demontagefähigkeit eines Produktes in den Mittelpunkt rücken. Denn aktuell fressen neue Trends wie die Digitalisierung Gewinne durch Recycling direkt wieder auf.

eine Arbeitsgruppe des Akademieprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ die Rohstoffversorgung für die Energiewende grundsätzlich nicht gefährdet sieht, wies eine Studie der KfW-Förderbank<sup>3)</sup> im November vergangenen Jahres darauf hin, dass der Photovoltaik und Elektromobilität bald die Rohstoffe ausgehen (Textblock).

### Primärrohstoff- und Sekundärrohstoffversorgung

Recycling allein wird den Rohstoffbedarf nicht decken können, so auch Prof. Dr. Gesine Schwan in einer Studie<sup>4)</sup>. Ihrer Ansicht nach resultieren daraus zwei Aufgaben: Wenn die Energiewende auf sauberer grüner Energie aufgebaut werden soll, müsse erstens „die Primärrohstoffversorgung so organisiert werden, dass auch vor Ort in den exportierenden Ländern Arbeits- und Umweltschutzstandards berücksichtigt werden.“ Zweitens müssten „geeignete Rahmenbedingungen für eine Sekundärrohstoffgewinnung geschaffen werden, die wirtschaftlich tragfähig sind sowie ebenfalls angemessene Standards erfüllt“.

Recycling wird i.d.R. nur dann durchgeführt, wenn der zu gewinnende Materialwert höher ist als die Prozesskosten. Daher müssten Stellschrauben im System identifiziert werden, die eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft fördern können. Zum einen gilt es, die Stoffe im Kreislauf zu halten, Sammelquoten zu erhöhen, Dissipation zu vermeiden und illegale Exporte zu unterbinden. Hier muss in Umweltbildung investiert und auch neue Geschäftsmodelle – wie Leasing von Elektrobatterien oder PV-Anlagen – weiterentwickelt werden, um die Stoffströme zusammenhalten. Zum anderen gilt es, die Stufen der Recyclingketten qualitativ zu verbessern. Dies bedeutet, die Stoffströme zu bündeln, aufzuarbeiten und qualitativ hochwertigen Verwertungsanlagen zuzuführen, die einerseits möglichst viele Stoffe mit einem guten Output recyceln und andererseits Reststoffe und umweltschädliche Emissionen

gering halten. Es ist notwendig, eine Kombination von Sammel- bzw. Verwertungsquoten und Qualitätsstandards zu schaffen, um eine langfristig erfolgreiche Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Unter den aktuell quotenbasierten Recyclingvorgaben muss z.B. bei PV-Modulen nur ein bestimmter Gewichtsanteil der Materialien zurückgewonnen werden. Es gibt somit keinen Anreiz, die besonders kritischen Metalle, die häufig nur in sehr geringen Anteilen vorliegen, zu recyceln. Der Photovoltaik und Elektromobilität könnten somit auch nach Ansicht der Autoren dieser Studie bald die Rohstoffe ausgehen.

### Rohstoffe nicht ver-, sondern nur gebrauchen

Auch die oben erwähnte Arbeitsgruppe des Akademieprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS)<sup>5)</sup> beschäftigte sich intensiv mit diesem Thema. Die Kernthese ihrer im Februar veröffentlichten Stellungnahme „Rohstoffe für die Energiewende – Wege zu einer sicheren und nachhaltigen Versorgung“ besagt, dass es weltweit genügend Metalle und Energierohstoffe für die Energiewende gebe. Die Versorgung hänge jedoch davon ab, wie sich die Rohstoffpreise entwickeln, wie transparent und zugänglich die Märkte seien und ob hohe Umwelt und Sozialstandards im Bergbau erzielt werden könnten. Mit dem Erfolg der Energiewende sinke der Verbrauch von Kohle, Erdöl und Erdgas. Gleichzeitig müssten für den Ausbau von Windparks, Solaranlagen, Speichern und intelligenten Netzen immer mehr verschiedene Metalle importiert werden. Gefragt wären vor allem wertvolle Elemente wie Seltene Erden, Platingruppenelemente, Germanium, Indium und Kobalt. Von den Energierohstoffen würden besonders Erdgas und Biomasse benötigt, um die Schwankungen der Wind- und Solarenergie auszugleichen.

### Metalle und Mineralien

Zwar gibt es laut dieser Studie weltweit ausreichend natürliche Metallvorkommen, sie sind jedoch ungleich verteilt und werden ungleichmäßig genutzt. Gerade in China werden fast 90% Prozent der Seltenen Erden abgebaut. Bei uns werden sie unter anderem für den Bau von Windanlagen, Batterien und Elektromotoren benötigt. Es entsteht eine neue Marktmacht, welche dazu genutzt werden könnte, den Export zu erschweren. Dann könnten auch Länder wie Deutschland nicht mehr genügend Metalle beziehen. Wir kämen vom Regen in die Traufe: Je mehr wir von Golfstaaten und Russland unabhängiger würden, desto abhängiger wären wir dann vom Reich der Mitte.

Während zum Beispiel bei Stahl oder Kupfer schon heute ein großer Teil des Bedarfs aus Recycling gedeckt wird, sind die Wiedergewinnungsraten bei den Seltenen Erden und anderen Hightech-Metallen noch niedrig. Ein Grund dafür ist, dass diese Elemente in den einzelnen Produkten nur in kleinen Mengen vorkommen, und für ihre Wiedergewinnung aufwendige Spezialverfahren erforderlich sind. Zudem wird nur ein kleiner Teil (< 5%) der ausgemusterten Verbraucher-elektronik einem leistungsfähigen Recycling zugeführt. Maßnahmen für mehr und effizienteres Metallrecycling müssten daher entlang der gesamten Prozesskette ansetzen.

Während zum Beispiel bei Stahl oder Kupfer schon heute ein großer Teil des Bedarfs aus Recycling gedeckt wird, sind die Wiedergewinnungsraten bei den Seltenen Erden und anderen Hightech-Metallen noch niedrig. Ein Grund dafür ist, dass diese Elemente in den einzelnen Produkten nur in kleinen Mengen vorkommen, und für ihre Wiedergewinnung aufwendige Spezialverfahren erforderlich sind. Zudem wird nur ein kleiner Teil (< 5%) der ausgemusterten Verbraucher-elektronik einem leistungsfähigen Recycling zugeführt. Maßnahmen für mehr und effizienteres Metallrecycling müssten daher entlang der gesamten Prozesskette ansetzen.

### Abfallgesetzgebung

Letztendlich brauchen wir eine Anpassung der Abfallgesetzgebung. Diese muss stärker auf die Wiedergewinnung von Hightech und Sondermetallen ausgerichtet und die Anwendung effizienter Recyclingverfahren gesetzlich vorgeschrieben werden. Bessere Ausfuhrkontrollen würden dann illegale Exporte von Elektronikschrott verhindern. Häufig landen auch Elektronikgeräte leider noch immer einfach im Hausmüll. Auch müssten wesentlich mehr verbindliche Vorgaben beim Produktdesign gemacht werden. Ein recyclingfähigeres Produktdesign würde es nämlich erleichtern, Bauteile mit wertvollen Elementen auszubauen und diese wiederzuverwerten oder einfacher zu recyceln.

### Ressourceneffizienz und Rohstoffversorgung

Politiker und Experten diskutieren ausführlich darüber, Strom und Wärme nachhaltiger und umweltfreundlicher zu erzeugen. Das Potenzial, das im sparsamen Umgang mit Rohstoffen und generell mit Materialien für den Erfolg der Energiewende liegt, wird bislang kaum thematisiert ist aber elementar wichtig. Beispielsweise ist die Erzeugung von Grundstoffen wie Stahl und Zement mit einem erheblichen Energieverbrauch ver-

Rohstoff	mittlerer spez. Rohstoffbedarf (CIGS / CDTe) g/kWp	Bedarf bei einem Zuwachs von 30 GWp/a [t]	Bedarf bei einem Zuwachs von 20 GWp/a [t]	Bedarf bei einem Zuwachs von 10 GWp/a [t]
Indium	45	1350	900	450
Gallium	18,5	555	370	185
Selen	105	3150	2100	1050
Kadmium	82,5	2475	1650	825
Tellur	93	2790	1860	930

Tabelle 3: Spezifischer Rohstoffbedarf für die Herstellung von Dünnschicht-Photovoltaikmodulen und entsprechender Bedarf bei unterschiedlichen Zuwachsszenarien (Quelle: DGS, eigene Darstellung)



bunden. Dabei geht es nicht nur um die Technologien selbst, also wie viel Stahl oder Beton beispielsweise Windräder verbrauchen, sondern auch umgekehrt darum, wie viel Material wir in der Wirtschaft einsetzen. Denn je sparsamer wir hier mit Materialien umgehen, desto weniger Energie brauchen wir, von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Fertigung der Endprodukte. Wenn es gelingt, durch eine gesteigerte Materialeffizienz mit weniger Grundwerkstoffen und materiellen Vorleistungen (also der Förderung der Rohstoffe) auszukommen, dann trägt dies sowohl zur Energieeinsparung als auch zum Ressourcenschutz bei.

### Rohstoffpotential seltener Erden in Deutschland

Für Indium, Germanium, Wolfram, Lithium und Nickel gibt es Potenziale in Deutschland, die zu Neuentdeckungen führen können. Würden technische Verfahren zur Exploration und metallurgischen Aufbereitung der Erze entwickelt, die auf die inländischen Vorkommen abgestimmt sind, könnten sie eine kommerzielle Nutzung bekannter heimischer Metallergälagerstätten wesentlich erleichtern. Hierzu wäre der Ausbau metallurgischer Forschungskapazitäten an den Universitäten notwendig.

Für viele der für die Energiewende potenziell kritischen Rohstoffe gibt es marine Lagerstätten: Kobalt, Nickel, Molybdän, Tellur, Indium und Selen. Für die technisch anspruchsvolle Förderung aus der Tiefsee ist allerdings weitere Forschung und Entwicklung erforderlich. Daher hat die Bundesregierung Erkundungslizenzen für zwei Gebiete von der internationalen Meeresbodenbehörde erworben und erforscht dort unter anderem die Umweltauswirkungen eines industriellen Abbaus. Andere Länder, darunter China, Japan und Russland, betreiben ebenfalls staatlich finanzierte Exploitation. Sollte die Bundesregierung entscheiden, dass die Metalle aus dem Meer künftig einen strategischen Beitrag zur Rohstoffversorgung leisten sollen, müsste der Staat, nach heutigem Stand, den interessierten Unternehmen staatliche Unterstützung gewähren. Jedoch sind die Kosten für den Meeresbergbau hoch und schwer zu beziffern. Eine staatlich finanzierte Exploration würde daher ein erhebliches Kostenrisiko für den Steuerzahler mit sich bringen. Dies macht eine effiziente Ressourcennutzung und Recycling dieser seltenen Rohstoffe noch bedeutender. Zusammenfassend ist eine Diversifizierung der Bezugsquellen auch aufgrund der oben beschriebenen Marktmacht einzelner Länder dringend anzustreben.

### Feststellung der Herkunft eines Rohstoffs

Aber auch mit einer Diversifizierung ist die Feststellung der Herkunft eines Rohstoffes auch unter seinen ökologischen und sozialen Aspekten notwendig. Friedrich-Wilhelm Wellmer, ehemaliger BGR-Präsident, nannte zur Absicherung das Beispiel Coltan aus dem Kongo: Die BGR habe das sogenannte „Fingerprinting“ eingeführt, das die Herkunft eines Rohstoffes feststellen kann, um Kinderarbeit auszuschließen, dafür gebe man dann Zertifikate aus. Aber man müsse vorsichtig sein, wenn die Kinderarbeit die einzige Einkommensquelle sei. Man dürfe den Familien nicht die Grundlage entziehen und müsse mehr tun, als nur solche Mineralien einfach nicht zu kaufen.

### Zusammenfassung

Die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der BGR hat in dem Kurzbericht „Mineralische Rohstoffe für die Energiewende“ Fakten zum spezifischen Rohstoffbedarf für Erneuerbare-Energietechnologien sowie die damit verbundenen Herausforderungen auf den internationalen Rohstoffmärkten zusammengestellt. Für die Bereitstellung Erneuerbarer-Energietechnologien, wie z.B. Windkraftanlagen oder Photovoltaik, sind mineralische Rohstoffe von großer Bedeutung. Nur eine sichere und nachhaltige Versorgung mit diesen Rohstoffen kann zum Gelingen der Energiewende beitragen.

Der prognostizierte erhöhte Bedarf von spezifischen Rohstoffen für diese Technologien und die hohe Angebotskonzentration auf wenige Produktionsländer können bei vielen dieser Rohstoffe allerdings zu erhöhten Lieferisiken führen. Der Ausbau der EE-Technologien kann insbesondere die Situation bei Rohstoffen mit kleinen Märkten, wie z.B. Indium, Gallium, Tellur und schwere Seltenen Erden stärker beeinflussen. Ein solcher Nachfrageimpuls würde zu einem erhöhten Bedarf an zusätzlichen Produktionskapazitäten führen – mit kurz- bis mittelfristigen Folgen auch für die Preisentwicklung. So lagen die Weltproduktion von Indium im Jahr 2013 bei 790 t und der Bedarf nur für Dünnschichtsolarzellen schon damals bei bis zu 103 t. Die Produktion von Indium ist stark konzentriert, über 50 Prozent stammen aus China. Von dem Metall Tellur werden jährlich um 500 bis 600 t produziert, etwa die Hälfte davon geht in die Herstellung von Dünnschichtmodulen (Einführungsbeispiel und Tabelle 2).

Jeder Entscheider hat ein mehr oder weniger klares Bild von der Zukunft. Jedoch hat kaum jemand systematisch darüber nachgedacht, welche wesentlichen Treiber die Zukunft beeinflussen und

wie mögliche unterschiedliche Szenarien aussehen können. Hinsichtlich der eigenen Strategie wird daher oftmals nicht abgewogen, ob diese auch für verschiedene Zukunftsbilder geeignet ist, oder bei bestimmten Markt- oder Regulierungsentwicklungen in eine Sackgasse führen kann. Die Diskussion um Pumpspeicher und HGÜ-Trassen sind zwar politisch interessant, haben aber auf das Gelingen der Energiewende keinen entscheidenden Einfluss. Diesen hätte aufgrund der flächendeckenden, dezentralen großen Speichermöglichkeiten die Mobilitätswende. Daneben ist die Gestaltung einer effektiven Kreislaufwirtschaft im Rahmen der Energiewende mit hohen Recyclingstandards eine globale, systemische und gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Die Energiewende kann nur gelingen, wenn sie sozial- und wirtschaftsverträglich ist. Hierbei müssen alle Interessen berücksichtigt werden auch jene, die nicht so durchsetzungsstark sind. Sonst verliert die Demokratie ihre Eigenschaft, jedem wenigstens die gleiche Chance zu bieten. Vielleicht ist die Gesellschaft aber auch schon weiter. Eigene Energie, wie beispielsweise Solarstrom, kann inzwischen jeder Privathaushalt sowohl selbst erzeugen als auch speichern und in Verbindung mit dem Ausschöpfen von Suffizienzpotentialen sowie konsequentem Recycling seinen Beitrag zur Energiewende leisten.

### Fußnoten

- 1) Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR), Stand 2013
- 2) Der Arktische Ozean aus rohstoffwirtschaftlicher und völkerrechtlicher Sicht, BGR 2016
- 3) Staatliche KfW Bankengruppe, [www.kfw.de](http://www.kfw.de)
- 4) Rohstoffe in der Energiewende – durch Recycling neue Abhängigkeiten vermeiden, Prof. Dr. Gesine Schwan, Katja Treichel und Anne Höh
- 5) acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. [www.acatech.de](http://www.acatech.de), Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. [www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org), Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V., [www.akademienunion.de](http://www.akademienunion.de)

### ZUM AUTOR:

► Gunnar Böttger

Leitung des FA Energieeffizienz der DGS  
[energieeffizienz@dgs.de](mailto:energieeffizienz@dgs.de)