



Leopoldina  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften



Februar 2017

Kurzfassung der Stellungnahme

# Rohstoffe für die Energiewende

## Wege zu einer sicheren und nachhaltigen Versorgung

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina  
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften  
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Weniger fossile Brennstoffe, mehr Metalle – das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS) hat analysiert, was die Energiewende für den Rohstoffbedarf Deutschlands bedeutet:

- Wie bei anderen Hightech-Produkten werden auch für Erneuerbare-Energien-Anlagen, Speicher und Netze immer **größere Mengen und immer mehr verschiedene Metalle** benötigt. Dazu gehören Seltene Erden, Gallium, Germanium, Indium, Tellur und Platinguppenelemente.
- Weltweit gibt es **genügend natürliche Rohstofflagerstätten**. Entscheidend sind zum einen die Preise: Werden Metalle zu teuer, sind Investitionen in klimafreundlichere Technologien weniger wirtschaftlich. Zum anderen können ethisch, gesundheitlich und ökologisch bedenkliche Abbaumethoden die gesellschaftliche Akzeptanz der Rohstoffgewinnung gefährden.
- Immer weniger Akteure kontrollieren immer größere Rohstoffmengen, die Märkte sind oft sehr intransparent. Einzelne Länder und Unternehmen können ihre **Marktmacht** ausnutzen und den Zugang zu wichtigen Rohstoffen erschweren.
- Deutschland braucht eine **langfristig angelegte Rohstoffpolitik**, um offene und transparente Märkte sowie hohe Umwelt- und Sozialstandards zu fördern. Mehr Recycling, Bergbau in Deutschland, Europa und der Tiefsee sowie strategische Investitionen in Rohstoffprojekte können die Versorgungssicherheit verbessern.

## Sichere Versorgung mit Metallen

Unternehmen müssen die meisten Metalle von Produzenten im Ausland oder an internationalen Börsen kaufen. Dabei sind die Märkte selten im Gleichgewicht: Zwar steigen die Metallpreise bei wachsender Nachfrage schnell, aber es dauert mitunter Jahre, bis das Angebot nachzieht und die Preise wieder fallen. Denn Bergbauprojekte haben einen langen Vorlauf. Im Schnitt dauert es von der Entdeckung einer Lagerstätte zehn Jahre bis zum Beginn des Abbaus. Folgen einer solchen Dynamik zeigten sich zwischen 2003 und 2013: Der Wirtschaftsboom in China sorgte nicht nur für eine lange Hochpreisphase an den Metallmärkten, sondern führte sogar zu vorübergehenden Lieferengpässen.

Wie sicher die Rohstoffversorgung langfristig ist, hängt wesentlich von der Zuverlässigkeit der Lieferländer ab. Wichtige Einflussfaktoren sind politische Stabilität und Investitionssicherheit. **Kritische Rohstoffe** stammen meist aus wenigen Lieferländern. Ein Beispiel: Russland und Südafrika liefern zusammen rund 75 Prozent des weltweit verfügbaren Palladiums. Dieses Platingruppenelement wird unter anderem in Brennstoffzellen und als Katalysator für die Wasserstoffherzeugung benötigt. Wenn ein solches Lieferland den Export beschränkt, kann das die Versorgung gefährden. Als beispielsweise China, das 86 Prozent der Weltbergwerksproduktion der Seltenen Erden kontrolliert, im Jahr 2010 den Export beschränkte, stiegen die Preise massiv an.

Am besten können funktionierende Märkte für langfristige Versorgungssicherheit sorgen. Der Staat sollte sie durch eine strategische Rohstoffpolitik flankieren. Die *nationale Rohstoffstrategie* von 2010 leistet bereits einen Beitrag, kann jedoch noch erweitert werden.

### Mehr Effizienz und Recycling

Optimierte Produktionsprozesse in der Industrie können dazu beitragen, dass knappe Rohstoffe sparsamer eingesetzt (Effizienz) oder durch andere ersetzt werden können (Substitution). Darüber hinaus sind alte Autos, Elektronikgeräte oder Leitungen wertvolle Rohstoffquellen. Massemetalle wie Stahl und Kupfer werden heute schon bevorzugt aus Schrott gewonnen. Hightech-Elemente wie Seltene Erden haben jedoch noch geringe Wiedergewinnungsraten. Zum einen weil die Rückgewinnung technisch aufwendig und teuer ist; zum anderen weil bislang noch zu viel Elektronikschrott im Hausmüll oder in wenig leistungsfähigen Recyclinganlagen landet. Diese Maßnahmen könnten die Recyclingquoten erhöhen:

- gesetzliche Vorgaben und/oder Labels für möglichst **recyclingfähige Produktdesigns** einführen;
- **Sammelsysteme** noch verbraucherfreundlicher gestalten (zum Beispiel Rückgabemöglichkeiten in Geschäften sowie Leasing- und Pfandmodelle für Verbraucherelektronik);
- massenbasierte **Recyclingquoten** in der Abfallgesetzgebung durch Regelungen für ein hochwertiges Recycling der in kleineren Mengen anfallenden Edel- und Sondermetalle ergänzen;
- **Ausfuhrkontrollen** für Gebrauchtgüter verbessern, um zu verhindern, dass Elektroschrott oder Altfahrzeuge illegal exportiert werden.

## Rohstoffbasis erweitern

Gibt es mehr Rohstoffanbieter mit ausreichend großen Marktanteilen, können einzelne Ausfälle tendenziell besser kompensiert werden. Werden also zusätzliche Lagerstätten erschlossen, kann dadurch die Abhängigkeit von einigen wenigen Ländern sinken.

- Derzeit gibt es keinen **Metallbergbau in Deutschland**, weil die Lagerstätten erschöpft oder nicht rentabel sind. Die geologischen Verhältnisse legen jedoch nahe, dass es durchaus Indium, Germanium, Wolfram, Lithium oder Nickel in Deutschland geben könnte. Um die Vorkommen nutzen zu können, müsste man tiefer explorieren und spezielle technische Verfahren entwickeln.
- Auch in der Tiefsee lagern wertvolle Metalle. Deutschland hat bereits in den **Meeresbergbau** investiert und besitzt Erkundungslizenzen für den Indischen Ozean und den Pazifik. Ein wichtiger nächster Schritt wäre ein Versuchsbergbau, um die Technologien erproben sowie Kosten und Umweltfolgen besser einschätzen zu können. Da der Bergbau in der Tiefsee teurer ist als an Land, werden private Unternehmen derzeit eher nicht darin investieren. Es ist daher abzuwägen, ob die Öffentliche Hand in Deutschland aus langfristigen, rohstoffstrategischen Gründen einen Teil des finanziellen Risikos übernehmen sollte oder nicht.

## Staatliche Investitionen in die Rohstoffwirtschaft

Unternehmen, die große Rohstoffmengen verarbeiten, können sich am besten absichern, indem sie selbst Bergbau betreiben, sich an Bergbauprojekten im Ausland beteiligen, langfristige Lieferverträge abschließen oder Vorkaufsrechte erwerben. Der Staat wiederum sollte sich darauf konzentrieren, freie und transparente Märkte zu fördern. Dafür eignen sich zum Beispiel Handelsabkommen und zwischenstaatliche Verträge.

Problematisch sind Lieferantenmonopole. Im Extremfall ist ein Rohstoff physisch gar nicht mehr verfügbar, weil ein Lieferland den Export verbietet. Droht tatsächlich ein zukünftiges Marktversagen, kann sich der Staat an der Rohstoffbeschaffung und -sicherung beteiligen. Zuvor muss jedoch sorgfältig analysiert werden, ob der erwartete Nutzen die hohen volkswirtschaftlichen Kosten rechtfertigt und die Maßnahmen das Marktversagen tatsächlich korrigieren können. Ist das der Fall, gibt es folgende Optionen:

- Ein **staatlich gefördertes Rohstoffunternehmen** könnte Bergbauprojekte initiieren. Alternativ oder zusätzlich könnte das Unternehmen strategische Partnerschaften mit Produzenten von Rohstoffen und Zwischenprodukten schließen. Aus Kostengründen sollte der Staat sich bemühen antizyklisch, also in Niedrigpreisphasen, in Rohstoffprojekte zu investieren – immer mit dem Ziel, Anteile so schnell wie möglich wieder zu privatisieren. Weil es dafür allerdings keine Erfolgsgarantie gibt, trüge der Staat ein erhebliches Investitionsrisiko.
- Ist ein Bergwerk einmal stillgelegt, kann man es nicht so einfach wieder in Betrieb nehmen. Um zu verhindern, dass Gruben in als vorübergehend eingeschätzten Niedrigpreisphasen schließen müssen, könnten sie mit staatlicher Unterstützung im „Stand-By-Modus“ erhalten werden (**Care and Maintenance**), bis die Rohstoffpreise wieder steigen.

- Seit der Ölkrise 1973 hält Deutschland eine strategische Erdölreserve vor. Auch kritische Rohstoffe könnten **auf Vorrat gelagert** werden, um vorübergehende Lieferengpässe abzufedern. Unternehmen könnten sich gezielt gegen einen Versorgungsausfall der für sie besonders wichtigen Rohstoffe versichern. Nur die versicherten Unternehmen würden dann in einer Lieferkrise Rohstoffe aus der Reserve zugeteilt bekommen. Über die „Versicherungsprämie“ würde die Industrie an den Kosten beteiligt, und Auswahl und Menge der zu lagernden Rohstoffe würde bedarfsgerecht gesteuert.

### Zugang zu Rohstoffdaten erleichtern

Gute Marktdaten ermöglichen es Unternehmen, ihre Versorgungssituation realistisch einzuschätzen. Kenntnisse des geologischen Untergrunds erleichtern die Suche nach Lagerstätten.

- In Deutschland müssen Rohstoffunternehmen die bei der Exploration gewonnenen geologischen Messdaten an die Bergbehörden übermitteln. Ein **modernisiertes Lagerstätten-gesetz** könnte die Unternehmen zusätzlich verpflichten, diese Daten nach einer Karenzzeit zu veröffentlichen. So würden Doppelarbeit vermieden und Kosten gespart, weil Wirtschaft und Wissenschaft die Informationen für neue Explorationskonzepte in Deutschland weiternutzen könnten.
- Beibrechende Elemente fallen als „Nebenprodukte“ an: Indium zum Beispiel bei der Zinkproduktion, Tellur bei der Kupferproduktion. Sie werden oft nur von wenigen Produzenten und Abnehmern gehandelt, die Märkte sind entsprechend intransparent. Um Abhilfe zu schaffen, könnten sich Regierungen, Produzenten und Verbraucher unter dem Dach der Vereinten Nationen vernetzen, um Daten zu den beibrechenden Elementen zusammenzutragen und beispielsweise in Marktstatistiken aufzubereiten. Solche **International Metal Study Groups** gibt es bereits für Blei, Zink, Kupfer und Nickel.

### Internationale Rohstoffpolitik

Einheitliche, hohe Umwelt- und Sozialstandards sind nicht nur ethisch geboten, sondern Voraussetzung für einen fairen Wettbewerb. Es wäre nicht sinnvoll, wenn ökologische Vorteile der Energiewende durch Energieaufwand und Umweltbelastungen bei der Rohstoffgewinnung zu nichte gemacht würden. Dies gilt sowohl für den Bergbau als auch das Recycling. Auf globaler Ebene wurden immer wieder ordnungspolitische Ansätze für einen gerechteren und nachhaltigeren Umgang mit Rohstoffen diskutiert. Bislang gibt es jedoch keine verbindliche Regelung.

- **Bilaterale Rohstoffabkommen und -partnerschaften** sind einfacher umsetzbar als multilaterale Abkommen. Neben einer Stabilisierung der Rohstofflieferbeziehungen können sie darauf abzielen, Umwelt- und Sozialstandards zu etablieren, die Arbeitsplatzsicherheit bei der Rohstoffförderung zu verbessern und zu Klimaschutz und Rohstoffeffizienz beizutragen.
- Verbindliche **Transparenzmechanismen** können politischen Druck ausüben: In der EU sind Unternehmen verpflichtet, für Konfliktrohstoffe die Lieferketten offen zu legen, um Verbindungen zwischen Produzenten, Regierungen und bewaffneten Gruppen aufzudecken. Auf ähnliche Weise könnten Umwelt- und Sozialstandards transparent gemacht werden. Wichtig ist ein Monitoring durch eine unabhängige Prüfinstanz. Die soziale Akzeptanz zu erhalten, dürfte für die Rohstoffgewinnung in Zukunft die größte Herausforderung sein.

## Energierohstoffe

### Biomasse

Bioenergie hat einige Vorteile: Weil sie sich gut speichern lässt, kann man damit die Schwankungen von Wind- und Sonnenenergie ausgleichen oder damit Wärme erzeugen. Weiterverarbeitet zu Bioalkohol, -diesel oder -methan kann sie als Kraftstoff im Verkehr flexibel eingesetzt und auch über lange Strecken effizient transportiert werden. Da Bioenergie sowohl in Deutschland angebaut als auch aus vielen anderen Ländern importiert wird, leistet sie einen Beitrag zur Versorgungssicherheit. Weil sie allerdings nur begrenzt verfügbar ist, sollte Bioenergie dort eingesetzt werden, wo sie dem Energiesystem am meisten nützt.

Bioenergie hat aber auch einige Nachteile: Werden keine Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt, verursacht der Anbau von Energiepflanzen Treibhausgasemissionen (insbesondere Lachgas), wirkt sich negativ auf Artenvielfalt und Bodenqualität aus und belastet Gewässer mit überschüssigen Düngemitteln. Die Treibhausgasemissionen ließen sich am wirksamsten reduzieren, indem die Landwirtschaft in den europäischen Emissionshandel einbezogen würde. Alternativ oder zusätzlich bieten sich Nachhaltigkeitsvorgaben für den Energiepflanzenanbau und -import an. Eine Steuer auf Stickstoffdünger sowie Vorschriften für die Bewirtschaftung kohlenstoffreicher Böden wie Grünland und Moore könnten auch weitere **Umweltauswirkungen** reduzieren.

Angesichts knapper Anbauflächen konkurriert die Bioenergieproduktion teilweise mit der Nahrungs- und Futtermittelherstellung. Gräser und Gehölze können jedoch auf **Flächen** angebaut werden, die für Nahrungspflanzen nicht geeignet sind. Auch Reststoffe und Abfälle können stärker energetisch genutzt werden. Die für Energiepflanzen verfügbare Fläche ließe sich außerdem erweitern, wenn weniger Lebensmittel verschwendet und der Konsum tierischer Produkte reduziert würde.

### Erdgas

Erdgas ist für den Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem wichtig: Gaskraftwerke sind flexibel, haben niedrige Investitionskosten und können daher die fluktuierende Einspeisung aus Wind- und Solarenergie gut ausgleichen. Zudem verursacht Gas pro Kilowattstunde Strom weniger Kohlendioxid als Kohle. Da Deutschland fast vollständig von Importen aus wenigen Lieferländern abhängig ist, ist die Versorgungssicherheit ein kritischer Faktor. Durch den Ausbau der Pipeline- und Flüssiggasinfrastruktur oder die Nutzung von Schiefergas und Erdgas aus Kohleflözen ließen sich die **Bezugsquellen diversifizieren**. Langfristig können auch Methanhydrate aus der Tiefsee eine Rolle spielen. Durch **Lagerhaltung** in Form einer staatlich kontrollierten strategischen Gasreserve, wie es sie auch für Erdöl gibt, könnten Versorgungsengpässe überbrückt werden. Diese wäre allerdings mit hohen Kosten verbunden.

## Das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“

Die Stellungnahme „Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft“ ist im Rahmen des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“ entstanden. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten rund 100 Expertinnen und Experten Handlungsoptionen für den Weg zu einer umweltverträglichen, sicheren und bezahlbaren Energieversorgung.

### Mitwirkende der Arbeitsgruppe „Ressourcen“

**Mitglieder:** Dr. Gerhard Angerer (Consultant), Dr. Peter Buchholz (Deutsche Rohstoffagentur; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Prof. Dr. Jens Gutzmer (TU Bergakademie Freiberg), Dr.-Ing. Christian Hagelüken (Umicore), Prof. Dr. Peter Herzig (GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel), Prof. Dr. Ralf Littke (RWTH Aachen), Prof. Dr. Rudolf K. Thauer (Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie), Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Wellmer (ehemaliger Präsident Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)

**Weitere Mitwirkende:** Dr. Sabine Fuss (Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change), Prof. Dr. Justus Haucap (Duesseldorf Institute for Competition Economics), Prof. Dr. Peter N. Posch (Technische Universität Dortmund)

**Wissenschaftliche Referenten:** Dr. Berit Erlach (acatech), Jakob Kullik (Technische Universität Chemnitz)

### Kontakt:

Dr. Ulrich Glotzbach  
Leiter der Geschäftsstelle Energiesysteme der Zukunft  
Hauptstadtbüro: Pariser Platz 4a, 10117 Berlin  
Tel.: +49 30 2067957-32  
E-Mail: glotzbach@acatech.de

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften unterstützen Politik und Gesellschaft unabhängig und wissenschaftsbasiert bei der Beantwortung von Zukunftsfragen zu aktuellen Themen. Die Akademiemitglieder und weitere Experten sind hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten sie Stellungnahmen, die nach externer Begutachtung vom Ständigen Ausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina verabschiedet und anschließend in der *Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung* veröffentlicht werden.

**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.**  
**Nationale Akademie der Wissenschaften**  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)  
Tel.: 0345 47239-867  
Fax: 0345 47239-839  
E-Mail: politikberatung@leopoldina.org  
Berliner Büro:  
Reinhardtstraße 14  
10117 Berlin

**acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.**  
Geschäftsstelle München:  
Karolinenplatz 4  
80333 München  
Tel.: 089 520309-0  
Fax: 089 520309-9  
E-Mail: info@acatech.de  
Hauptstadtbüro:  
Pariser Platz 4a  
10117 Berlin

**Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.**  
Geschwister-Scholl-Straße 2  
55131 Mainz  
Tel.: 06131 218528-10  
Fax: 06131 218528-11  
E-Mail: info@akademienunion.de  
Berliner Büro:  
Jägerstraße 22/23  
10117 Berlin