

Unterrichtsreihe „Nachhaltige Rohstoffversorgung“



Handlungsfeld: Nachhaltige Rohstoffversorgung

Autor/-innen:

Dr. Sarah Hackfort s.hackfort@izt.de,

Dr. Michael Scharp m.scharp@izt.de

Projektleitung:

Dr. Michael Scharp, IZT, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin

LehrRes - Unterstützung von Bildungsträgern im Bereich
der Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz

Stand: 14.03.17

Das BilRes-Netzwerk wird im Rahmen des Auftrags „Kompetenzzentrum Ressourceneffizienz 2015-2019“ betrieben,
der bei der VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE) angesiedelt ist.

Impressum:

Forschungs-konsortium	IZT- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH
Auftraggeber	VDI Zentrum für Ressourceneffizienz
Kurzfassung	<p>Dieses Papier ist eine Unterrichtsreihe inklusive einer Sachanalyse zum Thema „Ökologischer Rucksack eines Handys“. Sie steht exemplarisch für den Gestaltungsaspekt „Ressourceneffizienz der IKT-Produkte verbessern“ aus dem Programm ProRes II der Bundesregierung</p> <p>Dieses Thema wurde für Lehrende beruflicher Bildungs-einrichtungen als Hintergrundinformation zur Unterstützung im Bereich Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung sowie zur Weiterbildung der Lehrenden aufbereitet.</p>
Kontakt	<p>Autor/ -innen: Dr. Sarah Hackfort s.hackfort@izt.de, Dr. Michael Scharp m.scharp@izt.de Projektleitung: Dr. Michael Scharp, IZT - Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin</p>

Inhalt

Inhalt	3
Abbildungsverzeichnis.....	4
0. Einleitung.....	5
1. Themenbeschreibung.....	9
1.1. Klassifizierung von Rohstoffen.....	9
1.2. Wachsender Rohstoffhunger weltweit	11
1.3. Globale Rohstoffverteilung	12
1.4. Rohstoffversorgung in Deutschland und global	12
1.5. Rohstoffentnahme in Deutschland.....	13
1.6. Deutsche Rohstoffabhängigkeit	15
1.7. Rohstoffe für Zukunftstechnologien	16
1.8. Negative soziale und ökologische Effekte des Rohstoffabbaus	17
2. Handlungsoptionen für eine nachhaltige Rohstoffversorgung	19
2.1. Effizientere Nutzung der Lagerstätten und Rohstoffe.....	20
2.2. Erhöhung der Transparenz in der Wertschöpfungskette	21
2.3. Unterstützung einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung in Partnerländern	21
2.4. Exkurs: Biotische Rohstoffe und Nutzung von NaWaRo.....	22
2.5. Kritik und Grenzen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe.....	23
2.5.1. Folgen der energetischen Nutzung von NaWaRo am Beispiel Biogas	24
3. Bezüge zu Beruf und Alltag.....	27
3.1. Berufsschulbezug	27
3.2. Alltagsbezug	27
4. Methodische Ansätze für weitere Ausarbeitung einer Unterrichtsreihe	28
4.1. Weiterführende Informationen.....	29
5. Literatur und Quellen	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ressourcensystematik von ProgRess II.	7
Abbildung 2: Abiotische und biotische Rohstoffe.....	9
Abbildung 3:Natürliche Ressourcen Systematik.....	10
Abbildung 4: Global Rohstoffentnahme.....	11
Abbildung 5: Verteilungsfrage: absoluter Ressourcenverbrauch.....	12
Abbildung 6: Rohstoffentnahme in Deutschland, 2013.	13
Abbildung 7: Nationale Rohstoffentnahme.	14
Abbildung 8: Rohstoffproduktion in Deutschland (2015).	15
Abbildung 9: Die Nutzung der natürlichen Ressourcen.	16
Abbildung 10:Rohstoffeinsatz Windkraftanlage.....	17
Abbildung 11: Braunkohle Tagebau (Garzweiler).....	18
Abbildung 12: Biogassubsstrate, 2013.	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Handlungsfelder von ProgRess II.	7
Tabelle 2: Gestaltungsapakte von ProgRess II im Handlungsfeld 1.....	8

0. Einleitung

Das Netzwerk für Bildung für Ressourcenschonung und -effizienz (BilRes) hat sich zum Ziel gesetzt die zentralen Akteure innerhalb und außerhalb des Bildungswesens, die für die Verankerung von Ressourcenbildung in den verschiedenen Bildungsbereichen, (schulische Bildung, Ausbildungsberufe, Hochschulbildung und Weiterbildung) verantwortlich sind, zu vernetzen. Sie sollen für das Thema Ressourcenschonung und -effizienz sensibilisiert werden. Dazu werden u.a. Lehr-Lern-Materialien aus dem Themenbereich Ressourcenbildung und -schonung entwickelt, die den Akteuren der beruflichen Bildung zur Verfügung gestellt werden (LehrRes). Es soll die Implementierung der Inhalte in Aus- und Weiterbildung erleichtern.

In diesem Dokument werden

- einige Handlungsoptionen und Maßnahmen für eine nachhaltigere Rohstoffversorgung vorgestellt
- und Vorschläge gemacht, wie sich die Themen im Unterricht bearbeiten lassen.

Eine sichere Rohstoffversorgung ist für Deutschland als Innovations- und Technologiestandort von großer Bedeutung. Ein großer Teil der benötigten Rohstoffe (insbesondere die Steine- und Erden-Rohstoffe) wird in heimischen Lagerstätten gefördert, hier ist die Eigenversorgung nahezu gesichert. Bei den Metallen jedoch und bei verschiedenen Industriemineralien sowie den Energierohstoffen - mit Ausnahme der Braunkohle - ist die deutsche Wirtschaft stark abhängig von Rohstoffimporten. 2015 importierte Deutschland Rohstoffe im Wert von 106,9 Mrd. EURO (BGR 2016:16, 12). Die Rohstoffextraktion in den rohstoffexportierenden Ländern für den Import in die Industriestaaten ist immer wieder Ursache für gravierende Menschenrechtsverletzungen, gewaltsame Konflikte und massive Umweltschäden. Hier sind zahlreiche Beispiele aus den Ländern Lateinamerikas, Afrikas oder Asiens bekannt. Aber auch der Ressourcenabbau in Deutschland ist mit sozialen und ökologischen Konflikten verbunden. So werden auch in der Lausitz ganz Dörfer umgesiedelt und Landstriche für den Abbau von Kohle degradiert oder im Hambacher Forst Urwälder gerodet.

Das Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) der Bundesregierung weist nicht zuletzt vor diesem Hintergrund auf die Verantwortung der deutschen Politik und Wirtschaft hin, sich vor Ort und in den Förderländern für eine nachhaltige Entwicklung und einen friedlichen, sozial- und naturverträglichen Rohstoffabbau einzusetzen (BMUB 2016). Dazu gehört nicht nur, die Effizienz der Rohstoffnutzung zu erhöhen, sondern auch die Transparenz in den Wertschöpfungsketten zu steigern sowie die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe auszubauen (BMUB 2016: 15 ff.; siehe Abbildung 1).

Hintergrundmaterial ProgRes II (BMUB 2016)

Grundlage für eine Strategie der Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz ist das ProgRes-Programm der Bundesregierung (Bundesregierung 2016). Das Thema Ressourceneffizienz ist in den letzten Jahren sowohl in Deutschland als auch auf der Ebene der Europäischen Union immer mehr in den Fokus der politischen Diskussion gerückt. Es gewinnt auch international zunehmend an Bedeutung. So haben sich 2015 unter deutschem Vorsitz auch die Mitgliedstaaten der G7 des Themas angenommen, um über Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz zu beraten. Dazu wurde unter anderem die Gründung einer G7-Allianz für Ressourceneffizienz zum freiwilligen Wissensaustausch und zur Netzwerkbildung beschlossen. Die Bundesregierung stellt sich in diesem Zusammenhang ihrer Verantwortung. Bereits 2002 hat sie in ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel verankert, Deutschlands Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln. 2012 folgte das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes), das dazu beitragen soll, dieses Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen. Dabei soll der Fokus des Programms aber nicht

nur auf der Steigerung der Effizienz liegen, sondern auch darstellen, inwieweit der Einsatz von Rohstoffen, zum Beispiel in Umwelttechnologien, vielfach auch natürliche Ressourcen schützt. Die Bundesregierung hat mit ProgRes beschlossen, alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm fortzuentwickeln. Mit ProgRes II liegt der erste dieser Fortschrittsberichte vor. ProgRes hat bislang die Steigerung der Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette bei der Nutzung abiotischer und biotischer Rohstoffe betrachtet, nicht aber die damit verbundenen Aspekte der Energieeffizienz. Beide Bereiche, Materialeffizienz und Energieeffizienz, sind aber eng miteinander verflochten. Mit ProgRes II sollen deshalb, wo dies sinnvoll ist, verstärkt Energie- und Materialströme gemeinsam betrachtet werden, so dass sie sich gegenseitig unterstützen können. ProgRes II basiert weiter auf den vier Leitideen von ProgRes I:

- Ökologische Notwendigkeiten mit ökonomischen Chancen, Innovationsorientierung und sozialer Verantwortung verbinden
- Globale Verantwortung als zentrale Orientierung unserer nationalen Ressourcenpolitik sehen
- Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger machen, die Kreislaufwirtschaft weiterentwickeln und ausbauen
- Nachhaltige Ressourcennutzung durch gesellschaftliche Orientierung auf qualitatives Wachstum langfristig sichern.

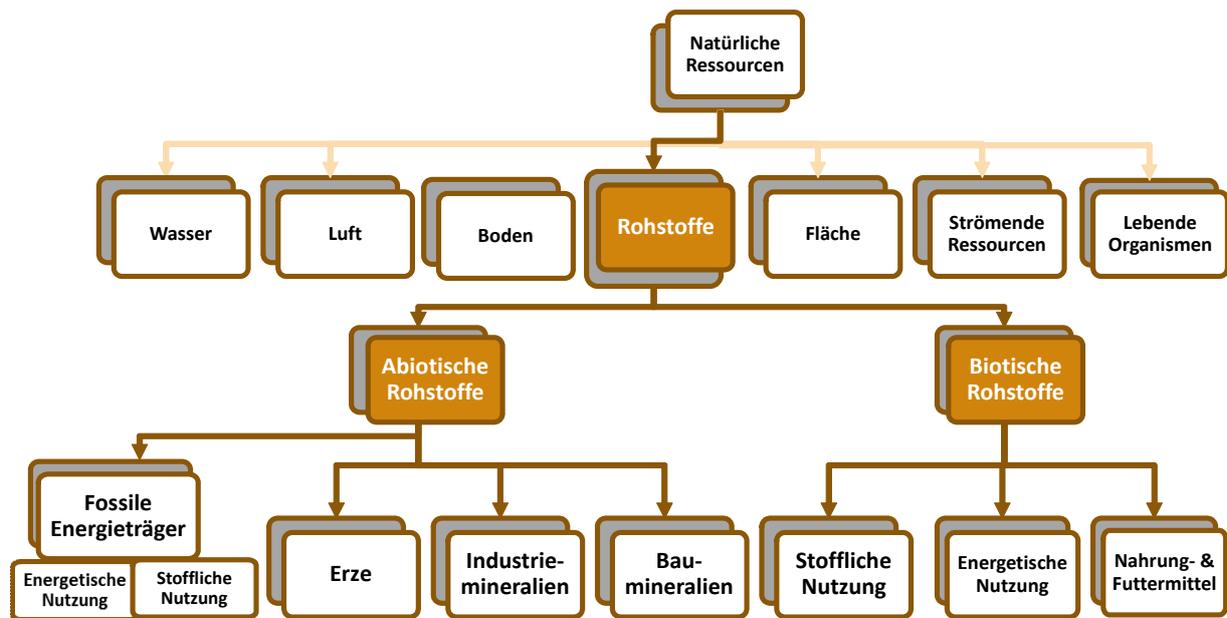
Um diese Leitideen umzusetzen, werden die Indikatoren und Ziele zur Ressourcenschonung aus der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie um weitere Indikatoren und Ziele ergänzt und Gestaltungsansätze aufgezeigt, um die Ressourceneffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verbessern. Es geht darum, eine nachhaltige Rohstoffversorgung zu sichern, Ressourceneffizienz in der Produktion zu steigern, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft auszubauen. Dafür werden Maßnahmen für ressourcenrelevante Handlungsfelder wie Bauen, nachhaltige Stadtentwicklung und Informations- und Kommunikationstechnik in die Wege geleitet sowie übergreifende rechtliche, ökonomische und informatorische Instrumente genutzt.

ProgRes hat eine eigene Ressourcensystematik.

- Zu den natürlichen Ressourcen gehören Wasser, Luft, Boden, Rohstoffe, Fläche, Strömende Ressourcen (Luft, Sonnenlicht, bewegtes Wasser) sowie lebende Organismen.
- Rohstoffe wiederum werden unterschieden in biotische und abiotische Rohstoffe.
 - Biotische Rohstoffe, also erneuerbare, natürlich vorkommende Stoffe sind tierischer oder pflanzlicher Herkunft, z. B. Produkte aus der Land- oder Forstwirtschaft. Diese können stofflich, energetisch oder als Nahrungsmittel oder Tierfutter genutzt werden.
 - Abiotische Rohstoffe sind sowohl die fossile Energieträger (Erdöl, Kohle) als auch Erze, Industrie- und Baumineralien.

Abbildung 1: Ressourcensystematik von ProgRes II.

Sachanalyse: Ressourcen Systematik



Quelle: Eigene Darstellung nach BMUB 2016

ProgRes umfasst 10 Handlungsfelder - die auf der nachfolgenden Tabelle aufgeführt werden. Diese sind:

Tabelle 1: Handlungsfelder von ProgRes II.

Handlungsfelder	Themen
Handlungsfeld 1	Nachhaltige Rohstoffversorgung sichern
Handlungsfeld 2	Ressourceneffizienz in der Produktion steigern
Handlungsfeld 3	Produkte und Konsum ressourcenschonender gestalten
Handlungsfeld 4	Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft ausbauen
Handlungsfeld 5	Nachhaltiges Bauen und nachhaltige Stadtentwicklung
Handlungsfeld 6	Ressourceneffiziente Informations- und Kommunikationstechnik
Handlungsfeld 7	Übergreifende Instrumente (u.a. BilRes und LehrRes)
Handlungsfeld 8	Synergie zu anderen Politikfeldern erschließen und Zielkonflikte abbauen
Handlungsfeld 9	Ressourceneffizienzpolitik auf kommunaler und regionaler Ebene unterstützen
Handlungsfeld 10	Ressourcenpolitik auf internationaler und EU-Ebene stärken

Quelle: -BMUB 2016.

In jedem der Handlungsfelder gibt es verschiedene Gestaltungsaspekte (siehe nachfolgende Tabelle).

**Tabelle 2: Gestaltungsaspekte von ProgRes II im Handlungsfeld 1.
Nachhaltige Rohstoffversorgung**

Gestaltungsaspekt	Thema
1.1	Mineralische und fossile Rohstoffe umweltfreundlicher gewinnen
1.2	Umwelt-, Sozial- und Transparenzstandards im Rohstoffsektor international
1.3	Ökologische Grenzen und soziale Nachteile bei der Bewertung der
1.4	Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen durch Substitution reduzieren
1.5	Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe umweltverträglich ausbauen
1.6	Verbreiterung der Rohstoffbasis durch stoffliche Nutzung von CO ₂

Quelle: -BMUB 2016.

1. Themenbeschreibung

1.1. Klassifizierung von Rohstoffen

Rohstoffe lassen sich auf unterschiedliche Art und Weise klassifizieren. Mit Blick auf ihre Regenerationsfähigkeit lassen sie sich unterscheiden in biotische, also erneuerbare Stoffe tierischer oder pflanzlicher Herkunft einerseits, z. B. Produkte aus der Land- oder Forstwirtschaft, und nicht-biotische oder abiotische Rohstoffen wie fossile Energieträger (Erdöl, Kohle) oder Erze, Industrie- und Baumineralien, andererseits (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Abiotische und biotische Rohstoffe.

Abiotische und biotische Rohstoffe

LehrRess

Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz

Nicht-erneuerbare / abiotische Rohstoffe	Erneuerbare / biotische Rohstoffe
Fossile Energierohstoffe, Erze, Industrie- und Baumineralien Rohstoffe	Sämtliche tierische und pflanzliche Stoffe, die nicht in fossilen Rohstoff umgewandelt wurden
Energierohstoffe: Erdöl, Braun- und Steinkohle, Erdgas Erze: z. B. Eisenerz, Kupfererz, Zinkerz, Bleierz Industriemineralien: Nicht-metallische, mineralische Rohstoffe, z. B. Steinsalz (NaCl), Kalisalz (KCl) Baumineralien: z. B. Kies, Quarz, Kalk	Bekannte nachwachsende Rohstoffe sind z. B. Holz, Pflanzenöle (Rapsöl), Naturfasern (Baumwolle, Leinen), Zucker und Stärke oder auch Rohstoffe tierischer Herkunft (Farbstoffe aus Läusen)

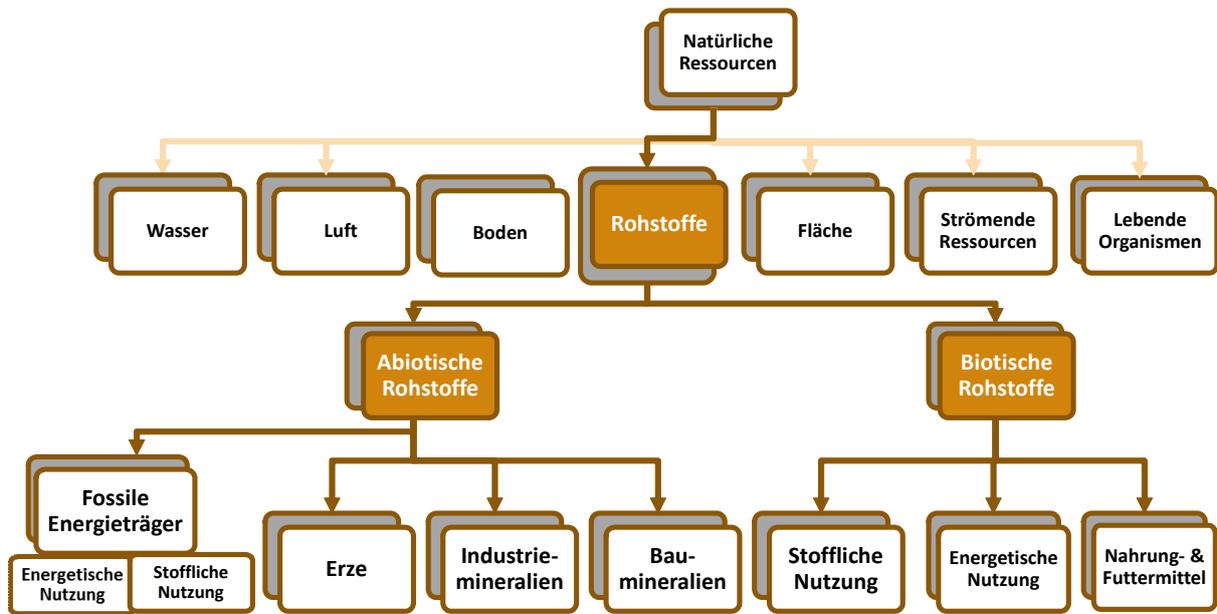
Quelle: Eigene Darstellung.

Auch das Bundesumweltministeriums arbeitet mit dieser Systematik der natürlichen Ressourcen in seiner Ressourceneffizienzstrategie ProgRess II (BMUB 2016) (siehe Abbildung 3). ProgRess II fokussiert mit seiner Ressourceneffizienzstrategie insbesondere auf die abiotischen Rohstoffe, also Erze, auf Industriemineralien und Baumineralien sowie auf biotische Rohstoffe zur stofflichen Nutzung. Der Fokus dieser Weiterbildung liegt vorrangig auf dem Thema abiotische Rohstoffe. Die Thematik der biotischen Rohstoffe und ihrer Bedeutung für eine nachhaltige Rohstoffversorgung wird hier deshalb auf das Kapitel 5.4 „Exkurs: Biotische Rohstoffe“ beschränkt.¹

¹ Zur Vertiefung eignet sich hier auch die LehrRess-Sachanalyse und die Unterrichtsreihe zum Thema „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe ausbauen. Das Nachwachsende Büro“.

Abbildung 3: Natürliche Ressourcen Systematik.

Natürliche Ressourcen Systematik



Quelle: VDI ZRE Darstellung nach BMUB 2016.

1.2. Wachsender Rohstoffhunger weltweit

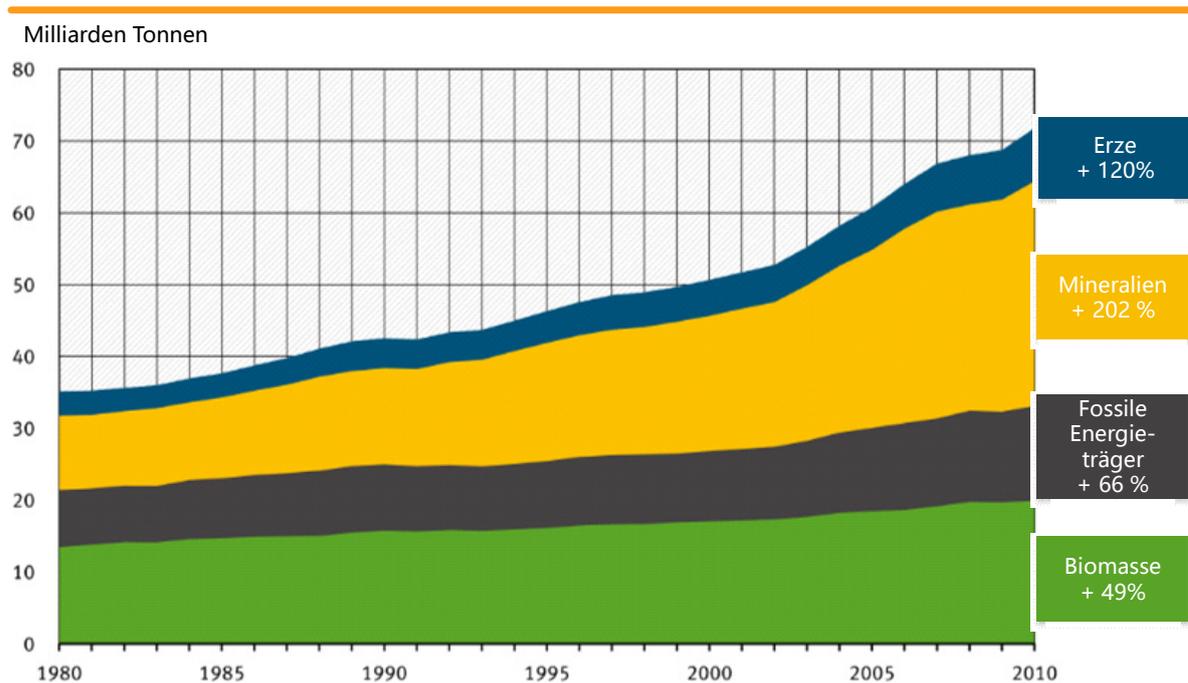
Der globale Rohstoffhunger ist groß. Abbildung 4 zeigt die Rohstoffentnahme weltweit für die Ressourcen Biomasse, fossile Energieträger, Mineralien und Erze. Von 1990 bis 2010 hat die Ressourcenentnahme sich verdoppelt. Die Zunahme der Entnahme von Rohstoffen ist einerseits durch ein starkes ökonomisches Wachstum der Schwellenländer sowie andererseits durch den anhaltend hohen Ressourcenverbrauch in den Industrieländern induziert. In den letzten Jahren wuchs die Weltwirtschaft durchschnittlich um etwa 2,4 % und auch für das Jahr 2017 wird ein Wachstum von 2,8 % erwartet (BGR 2016: 13). Bisher ist es global gesehen noch nicht gelungen Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch voneinander zu entkoppeln. Der Anstieg bei den fossilen Rohstoffen geht auf den steigenden Energieverbrauch im Bereich Verkehr, Energiewirtschaft und Gebäudeenergieversorgung weltweit zurück. Insofern ist auch für die Zukunft mit steigender Rohstoffentnahme weltweit zu rechnen.

Abbildung 4: Global Rohstoffentnahme.

Globale Ressourcenentnahme

LehrRes

Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz



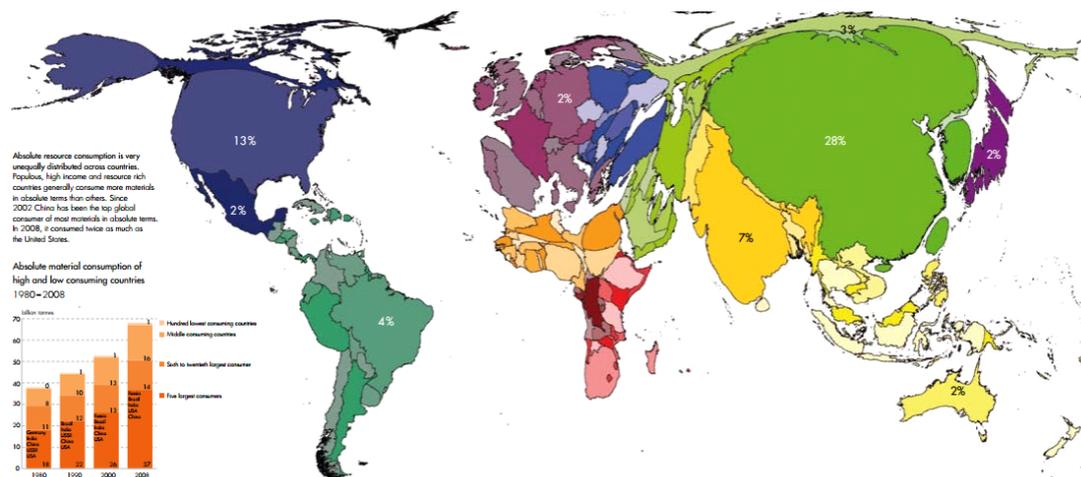
1.3. Globale Rohstoffverteilung

Der Rohstoffverbrauch ist jedoch vor allem auch eine Verteilungsfrage: 2009 verbrauchten 20% der Weltbevölkerung rund 80% der weltweiten Rohstoffe (Dittrich et. al 2012). Den größten Rohstoffbedarf weisen in der Regel bevölkerungsreiche, wohlhabende und/oder ressourcenreiche Länder auf. Seit 2002 ist China nicht zuletzt aufgrund des enormen Wirtschaftswachstum und seiner hohen Bevölkerungszahl der größte Rohstoffkonsument der Welt. Ferner weisen auch die wohlhabenden Industrieländer wie USA, Japan, Deutschland oder Australien hohe Bedarfe auf (Dittrich et al. 2012: 30). Die Abbildung 5 zeigt dieses Verhältnis, indem sie die Größe der Länder proportional zu dem Ressourcenverbrauch der Länder darstellt.

Abbildung 5: Verteilungsfrage: absoluter Ressourcenverbrauch.

Verteilungsfrage: absoluter Ressourcenverbrauch

LehrRes
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz



Quelle: Dittrich et al. 2012: 30.

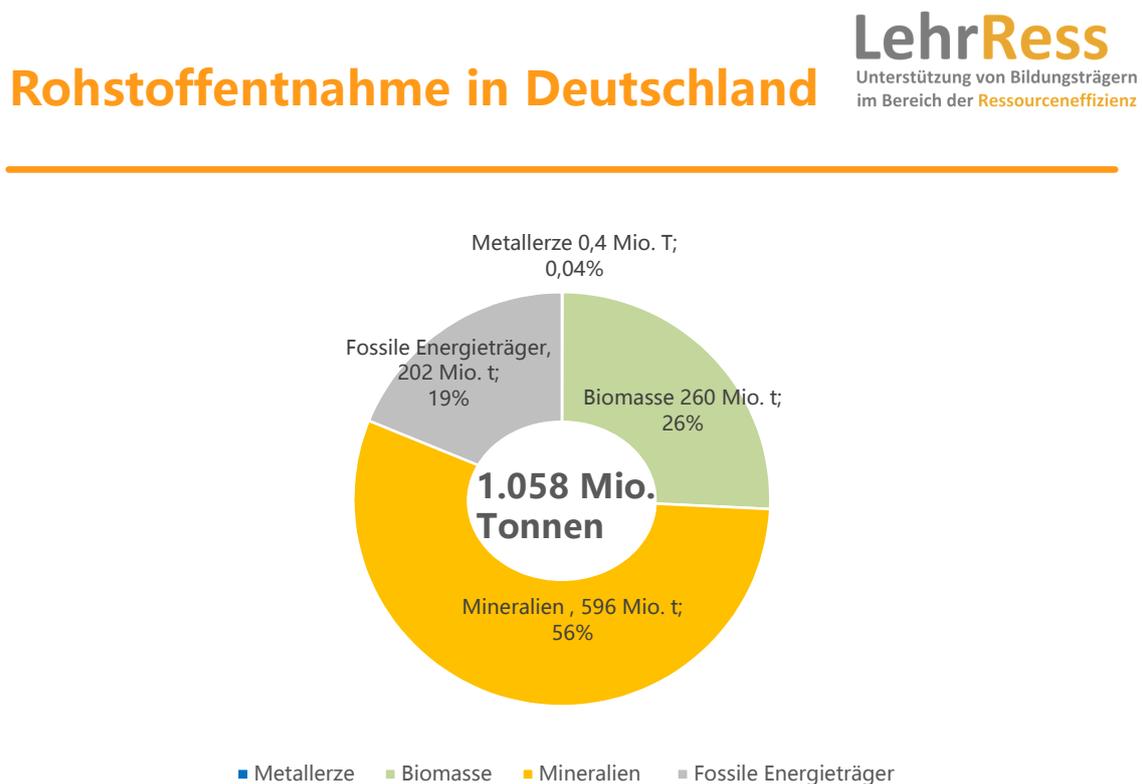
1.4. Rohstoffversorgung in Deutschland und global

Rohstoffe sind eine zentrale Grundlage für die Güter- und Industrieproduktion. Insgesamt trägt die Industrieproduktion in Deutschland fast konstant über die Jahrzehnte mit 22% zum Bruttoinlandsprodukt mit 581 Mrd. Euro und 7,5 Millionen Erwerbstätigen (EU-Durchschnitt 15%, destatis 2015) bei. Die Rohstoffverfügbarkeit ist also eine wichtige Basis für die deutsche Wirtschaft und abhängig von vielen verschiedenen Faktoren. Globales Bevölkerungswachstum, neue Lebensstile, Marktdynamik, technologischer Wandel und Regierungshandeln verändern die Rohstoffbasis unseres Wirtschaftens kontinuierlich.

1.5. Rohstoffentnahme in Deutschland

Abbildung 6 zeigt die Entnahme der unterschiedlichen Rohstoffe für Deutschland im Jahr 2013. Den größten Anteil haben mit 56% immer noch die Mineralien, gefolgt von der Biomasse mit 25% und den fossilen Energieträgern mit 19%.

Abbildung 6: Rohstoffentnahme in Deutschland, 2013.



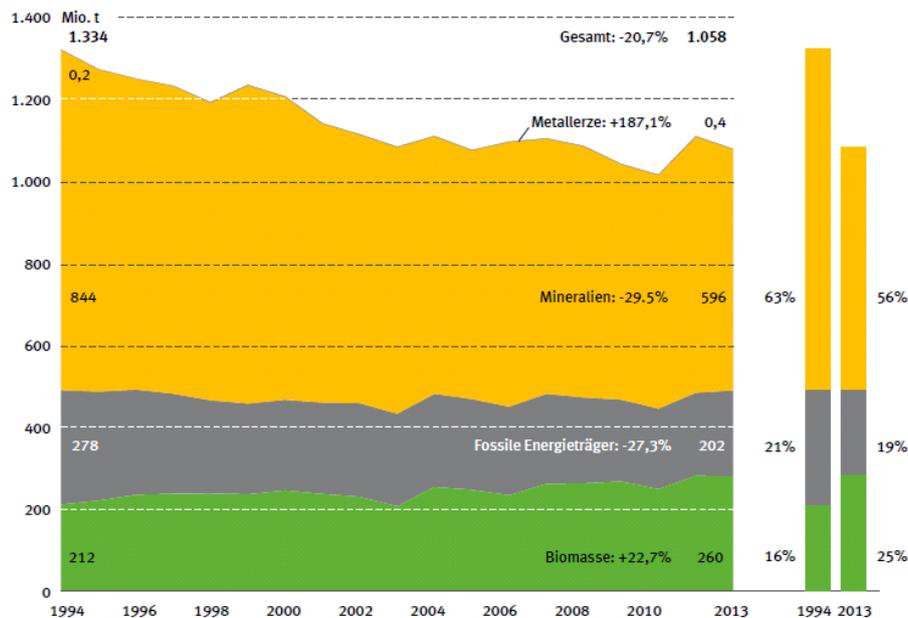
Quelle: Eigene Darstellung nach UBA 2016.

Abbildung 7 zeigt die Dynamik insgesamt sowie Veränderungen in der Entnahme der unterschiedlichen Rohstoffgruppen. So sank die Rohstoffentnahme in Deutschland von insgesamt 1.334 Mio. t auf a. 1.060 Mio. t im Zeitraum von 1994 bis 2013. Der Anteil der mineralischen Rohstoffe sank in diesem Zeitraum von 63% auf 56%, der Anteil der fossilen Rohstoffe von 21% auf 19%, während der Anteil der Biomasse stieg, von 16% auf 25%. Diese Veränderungen haben viele Gründe wie z.B. die Verlagerung des ressourcenintensiven Abbaus von Mineralien in andere Länder, die Verlagerung ressourcenintensiver Produktion in andere Länder oder nicht zuletzt auch - insbesondere bei der Biomasse - aufgrund der Energiewende.

Abbildung 7: Nationale Rohstoffentnahme.

Rohstoffentnahme in Deutschland

LehrRes
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der **Ressourceneffizienz**



Nachhaltige Rohstoffversorgung

Quelle: Destatis, 2015 a

12

Quelle: UBA 2016.

Bei den in Deutschland vorrangig abgebauten Rohstoffe handelt es sich vor allem um Steine und Erden, die Metalle und die Nicht-Metalle spielen aufgrund der geringen Verfügbarkeit - vor allem aufgrund der geringen Konzentration der Erze oder die tiefen Vorkommen - bei gleichzeitig hohen Minen- und Arbeitskosten kaum eine Rolle. Allein der Energierohstoff Braunkohle wird in Deutschland noch im größeren Umfange gefördert. Im Jahr 2015 war Deutschland sogar für die Braunkohle der weltweit größte Produzent (BGR 2016: 20). Ansonsten sind mengenmäßig vor allem die Bausande und -kiese mit ca. 239 Mio. t die wichtigsten mineralischen Rohstoffe, sie stellen weit über ein Drittel der heimischen Rohstoffproduktion dar. Es folgen die gebrochenen Natursteine an zweiter Stelle, sie machen rund drei Viertel der gewonnenen Rohstoffmenge aus. Die Braunkohle liegt auf Platz drei, als nach wie vor wichtigster heimischer Energieträger (siehe Abbildung 8; BGR 2016: 16).

Abbildung 8: Rohstoffproduktion in Deutschland (2015).

Rohstoffproduktion in Deutschland

LehrRes
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz

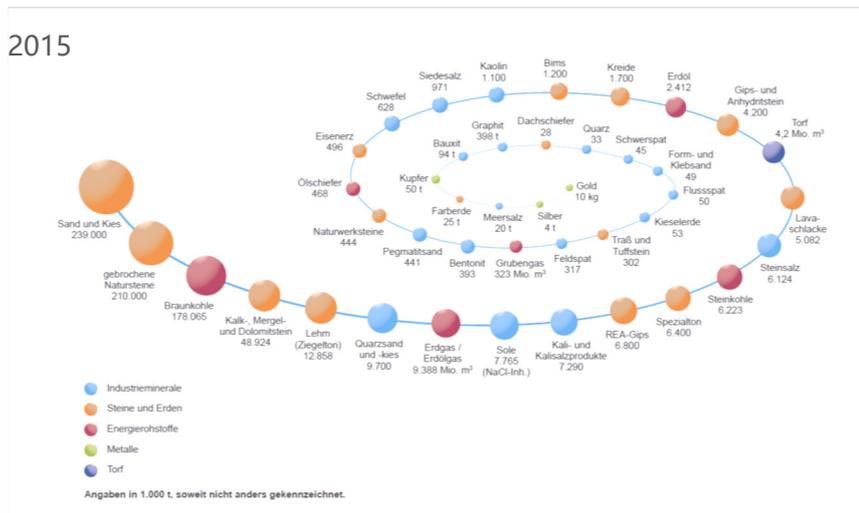


Abb. 3.2: Rohstoffproduktion in Deutschland im Jahr 2015.

Quelle: BGR 2015:18

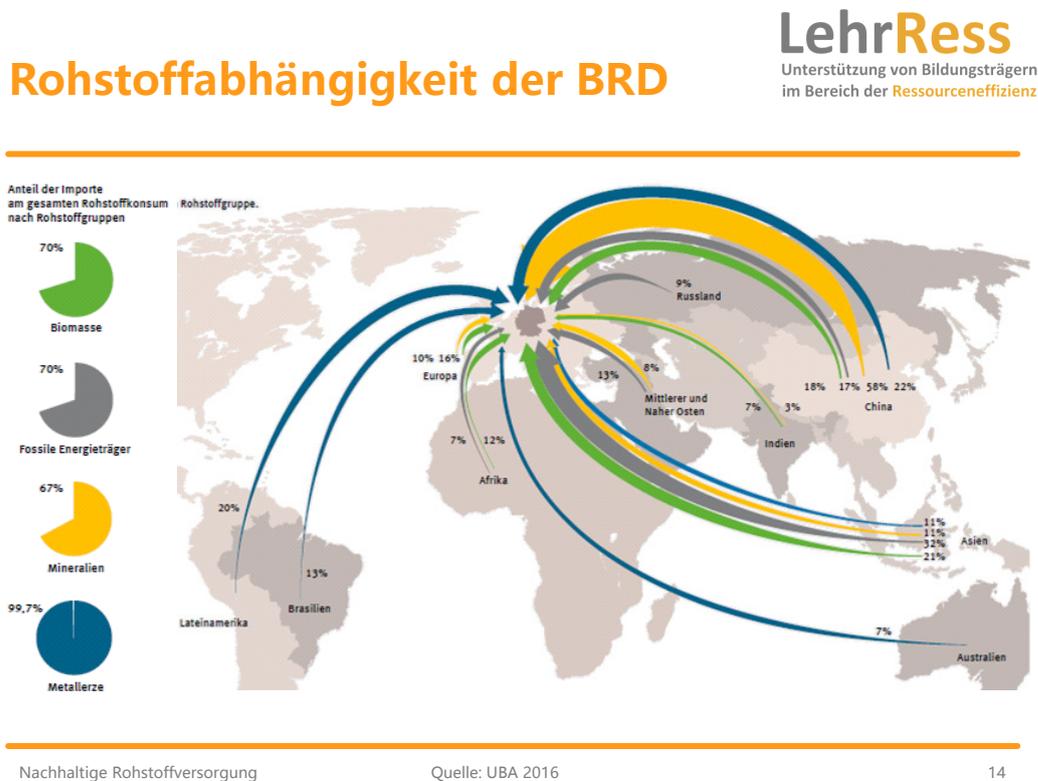
1.6. Deutsche Rohstoffabhängigkeit

Mit den heimischen Rohstoffen lassen sich nicht alle Güter produzieren, die wir konsumieren. Als eine der führenden Industrie- und Exportnationen ist Deutschland auf den Import von Rohstoffen angewiesen. Deutschland ist ein rohstoffarmes Land in dem Sinne, dass für die gewerbliche und industrielle Produktion von Gütern benötigte Metalle, Mineralien und Salze nur sehr beschränkt in Deutschland vorkommen oder nur zu hohen Kosten gefördert werden könnten. Deutschland bezieht seine Rohstoffe weltweit vor allem aus Russland, China, Australien, Südafrika, Brasilien, USA und Kanada.

Insbesondere bei den Industriemetallen Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel und Zinn gehört Deutschland zu den fünf größten Verbraucherländern. Allein Braun- und Steinkohle, Kali und Steinsalz sowie Steine und Erden für die Bauindustrie sind in hinreichendem Maße vorhanden (BGR o.J.). Primäre Metallrohstoffe, wie z.B. Eisenerz als wichtiger Grundstoff für die Herstellung von Stahl, sind selten; hier ist Deutschland nahezu vollständig von Importen z.B. aus Brasilien abhängig (UBA 2016: 15). Auch andere Rohstoffe wie Aluminium, Zink, Zinn, Blei, die Stahlveredler Molybdän, Vanadium und Chrom, die Edelmetalle Gold, Silber, Platin, die Nichtmetalle Schwefel, Phosphor und Fluor sowie die seltenen Erden Neodym oder Gallium müssen importiert werden.

Abbildung 9 verdeutlicht die Rohstoffimportabhängigkeit Deutschlands. Deutschland importiert mehr als 2/3 der einzelnen Rohstoffgruppen. Der Importanteil bei Metallerzen liegt bei fast 100 %. Mineralien werden zu zwei Drittel importiert, fossile Energieträger werden zu 70% importiert, Biomasse wird zu 70% importiert. Besonders China ist relevant für deutsche Importe, da von hier 115 von 400 Anteilen - also mehr als 25% aller Rohstoffimporte - stammen.

Abbildung 9: Die Nutzung der natürlichen Ressourcen.



Quelle: UBA Bericht für Deutschland 2016.

1.7. Rohstoffe für Zukunftstechnologien

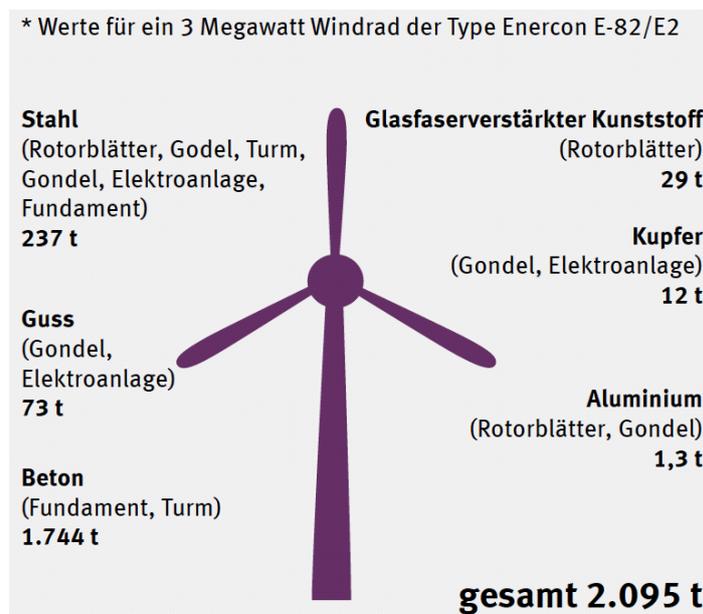
Insbesondere bei den Rohstoffen für Metalle und bei vielen Industriemineralien ist Deutschland stark von Importen abhängig. Vor allem mineralische Rohstoffe für Zukunftstechnologien besitzen eine essentielle Bedeutung, dazu gehören (Indium, Gallium, Germanium, Tantal, Niob, Seltene Erden). Zu den mineralischen Rohstoffen gehören Erze der Metalle (z.B. Zink), Industriemineralien (z.B. Graphit) und Steine und Erden (z.B. Kalk). Einige Rohstoffe müssen langfristig ersetzt werden. Das Risiko, die sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Versorgung nicht ausreichend decken zu können sowie die Verletzbarkeit der Wirtschaft gegenüber Engpässen in der Rohstoffversorgung werden in rohstoffbezogenen Kritikalitätsanalysen erfasst (IZT/Adelphi 2011).

Für eine Reihe von Zukunftstechnologien wie etwa auch für erneuerbare Energieanlagen werden zum Teil auch seltene Metalle gebraucht, z. B. für die Herstellung von Windkraftanlagen, Elektroautos und Energiesparlampen. Nicht nur beim Abbau und der Entsorgung z. B. von Akkumulatoren und Batterien fallen unter Umständen giftige und schwer zu entsorgende Rückstände an. Der Aufbau von Infrastrukturen braucht ebenfalls Rohstoffe. Deshalb ist auch ein zukunftsweisender und zweifelsohne notwendiger Transformationsprozess wie die Energiewende und der damit verbundene Aufbau von neuen oder angepassten Infrastrukturen zum Ausstieg aus der fossilen und risikoreichen atomaren Energieproduktion (PV-Module, Stromtrassen oder Windkraftanlagen) durchaus ein ressourcenintensiver Prozess. Abbildung 9 zeigt hier exemplarisch den Rohstoffeinsatz für die Konstruktionsmaterialien einer Windenergieanlage. Hier werden vor allem Baurohstoffe wie Beton (1744 t) oder Stahl (237 t) benötigt aber auch Metalle wie Kupfer (12 t), Aluminium (1.3 t) und Kunststoffe (29 t).

Abbildung 10: Rohstoffeinsatz Windkraftanlage.

Rohstoffeinsatz für ein Windrad*

LehrRes
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz



Nachhaltige Rohstoffversorgung

Quelle: UBA 2016, S. 63.

15

Quelle: UBA 2016.

Windenergieanlagen ohne Permanentmagnete mit Seltenen Erden benötigen zudem deutlich mehr Kupfer, was auch mit erheblichen Umweltauswirkungen verbunden ist. Bei der Suche nach langfristigen Strategien für einen schonenden und effizienten Umgang mit Rohstoffen und möglichen Substitutionsoptionen gilt es also immer auch eventuelle Mehrbelastungen und Zielkonflikte zu berücksichtigen.

Wichtig ist bei einer vergleichenden Bewertung der Öko- und Rohstoffbilanz einzelner Technologien jedoch stets der gesamte Prozess von der Rohstoffgewinnung, den Folgen des Infrastrukturausbaus, über die Energieerzeugung selbst unter Berücksichtigung der Komplexität weiterer Umweltwirkungen.

1.8. Negative soziale und ökologische Effekte des Rohstoffabbaus

So hat der 250 Jahre alte Braunkohlabbau in Deutschland (insbesondere auch im Vergleich mit der Eingriffstiefe der Energiewende) wesentlich verheerende soziale und ökologische Spuren hinterlassen: Verpestete Luft, verseuchtes Wasser, zerstörte Landschaften im Rheinland oder in der Lausitz:

„Die Kohlebagger der Tagebaue zerstören nicht nur Natur und Landschaft, sondern auch jahrhundertalte Dörfer. Ganze Regionen werden auf einer Tiefe von bis zu einem halben Kilometer (im Tagebau Hambach) geradezu umgegraben, denn die Abraum- und Materialbewegung eines Tagebaus beträgt im Durchschnitt das Fünf fache der geförderten Braunkohle. Die Tagebaue bewirken dabei eine Vielzahl von ökologischen, gesundheitlichen,

kulturellen und finanziellen Folgeschäden. Sie führen zu Verlusten an Artenvielfalt, zerstören Ökosysteme und erzeugen Lärm- und Feinstaubbelastungen. In aktiven Tagebauen wird das Grundwasser mit Tiefbrunnen bis unter die Kohleschichten abgepumpt, damit Großgeräte im Tagebau sicher stehen. Die Grundwasserabsenkung kann dabei mehrere Kilometer ins Umfeld des Tagebaues wirken und zu Konflikten mit der regionalen Trinkwasserversorgung, zum Absterben von Bäumen, zur Vernichtung von Feuchtgebieten oder zu Setzungsschäden an Gebäuden aufgrund der Senkung des Bodens führen.“ (Power Shift e.V. 2015)

Abbildung 11: Braunkohle Tagebau (Garzweiler).

Braunkohle Tagebau (Garzweiler)

LehrRess
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz



Quelle: Pixabay, CC0 Public Domain.

Aber nicht nur in Deutschland, vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern des Globalen Südens steht z.B. der Bergbau häufig im Zusammenhang mit schwerwiegenden Menschenrechtsverletzungen, wie Kinder- und Zwangsarbeit, Landvertreibungen oder Zwangsumsiedlungen. Der Abbau von Rohstoffen für die deutsche Industrie und transnationale Produktionsketten geht oft einher mit negativen sozialen und ökologischen Effekten andernorts: *„Menschen bauen unter teils lebensgefährlichen Bedingungen und in erbärmlichen Lebensverhältnissen Coltan ab, in unseren Handys landet. Vielfach finanzieren sich Milizen direkt oder indirekt vom Coltanabbau, der so zu einer Verschärfung der Konflikte in einer ohnehin sehr fragilen Region beiträgt.“ (Misereor 2016)*

So ist es eine zentrale politische Herausforderung im Bereich des Rohstoffabbaus die auftretenden Missachtungen sozialer Rechte und ökologischer Sensibilitäten entlang der transnationalen Wertschöpfungsketten zu beseitigen.

2. Handlungsoptionen für eine nachhaltige Rohstoffversorgung

Die deutsche Rohstoffpolitik hat zwei zentrale Ziele (BMUB 2016; BMWi 2012): Zum einen geht es um die Sicherung der Rohstoffversorgung der Bundesrepublik und zum anderen um die Nachhaltigkeit der Rohstoffgewinnung. Für diese Doppelstrategie gibt es verschiedene Gründe. Nachhaltigkeit hat immer drei Dimensionen: Ökonomie, Ökologie und Soziales. Wenn man die Umwelt nicht belasten will, könnte man auf Rohstoffimporte verzichten. Aber dies würde zu Lasten der heimischen Bevölkerung gehen, da ein Rohstoffverzicht auch zum Abbau von Arbeitsplätzen führen würde. Schwerwiegende soziale Folgen könnten sich hieran anschließen. In den Rohstoff-Ländern würden gleichfalls sehr negative wirtschaftliche Folgen auftreten wie es zurzeit aufgrund der stark fallenden Rohstoffpreise in vielen Ländern der Fall ist (DW 2015). Um die Rohstoffversorgung nachhaltig zu gestalten, steht Deutschland vor verschiedenen Herausforderungen, mit denen es umzugehen gilt:

Endlichkeit und Knappheit der Rohstoffe

Wir verbrauchen Rohstoffe in sehr großen Mengen, Rohstoffe sind jedoch nicht unbegrenzt verfügbar und unser Rohstoffkonsum führt dazu, dass die endlichen und beschränkten Reserven aufgebraucht werden. Auch wenn bei zunehmender Knappheit möglicherweise neue Lagerstätten erschlossen werden, ändert dies nichts daran, dass die Rohstoffe endlich sind und ihre Extraktion häufig nur noch zu immer höheren sozialen, ökonomischen und ökologischen Kosten möglich ist. Außerdem sind sowohl der Bedarf als auch die Reserven unterschiedlich verteilt, der Zugriff auf bestehende Reserven z. B. in anderen Ländern ist nicht immer unbedingt möglich und gesichert.

Ökologische Risiken der Rohstoffextraktion

Rohstoffgewinnung und -verarbeitung ist immer mit erheblichen Eingriffen in die Umwelt verbunden, selbst dann, wenn sie nicht im Tagebau sondern im Untertagebau oder mit Fördertechnologien wie in der Öl- und Gaswirtschaft erfolgt. Aus der neueren deutschen und europäischen Geschichte wissen wir, dass die Umweltfolgen erheblich sein können. Beispiele hierfür in Deutschland sind die Wismut-Deponie nahe Zwickau, Braunkohle-Tagebaue in der Lausitz und bei Köln, Kalisalzhalden in Niedersachsen, der Dambruch eines Rotschlammbeckens in Kolontar/Ungarn (2010) oder der Dambruch einer Golderzaufbereitung in Baia-Mare/Rumänien (2000). Darüber hinaus gibt es in vielen Ländern des globalen Südens eine Reihe von sozial-ökologischen Katastrophen, die durch die Rohstoffextraktion verursacht wurden. Die Zerstörung des Niger-Deltas durch Shell oder die Katastrophe in Brasilien als das Rückhaltebeckens einer Erzgrube brach und der austretende Giftschlamm ganze Dörfer begrub und Landstriche und Flussgebiete verseuchte, sind nur einige wenige Beispiele.

Generationengerechtigkeit

Jeder Mensch ist nur eine Generation auf dieser Erde. Ethisch gesehen, hat jede nachfolgende Generation auch einen Anspruch auf gesunde und intakte Ressourcenvorkommen (intergenerationelle Gerechtigkeit; WI 2005). Wir entnehmen jedoch die Rohstoffe in sehr großem Maße, belasten die Umwelt und die Ressourcen unverhältnismäßig. Modellrechnungen zeigen: wir verbrauchen derzeit 1,5 Erden, so stark belasten wir die ökologischen Senken und Ökosysteme oder das Klima (WWF 2016). Das Prinzip der Generationengerechtigkeit - häufig im Kontext von Staatsschulden oder Renten herangezogen - lässt sich auch hier anwenden: wir verursachen Schäden und sammeln Altlasten an, die die kommenden Generationen zu bewältigen haben. Gerechtigkeit bezieht sich jedoch auch auf die gegenwärtig auf der Erde lebenden Generationen (intragenerationelle Gerechtigkeit, WI 2005). Das ernst zu nehmen, bedeutet für die Rohstoffversorgung, dass keine soziale Gruppe

unter dem Konsum einer anderen leiden oder durch sie benachteiligt werden sollte. Leider zeigen die zahlreichen sozialen und politischen Konflikte um Rohstoffe sowie auch die Bedingungen des Abbaus, dass dies noch nicht der Fall ist. Durch die Importe der Industrieländer von Rohstoffen aus dem Globalen Süden wird ein großer Teil der sozialen und ökologischen Kosten in andere Länder ausgelagert und so externalisiert.

Konsequenterweise bekennt sich Deutschland in ProgRes dazu, dass die gesamte Rohstoffversorgung nachhaltig sein muss und benennt verschiedene Bereiche, in denen bereits Maßnahmen ergriffen werden (BMUB 2016):

1. Erhöhung der Effizienz der Lagerstättennutzung und der Nutzung der Rohstoffe
2. Erhöhung der Transparenz in der Wertschöpfungskette
3. Unterstützung einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung in Partnerländern
4. Zielsicherer Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe

2.1. Effizientere Nutzung der Lagerstätten und Rohstoffe

Viele mineralische Rohstoffe und fast alle Erze kommen in nur geringen Konzentrationen in ihren Lagerstätten vor. So liegt die Kupfererzkonzentration heute meist unter 1%, abbauwürdig sind nur Gehalte bis zu 0,4% (DERA 2013:9). Mit anderen Worten: Wenn 1 Tonne Kupfer gewonnen wird fallen 250t Ganggestein an. Mehr noch: Um das Kupfer zu gewinnen müssen große Mengen Deckgestein abgebaut und abgelagert werden. Es stellt sich somit die Frage, wie man Lagerstätten effizient ausbeuten kann. Ein Beispiel hierfür ist das Biomining, bei der mit Bakterien Erze gewonnen werden (Siemens 2014). Es wird beispielsweise für Nickel, Kobalt und Zink in Finnland eingesetzt.

Bei diesen neuen Verfahren gilt es jedoch eine vorrausschauende Technikfolgenabschätzung zu etablieren, die frühzeitig neue Gefahren und Risiken der neuen Technologien erkennt und die Politik ggf. zum regulativen Handeln auffordert. Nicht zuletzt die umstrittene unkonventionelle Gasförderung (auch genannt Fracking, Hydraulic Fracturing) zeigt, dass mit neuen Technologien auch oft neue Risiken einher gehen.

Erhöhung der Recyclingquoten

Ein Wirtschaften in geschlossenen Kreisläufen ist derzeit noch nicht möglich. In einer globalen Wirtschaft gehen viele Ressourcen verloren, da Recycling nicht konsequent durchgeführt wird oder werden kann. Nur 79 Prozent der in Deutschland erzeugten Abfälle wurden im Jahr 2014 verwertet. Davon gingen 69 Prozent in die stoffliche Verwertung, die restlichen 10 Prozent in die energetische Verwertung, d.h. sie wurden verbrannt. So wurden beispielsweise fast 60% der alten Autos in Deutschland exportiert. In 2012 betrug der Export 1,35 Millionen Fahrzeuge, die inländischen Stilllegungen hingegen 3,2 Millionen. Es wurden in 2012 jedoch nur 0,46 Mio. Verwertungsnachweise ausgestellt, d.h. ein großer Teil der Altfahrzeuge wird exportiert (Vortragsmanuskript von C. Hagelücken auf eigener Veranstaltung 2010).

Das Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten von Oktober 2015 (auch kurz „Elektrogesetz“) soll hier Abhilfe schaffen und die Verantwortung der Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten für die Entsorgung weiter fest schreiben umsetzen. Es soll so die Abfallmengen durch Wiederverwendung oder Verwertung verringern und die recyclingquote erhöhen.

„Deutlich stärker als bisher sind die Hersteller - neben Produzenten auch Importeure und Exporteure sowie Vertreiber - von Elektro- und Elektronikgeräten für den gesamten Lebensweg der Geräte verantwortlich. Die Kommunen sind verpflichtet, Elektro- und Elektronik-Altgeräte aus Privathaushalten an Sammelstellen entgegenzunehmen. Dort sind sie von den Herstellern abzuholen und fachgerecht zu entsorgen (...) Die Verbraucherinnen und Verbraucher sind verpflichtet, ihre ausrangierten Elektro- und Elektronikgeräte separat vom

Hausmüll zu entsorgen. Hierzu können sie diese kostenlos bei den kommunalen Sammelstellen abgeben. Alternativ können sie ein Rücknahmesystem der Hersteller oder Verreiber von Elektro- und Elektronikgeräten nutzen. (...)“ (UBA 2015b).

2.2. Erhöhung der Transparenz in der Wertschöpfungskette

Unsere Rohstoffbedarfe haben lange Zeit dazu geführt, dass nicht gefragt wurde, wie und wo die Rohstoffe abgebaut wurden. Erst als Menschenrechtsorganisationen und Umweltinitiativen auf nicht hinnehmbare Situationen aufmerksam machten, änderte sich das Bewusstsein (vgl. BZP o.J.). Beispiele dafür sind der Coltan-Abbau im Kongo, der Warlords finanziert, oder die Blutdiamanten aus Sierra Leone, die zur Finanzierung von Kindersoldaten genutzt wurden (BZP o.J.c). Im Prinzip lässt sich die Herkunft aller Erze leicht bestimmen, aber in einem globalen Rohstoffmarkt werden die verhütteten Erze in Halbzeuge umgearbeitet weltweit vertrieben. Diesen Metallen sieht man die Herkunft nicht mehr an. Eine Transparenz bei der Rohstoffgewinnung ist deshalb eine Voraussetzung für die nachhaltige Nutzung der Rohstoffe, weshalb Initiativen wie die Extractive Industries Transparency Initiative - EITI notwendig sind, die sich speziell auf die Bedingungen des Abbaus von Rohstoffen in Entwicklungsländern konzentriert (BMWi 2012).

Selbstverpflichtungen der Industrie

Mit Selbstverpflichtungen für Unternehmen soll erreicht werden, dass Unternehmen soziale und ökologische Nachhaltigkeit stärker in ihrer Unternehmenspraxis berücksichtigen und ihre Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten danach ausrichten ohne sie Beschränkungen oder Regulierungen zu unterwerfen. Studien, die sich mit den Wertschöpfungsketten im Kupfer oder Kohlebergbau beschäftigen zeigen jedoch, dass freiwillige Selbstverpflichtungen für Unternehmen in der Regel nicht ausreichen, denn viele Unternehmen setzen Standards gar nicht oder nur unzureichend um (Müller 2016: 1). Problematisch ist, dass es in der Regel keinerlei Mechanismen gibt, um Abweichungen und Verstöße zu sanktionieren.

In Deutschland setzt die Bundesregierung mit Progress II zwar ein starkes strategisches Ziel. Doch hier gibt es deutlichen Nachholbedarf. Nach Meinung von Umweltverbänden müsste die Politik noch aktiver werden und stärker auch verbindliche gesetzliche Standards setzen. Denkbar und innovativ wäre es etwa Unternehmen zu verpflichten, über ihre Anstrengungen und Erfolge zur Ressourcenschonung in den Geschäftsberichten zu informieren, um Anleger*innen eine Investition in nachhaltige Unternehmen zu ermöglichen. Außerdem könnten andere Politikstrategien und Programme stärker auf Ressourcenschonung ausgerichtet werden, dies könnte z.B. beinhalten eine Prüfung der High-Tech Strategie, der Rohstoffstrategie, des Programms für nachhaltigen Konsum sowie des Abfallvermeidungsprogramms. Ferner könnten öffentliche Vergabegelder nach Kriterien der Ressourcenschonung verteilt werden (Germanwatch 2016).

2.3. Unterstützung einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung in Partnerländern

Deutschland wird auch in Zukunft Rohstoffe importieren müssen um die Industrieproduktion zu erhalten. Es gilt dabei deshalb, die negativen Folgen der Rohstoffgewinnung in den Herkunftsländern für Umwelt und die Gesellschaft minimal zu halten. Hierbei unterstützt Deutschland gezielt Partnerländer wie Chile, Peru, Kasachstan oder die Mongolei. Mit Chile wurden beispielsweise 2013 die ressourceneffiziente Nutzung von Wasser und Energie sowie die Umsetzung von Umwelt- und Sozialstandards in der Gewinnung und Aufbereitung von Rohstoffen beschlossen (BMUB 2016: 20).

In dem 2014 mit Peru geschlossenen Abkommen zur Rohstoffpartnerschaft sind die Einhaltung von Menschenrechten, der Schutz der indigenen Bevölkerung und die Berücksichtigung von Umwelt- und Sozialstandards wesentliche Elemente des Abkommens (ebd.).

Deutschland unterstützt weiterhin die Exploration nach Rohstoffen, wenn z.B. die Grundsätze und Kriterien der „Extractive Industries Transparency Initiative“ (EITI) eingehalten werden (vgl. BMWi 2015a).

Weitere bekannte internationale Initiativen sind z.B.

- die OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen, bindend und einzufordern auch mittels eines Beschwerdemechanismus,
- die UN-Initiative Global Compact als weltweit größte und wichtigste Initiative für verantwortungsvolle Unternehmensführung,
- die ILO-Kernarbeitsnormen für menschenwürdige Arbeitsbedingungen und das Übereinkommen über indigene Völker in unabhängigen Ländern (ILO 169)

2.4. Exkurs: Biotische Rohstoffe und Nutzung von NaWaRo

Ziel der vermehrten Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist es, dass höherwertige Grundchemikalien und Kunststoffe mit Pflanzen oder Algen hergestellt werden. Diese können helfen, den Erdöleinsatz für die Kunststoffe zu mindern. Ein wichtiges Konzept ist hier die Kaskadennutzung, bei der ein nachwachsender Rohstoff über mehrere Stufen unterschiedlich genutzt wird. Beispielsweise kann ein Bio-Kunststoff als hochwertiger Einrichtungsgegenstand (Stuhllehne), dann als einfaches Kunststoffprodukt (Gartenbank) und abschließend als Brennstoff genutzt werden.

Der Begriff biotische Rohstoffe wird wie folgt definiert: „Rohstoff, der aus Lebewesen (Pflanzen, Tieren) stammt und nicht in einen fossilen Rohstoff umgewandelt wurde. Wird häufig synonym zu nachwachsendem Rohstoff verwendet. In der wissenschaftlichen Definition werden unter „Biomasse“ sämtliche Stoffe organischer Herkunft verstanden, die nicht fossilen Ursprungs sind (Kaltschmitt et al, 2009). Biomasse beinhaltet damit die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere), die daraus resultierenden Rückstände (z.B. tierische Exkrememente), abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z.B. Stroh) sowie im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z.B. Schlachthofabfälle, organischer Hausmüll) (Raschka, 2012).“ (UBA 2016d)

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe insgesamt hat in Deutschland seit 2000 stark zugenommen und Beispiele für nachwachsender Rohstoffe und ihre Nutzungsmöglichkeiten sind zahlreich (siehe Abbildung 12), dazu gehören u.a.

- Bäume und Sträucher, die zu Holzprodukten oder Zellstoff verarbeitet werden,
- Hanf, Flachs und weitere Naturfasern, deren Öl oder Fasern für Zellstoff oder Dämmmaterial genutzt wird,
- Öllein für Lacke und Linoleum als Bodenbelag,
- Samen und Kerne zur Herstellung von Pflanzenölen,
- Pflanzen für die Gewinnung von Farbstoffen oder ätherischen Ölen,
- stärkehaltige Früchte zur Produktion von Papier, Verpackungen oder Textilien.

2.5. Kritik und Grenzen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe²

Vor allem die Industrie- und Schwellenländer benötigen für ihren Konsum und ihren Lebensstil durch verschiedene Nutzungsformen immer mehr Flächen und Böden. Eine wachsende Bevölkerung verlangt nach mehr Nahrung, Energie und Rohstoffen. Durch eine steigende Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen nimmt der Druck auf die Umwelt zu:

„Die Gewinnung, die Weiterverarbeitung der biotischen Rohstoffe und deren Konsum sind häufig mit erheblichen Eingriffen in den Natur- und Wasserhaushalt verbunden. Vielfach ist ein hoher Energie-, Material- und Chemikalieneinsatz notwendig. Die Eingriffe führen zu Bodenerosion sowie zu Emissionen von Schadstoffen in Wasser, Boden und Luft. Um neue Produktionsflächen zu gewinnen, werden Flächen umgewandelt und teilweise ganze Ökosysteme zerstört. Durch die weltweite Vernetzung der Handelsströme für Agrar- und Forstgüter werden die Ursachenketten für die mit der Produktion verbundenen Umweltfolgen ebenfalls global verknüpft. Die großen Umweltprobleme und die Tatsache, dass eine Milliarde Menschen hungern, erfordern daher Lösungsansätze für eine nachhaltigere Produktion, Verwendung und Verteilung der biotischen Rohstoffe.“ (UBA 2016d).

In der Umstellung der Produktions- und Wirtschaftskreisläufe auf die vollständige Nutzung nachwachsender Rohstoffe - auch diskutiert unter dem Stichwort Bioökonomie - liegen große Chancen für eine nachhaltige Wirtschaftsweise für ein post-fossiles Zeitalter. Dabei dürfen jedoch auch möglich sozial-ökologischen Risiken und negativen Effekte zweiter Ordnung nicht übersehen werden, etwa wenn Zielkonflikte entstehen durch die enorm gesteigerte Nachfrage nach Biomasse für die energetische und stoffliche Nutzung einerseits und den Nahrungsmittelanbau andererseits. So ist die Nutzung nachwachsender Rohstoffe also nicht problemlos und konfliktfrei. Insgesamt gibt es bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe verschiedene Vor- und Nachteile, diese werden im Folgenden zusammengefasst:

Vorteile:

- Mit der stofflichen Nutzung von Biomasse werden weniger fossile Rohstoffe für die industrielle Produktion notwendig.
- Es werden biobasierte Strukturen gefördert, also z. B. Bioraffinerien, die Biomasse verarbeiten oder der Aufbau von weiteren Nutzungskaskaden in den Produktionsprozessen etc.
- Degradierete oder aufgrund von Schadstoffbelastung stillgelegte Flächen können gezielt für den Anbau von Biomasse genutzt werden.
- Es entstehen ggf. neue Arbeitsplätze in der Landwirtschaft, insbesondere bei der Nutzung von Bioenergie.
- Regionale Kreisläufe werden durch den Anbau der Biomasse gestärkt.

Nachteile:

- Durch den Anbau von Biomasse für die industrielle Nutzung entsteht eine Flächenkonkurrenz, da die Flächen nicht mehr anderweitig zur Verfügung stehen z. B. für Nahrungsmittelpflanzen oder auch für den Naturschutz.
- Biomasse wird häufig in Monokulturen angebaut, die den Pestizideinsatz begünstigen, mit deutlich negativen Effekten für die Biodiversität.

² Eine längere und detailliertere Beschreibung der Vor- und Nachteile einer industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe findet sich in der Sachstandsanalyse des Gestaltungsaspekts „Das nachwachsende Büro“.

- Durch den niedrigen Preis für fossile Rohstoffe sind die biobasierten Rohstoffe bisher nicht konkurrenzfähig und bedürfen noch der Subventionierung.
- Bisher gibt es keine verbindlichen Nachhaltigkeitsstandard für den Anbau, die Verarbeitung oder den Import von Biomasse.

Trotz der bestehenden Konflikte und Risiken ist es zu erwarten und auch erklärtes politisches Ziel die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in verschiedenen Anwendungsgebieten auszubauen. Einige Beispiel für erfolgreiche Produkt- und Materialentwicklungen gibt es schon. Im weiteren Verlauf werden wir das Nachwachsende Büro als ein Anwendungsbeispiel vorstellen und damit alternative Handlungsoptionen zur Nutzung herkömmlicher Produkte aufzeigen.

2.5.1. Folgen der energetischen Nutzung von NaWaRo am Beispiel Biogas

Die Nachfrage nach Biomasse wächst stetig, in Deutschland nicht zuletzt infolge der Energiewende und der steigenden Bedeutung von Biomasseverstromung. Biogas wurde in den neunziger Jahren fast ausschließlich aus Wirtschaftsdünger oder Abfällen der Speiseproduktion gewonnen (CARMEN o.J.a), damit leistete Biogas einen wichtigen Beitrag zur Abfallminderung.

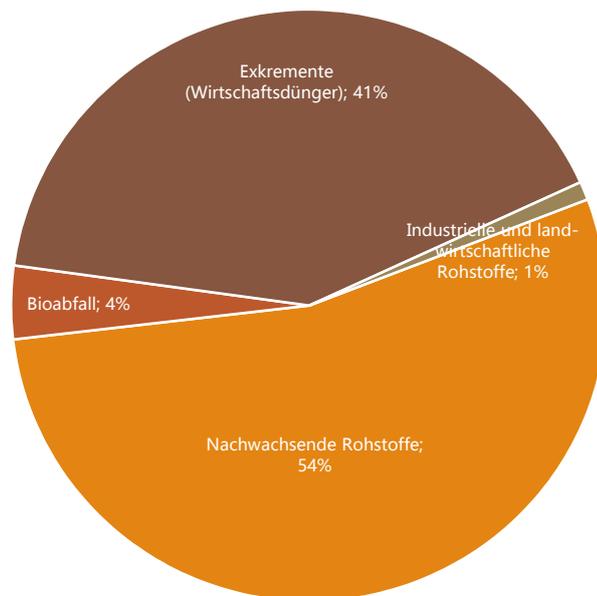
Biogas kann im Prinzip aus allen organischen Substraten gewonnen werden: Abfälle, Gülle, Mist, den Feldfrüchten wie Mais, Getreide oder Zuckerrüben (sogenannte Energiepflanzen), aber auch aus Grünpflanzen Klee und Luzerne, den pflanzlichen Reststoffen und -Restabfällen (Maisstengel, Stroh, Getreide) sowie aus den Abfällen der Speiseproduktion (Fette, Schlachtabfälle). Diese Substrate haben jedoch unterschiedliche Abbauraten und Bedingungen, weshalb „reine“ Substrate nicht verwendet werden, sondern fast immer Mischungen unterschiedlicher Substrate vorliegen.

Mit der verlässlichen Förderung der Biogasproduktion durch das EEG 2004 wandelte sich der Einsatz der Substrate, so dass zunehmend neben Abfallprodukten und Wirtschaftsdünger auch Energiepflanzen angebaut und genutzt wurden und werden. Heute dominieren nachwachsende Rohstoffe, Biogasanlagen nutzen vor allem zunächst nachwachsende Rohstoffe (54%) und dann Wirtschaftsdünger (41%) als Substrat (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: Biogassubsstrate, 2013.

Biogassubstrate Substrateinsatz (2013)

LehrRes
Unterstützung von Bildungsträgern
im Bereich der Ressourceneffizienz



Quelle: Eigene Darstellung nach FNR 2013.

Bei den nachwachsenden Rohstoffen dominiert Maissilage mit 73%. Mais trägt aufgrund des hohen Methanertrages und der einfachen Anbaubarkeit, absolut gesehen somit zu 39% der Biogasproduktion als Substrat (nicht zur Ausbeute) bei. Wirtschaftsdünger hat aufgrund der großen Viehbestände einen geringfügig größeren Anteil von 41% (FNR 2013).

Der Maisanbau für die Biovergasung führte zum Begriff der „Vermaisung“, da in 2015 ca. 2,6 Mio. Hektar Mais angebaut und somit 20% der landwirtschaftlichen Fläche genutzt wurden. Ca. 35% (0,9 Mio. ha) wurden für Biogas genutzt, 65% als Futtermais (FNR 2015). Doch die Nutzung von Flächen zum Anbau von Biomasse in Deutschland führt zu Nutzungskonkurrenzen und Zielkonflikten. Eigens auf fruchtbaren Ackerflächen angebaute Energiepflanzen konkurrieren mit Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie auch mit einer stofflichen Nutzung, etwa für biobasierte Kunststoffe, Verpackungen oder Chemikalien. Diese Nutzungskonkurrenz wurde auch unter dem Stichwort „Tank oder Teller-Debatte“ heftig diskutiert und kritisiert (FAZ 2008; UBA 2016e).

Die Konzentration hin zu einem maximalen Ackerertrag führt zu weiteren Umweltproblemen, da fortan zum größten Teil Mais eingesetzt wurde. Dieser wurde von Monsanto durch Genveränderung gegen Herbizide („Roundup“ mit dem Wirkstoff Glyphosat) resistent gemacht, so dass die Pflanzenschutzmittel alle „Unkräuter“ vernichteten, aber die Pflanze es überlebt. Neben Herbiziden werden auch Insektizide zum Schutz der Pflanzen eingesetzt, dies gilt ebenso für andere Energiepflanzen wie Raps oder Zuckerrüben. Nach Angaben des UBA werden jährlich auf einem Hektar Acker etwa neun Kilogramm Pflanzenschutzmittel

eingesetzt (UBA 2015). Diese schaden der Wasserqualität, vernichten Ökosysteme und bergen gesundheitliche Risiken für Menschen und Tiere.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus dem Ausbringen von Wirtschaftsdünger (Gülle, Festmist) in der konventionellen Landwirtschaft, das eine Quelle für die hochklimaschädlichen Treibhausgase (Methan, Lachgas) darstellt. Deshalb wurden mit den klimapolitischen Instrumenten (Kyoto-Protokoll, Vertrag von Paris) alle Staaten aufgefordert, die Methanemissionen zu mindern. Deutschland konnte seit 1990 die Emission von ca. 4,8 Mio. t auf 2,4 Mio. t halbieren. Dies erfolgte vor allem durch Deponiesanierungen (Abdichtung, Methanabsaugung) sowie Maßnahmen in der Industrie und Gewerbe. 2014 stammten immer noch rund 58 Prozent (%) der gesamten klimaschädlichen Methan Emissionen und 79 % der Lachgas-Emissionen in Deutschland aus der Landwirtschaft (UBA 2016f). Ein wesentlicher Anteil stammt auch aus den Verdauungsprozessen von Kühen. Diese Methanemission muss auch dem Biogas zugerechnet werden, da die Gülle der Kühe auch zur Herstellung von Biogas genutzt wird.

Auch global verändert sich die Landnutzung durch die enorme Steigerung der Nachfrage nach Anbaubiomasse. Neben weiteren Treibern, wie einer steigenden Nachfrage nach tierischen Produkten und entsprechendem hohem Futtermittelbedarf, dem anhaltenden Bedarf an pflanzlichen Fetten wie Palmöl für die Lebensmittel und Kosmetikindustrie, hat auch die chemische Industrie ein wachsendes Interesse an Biomasse als Rohstoff. Alle diese Treiber verändern die Landnutzung in den Ländern des Südens und üben Druck auf den Regenwald aus (Jering et al. 2013).

Das Umweltbundesamt kommt unter anderem deshalb auch zu dem Schluss, dass biotische Rohstoffe in erster Linie stofflich, und erst dann energetisch genutzt werden sollten: *„Biomasse sollte vor der energetischen Nutzung zunächst stofflich - also zur Herstellung von Produkten - genutzt werden. Anstelle des heute vorherrschenden Anbaus von Biomasse zur direkten Umwandlung in Bioenergie sollte daher künftig eine Nutzungskaskade etabliert werden, d.h. erst nach einer Mehrfachnutzung werden die Abfall- und Reststoffe für die Energiegewinnung eingesetzt.“* (UBA 2016c)

3. Bezüge zu Beruf und Alltag

3.1. Berufsschulbezug

Die „Energiewende“ ist seit der Ölkrise in den 70er Jahren und Tschernobyl 1986 ein zentrales Projekt in Deutschland, welches unsere Gesellschaft fundamental verändert hat. Mit der Entwicklung der erneuerbaren Energien, dem Atomausstieg, der Elektromobilität sowie vermehrter Energieeffizienz ist der Weg aufgezeigt, wie Gesellschaft und Wirtschaft nachhaltig leben und wirtschaften können. Die nächste Frage von globaler Bedeutung mit Wirkung in alle Lebens- und Arbeitsbereiche wird die Ressourcenfrage sein und hierbei insbesondere Fragen nach der Nutzung der natürlichen Rohstoffe.

Die Aufgaben der Berufsschule wurden in der Rahmenvereinbarung von 2015 klar definiert (KMK 2015:1): *„Die Berufsschule und die Ausbildungsbetriebe erfüllen in der dualen Berufsausbildung einen gemeinsamen Bildungs- und Erziehungsauftrag (KMK 2015:1). Sie hat die Aufgabe, den Schülerinnen und Schülern den Erwerb berufsbezogener und berufsübergreifender Kompetenzen unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Berufsausbildung zu ermöglichen. Sie befähigt zur Ausübung eines Berufes und zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer, ökonomischer und ökologischer Verantwortung. (...) Die Berufsschule - ermöglicht den Erwerb beruflicher Handlungskompetenz, die fachliche- und personale Kompetenz umfasst. Diese zeigt sich in der Bereitschaft und Befähigung des Einzelnen, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten, (...)“* (KMK 2015:1)

Die Behandlung der natürlichen Ressourcen als ein Thema des Berufsschulunterrichts knüpft unmittelbar an diese Aufgabenstellung an, da er zentrale Fragen des ökologischen Wirtschaftens berührt und unser Wohlstand auf der Ressourcennutzung basiert. Darüber hinaus fordern Fischer und Raschpichler auf der Basis der Didaktik-Kommentierung von Klafki, dass „Allgemeinbildung [...] sich als allseitige Bildung für alle im Medium des Allgemeinen, also bezogen auf zentrale Probleme unserer Zeit beziehen“ müsse (ebd: 2). Unser Ressourcenverbrauch, der, wenn er so anhält, in der Dimension von vier Erden liegt, ist ein klassisches „epochales Schlüsselproblem“ genauso wie Globalisierung oder Klimawandel. Noch ein weiteres Argument spricht für die Behandlung des Themas in der Berufsschule. Alle Handwerksberufe nutzen die natürlichen Ressourcen, viele im großem Umfange die Rohstoffe. Deshalb überscheidet sich das Thema im Unterschied zu vielen anderen Themen auch mit der fachpraktischen Ausbildung.

3.2. Alltagsbezug

Ressourcen und hierbei vor allem die natürlichen Rohstoffe werden in Medienform (Wasser, Fläche, Luft) und in Produktform von allen Menschen genutzt. Für die Medien Wasser und Fläche fehlt uns ein Bewusstsein, da Fläche außerhalb der Wohnung oder des Grundstücks eines Hauses als Allgemeingut genutzt werden kann und deshalb einfach nur unbewusst genutzt wird. Der Wasserverbrauch kann jedoch genau wie der Energieverbrauch anhand der eigenen Wasserrechnung bestimmt werden. Auch die natürlichen Rohstoffe in Form von Produkten sind zwar sicht- und gewichtsmäßig fühlbar, aber wie viel von allem jeder Einzelne hat ist uns kaum bewusst. Noch weniger wissen wir um die Ressourcenkette, die zur Herstellung der Produkte notwendig ist. Die alltäglichen Konsumprodukte oder die Arbeitsumgebung der Auszubildenden bilden deshalb den idealen Rahmen um sich dem Thema anzunähern. Jede Auszubildende besitzt ein Smartphone, Sneakers, fast alle einen Computer oder andere IKT-Geräte, einen Schreibtisch, Möbel und vielfältige Kleidung. In einer Unterrichtseinheit kann deshalb auch die Lebenswirklichkeit der Auszubildenden unmittelbar einfließen.

4. Methodische Ansätze für weitere Ausarbeitung einer Unterrichtsreihe

Thema 1: Rohstoffversorgung - was wissen wir eigentlich über die Rohstoffe, die wir nutzen?

Methoden: World Cafe, Postererstellung, Textarbeit

Material: ProgRes I und II (BMUB 2016), Herausarbeiten von Definitionen, Systematiken und Zusammenhängen

Thema 2: Folgen des Rohstoffkonsums in Deutschland

Methode I: Exkursion in der Region, (Kiessee, Steinbruch, Tagebau) Interviews mit der Verwaltung

Methode II: Textarbeit, Referate, Diskussion

Thema 3: Rohstoffkonsum global

Methode: Textarbeit, Diskussion

Material I: Dossier der Bundeszentrale für Politische Bildung (BPB) „Bergbau in Lateinamerika“

„Lateinamerika hat sich zu einem wahren Eldorado für Bergbau-Investitionen entwickelt. Betrug der Anteil an den globalen Investitionen in diesem Sektor Anfang der 90er Jahre noch 12%, so ist er heute auf 35% gestiegen (Quelle: »conflictosmineros.net«). Entsprechend sind in Lateinamerika die Mineralienexporte stark gestiegen. Als problematisch erweisen sich dabei der offene Tagebau und die Anwendung chemischer Gewinnungsmethoden.

So wird im Goldabbau zum Beispiel Blausäuresalz (Zyanid) eingesetzt. Die in den 90er Jahren abgeschlossenen Verträge berücksichtigen weder die Umweltproblematik noch die sozialen Belange der in der Minenregion ansässigen Bevölkerung. Die Bergbauindustrie in Lateinamerika wird daher zunehmend zu einer sozialen und umweltpolitischen Zeitbombe. (...)

<http://www.bpb.de/internationales/amerika/lateinamerika/44924/bergbau-in-lateinamerika?p=all>

Film: Was ist eigentlich Extraktivismus? <https://www.boell.de/de/dossier-neo-extraktivismus-lateinamerika>

Material II: Fact Sheet „Blutige Kohle, gesprengte Berge und giftiges Wasser - Folgen der Berliner Steinkohlenutzung in aller Welt“

„Vergiftetes Wasser, bedrohte Völker, tote Gewerkschafter und weggesprengte Bergkuppen - all das sind Folgen des Steinkohleabbaus in Ländern wie Russland, Kolumbien, den USA oder Südafrika. Und damit in Ländern aus denen auch Deutschland Steinkohle importiert. In Berlin werden die von Vattenfall betriebenen Steinkohlekraftwerke Reuter, Reuter West und Moabit mit importierter Kohle befeuert. Von der Berliner Politik fordern wir deshalb nicht nur aus Gründen des Klimaschutzes die Stilllegung der Berliner Kohlekraftwerke bis zum Jahr 2020. (...)

https://power-shift.de/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/PowerShift_Fact-Sheet_Folgen-der-Berliner-Steinkohlenutzung-in-aller-Welt.pdf

Thema 4: Politische Initiativen für eine nachhaltige Rohstoffversorgung

Methode: Textarbeit, Analyse und Diskussion

Material I: Deutsche Rohstoffstrategie, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Rohstoffe-und-Ressourcen/rohstoffpolitik.html>

Material II: Informationen des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) zur „Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft (EITI)“ <http://www.bmz.de/de/themen/rohstoffe/initiativen/eiti/index.html>

Material III: Heidi Feldt (2012): Die Deutsche Rohstoffstrategie. Eine Bestandsaufnahme. Heinrich Böll-Stiftung, Berlin.
https://www.boell.de/sites/default/files/txt_120628_dt_rohstoffstrategiev100.pdf

Material IV: Tobias Lambert (2010): Die Rohstoffstrategien der EU und Deutschlands gehen auf Kosten des globalen Südens, in: Der Neue Extraktivismus - Eine Debatte über die Grenzen des Rohstoffmodells in Lateinamerika, FDCL e.V. und Rosa-Luxemburg-Stiftung, Berlin, 128-143.
https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Ausland/Lateinamerika/Der_Neue_Extraktivismus_web.pdf

4.1. Weiterführende Informationen

Ressourcen und Krisen: Bundeszentrale für politische Bildung. Online:
<http://sicherheitspolitik.bpb.de/>

Mineralische Rohstoffe: Bundesanstalt für Geowissenschaften. Online:
http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Rohstoffverfuegbarkeit/rohstoffverfuegbarkeit_node.html

Nutzung und Gewinnung natürlicher Rohstoffe: Wertvolle-Erde.de: Online: <http://www.wertvolle-erde.de/>

Rohstoffpolitik: BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Online:
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Rohstoffe-und-Ressourcen/rohstoffpolitik.html>

5. Literatur und Quellen

BGR 2015: Deutschland - Rohstoffsituation 2014. Hannover.

BGR 2016: Deutschland - Rohstoffsituation 2015. Hannover.

BGR o.J.: Mineralische Rohstoffe. Online:

http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/min_rohstoffe_node.html

BMUB 2016: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin. <http://www.bmub.bund.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm>

BMWi 2012: Die Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Online:

<http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/rohstoffstrategie-der-bundesregierung>

BMWi 2015a: Transparenz in der rohstoffgewinnenden Industrie. Online:

<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Rohstoffe-und-Ressourcen/gewinnung-heimischer-rohstoffe,did=644772.html>

Bundeszentrale für politische Bildung o.J.a: Rohstoffe und Konflikte. Online:

<http://sicherheitspolitik.bpb.de/rohstoffe-und-konflikte>

Bundeszentrale für politische Bildung o.J.b: Fallstudie Demokratische Republik Kongo:

Rohstoffreichtum, Armut und Konflikte. Online: <http://sicherheitspolitik.bpb.de/rohstoffe-und-konflikte/hintergrundtexte-m4/fallstudie-demokratische-republik-kongo-rohstoffreichtum-armut-und-konflikte>

Bundeszentrale für politische Bildung o.J.c: Konfliktrohstoff Diamanten.

<http://sicherheitspolitik.bpb.de/rohstoffe-und-konflikte/hintergrundtexte-m4/konfliktrohstoff-diamanten>

Butler, Rhett: Tagebau in Bolivien im Regenwald. Online:

http://travel.mongabay.com/pix/peru/aerial-rainforest-Flight_1022_1528.html

C.A.R.M.E.N. e.V. (2004): Hintergrund Nachwachsende Rohstoffe, Centrales Agrar-, Rohstoff-, Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V. Online: www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/nawaros.html#1.

DERA 2013: Rohstoffinformation Kupfer. Online: http://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-16.pdf?__blob=publicationFile&v=7

Destatis 2015: Anteil der Industrie am BIP seit 20 Jahren nahe-zu konstant. Online:

https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/04/PD15_124_811.html

Deutsche Welle 2011: Biodiesel-Boom bedroht Indonesiens Natur. Online:

<http://www.dw.com/de/biodiesel-boom-bedroht-indonesiens-natur/a-14859626>

Deutsche Welle 2015: Fallende Rohstoffpreise treffen Afrika. Online:

<http://www.dw.com/de/fallende-rohstoffpreise-treffen-afrika/a-18045156>

Fischer, Daniel; Raschpichler, Nadine (2012): Nachhaltiger Konsum - (k)ein Thema für die

Berufsbildenden Schule. Online. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-409498>

FNR Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe 2013: Leitfaden Biogas. Online:

https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/l/e/leitfadenbiogas2014_web.pdf

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015); Online:

<https://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken/anbaufache-fur-nachwachsende-rohstoffe.html>

- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2008): Deutschland „vermaist“, Online:
<http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/tank-oder-teller-deutschland-vermaist-11860119.html>
- Germanwatch 2016: ProgRes II - mit Sicherheit über die planetarischen Grenzen hinaus. Ein Gastkommentar von Johanna Sydow (Germanwatch) und Benjamin Bongardt (Nabu) zum neuen Ressourceneffizienzprogramm ProgRes II der Bundesregierung, März 2016. Online
<https://germanwatch.org/de/12044>.
- Jering, Almut; Anne Klatt, Jan Seven, Knut Ehlers, Jens Günther, Andreas Ostermeier, Lars Mönch (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Umweltbundesamt: Dessau Roßlau.
- KMK 2015: Rahmenvereinbarung über die Berufsschule (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2015). Online:
http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-RV-Berufsschule.pdf
- Langer, Marko (2007): Der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Sachsen- Anhalt und Thüringen, VDM Verlag Dr. Müller.
- Misereor 2016: Konfliktrohstoffe und Coltananbau im Kongo. Online
<https://blog.misereor.de/2016/01/21/vincent-neussl-im-interview-ueber-konfliktrohstoffe-und-den-koltanabbau-in-der-demokratischen-republik-kongo/>
- Müller, Melanie (2017): Deutsche Kupferimporte: Menschenrechtsverletzungen, Unternehmensverantwortung und Transparenz entlang der Lieferkette. GLOCON Policy Paper, Nr. 1, Berlin, 2017. Online http://www.land-conflicts.fu-berlin.de/_media_design/glocon_policy_paper_1.pdf
- NTV 2011: Nachwachsende Rohstoffe im Auto - Leichter und stabiler. Online <http://www.ntv.de/auto/Leichter-und-stabiler-article2330506.html>
- Power Shift e.V. 2015: Kohle und Tagebaue. Fact Sheet. Berlin. Online
http://www.robinwood.de/fileadmin/Redaktion/Bilder/Energie/Kohle/Factsheets_Kohle/Langfassungen/Kohle_und_Tagebaue_ROBINWOOD_Langfassung_08-2015.pdf
- SERI Sustainable Europe Research Institute 2012. zitiert nach Ecosense (2012); Herausforderung Ressourceneffizienz, S. 9.
- Siemens 2014: Die kleinsten Kumpels der Welt.
<http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/forschung-und-management/materialforschung-und-rohstoffe-energiesparer-bakterien.html>
- Strom-Report o.J.: AUSBAU DER WINDENERGIE 2010 - 2015. <http://strom-report.de/windenergie/#windenergie-entwicklung-2015>.
- Umweltbundesamt 2016: Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2016. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt 2015: Pflanzenschutzmittel. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/pflanzenschutzmittel>
- Umweltbundesamt 2015b: Elektro- und Elektronikgerätegesetz. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/elektroaltgeraete/elektro-elektronikgeraetegesetz>
- Umweltbundesamt 2016c: Nachhaltige Nutzung biotischer Rohstoffe. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-nutzung-biotischer-rohstoffe>
- Umweltbundesamt 2016e: Bioenergie. Ein weites und komplexes Feld. Online:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#textpart-2>

- Umweltbundesamt 2016f: Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>
- VDI Zentrum für Ressourceneffizienz 2014: Mobilität von morgen ? Nachhaltige und ressourceneffiziente Werkstoffe für den Leichtbau. Online: <http://www.ressource-deutschland.de/news/presse/einzelansicht/artikel/mobilitaet-von-morgen-nachhaltige-und-ressourceneffiziente-werkstoffe-fuer-den-leichtbau/>
- Wertvolle Erde o.J.: Hauptlieferanten wertvoller Rohstoffe. Online: http://www.wertvolle-erde.de/images/Importe_bg.jpg
- Wikipedia o.J.a: Baia-Mare-Dammbruch. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Baia-Mare-Dammbruch>
- Wikipedia o.J.b: Kolontár-Dammbruch. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kolont%C3%A1r-Dammbruch>.
- Wuppertal Institut (Hrsg.) 2005: Fair Future. Ein Report des Wuppertal Instituts. Begrenzte Ressourcen und globale Gerechtigkeit (Autoren: Wolfgang Sachs, Tilman Santarius u.a.). München.
- WWF 2016: World Wide Fund For Nature (WWF), Living Planet Report 2016. Online: <http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-LivingPlanetReport-2016-Kurzfassung.pdf>