

Die Nutzung natürlicher Ressourcen

Bericht für Deutschland 2016



Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt

Fachgebiet I 1.1 „Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressourcenschonung“

Postfach 14 06

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

info@umweltbundesamt.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 @mweltbundesamt

Autor/innen:

Wirtschaftsuniversität Wien (WU) – Institute for Ecological Economics:

Stephan Lutter, Stefan Giljum, Mirko Lieber

Umweltbundesamt (UBA):

Christopher Manstein

Lektorat:

Stella Haller

Gestaltung:

Gerda Palmethofer

Bildquellen:

Cover: © Federico Gambarini

Seite 3: © Photostudio D29

Seite 12/13, 24/25, 34/35, 44/45, 56/57: © istockphotos.com

Broschüren bestellen:

Umweltbundesamt

c/o GVP

Postfach 30 03 61, 53183 Bonn

Service-Telefon: 0340 2103-6688

Service-Fax: 0340 2104-6688

E-Mail: uba@broschuerenversand.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

Publikation als pdf:

www.umweltbundesamt.de/Ressourcenbericht2016

Stand: September 2016

ISSN 2363-832X

Die Nutzung natürlicher Ressourcen

Bericht für Deutschland 2016

Vorwort



Maria Krautzberger
Präsidentin des Umweltbundesamtes

Liebe Leserin, lieber Leser!

Wir Menschen verbrauchen immer mehr natürliche Ressourcen. Angetrieben durch die weltweit steigenden Bevölkerungszahlen und die zunehmende Wirtschaftsleistung werden immer mehr mineralische Rohstoffe abgebaut, fossile Energieträger gefördert und die landwirtschaftliche Produktion ausgeweitet.

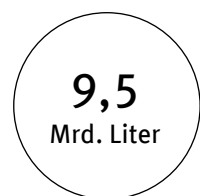
Das hat bedeutende ökologische Folgen, wie die Zerstörung von Ökosystemen und Lebensräumen oder die Verschmutzung von Luft, Wasser und Böden. Außerdem steigt die Abhängigkeit vieler Industrieländer von Ressourcen aus anderen Weltregionen, und die internationale Konkurrenz um knapper werdende Ressourcen nimmt zu.

Aus diesem Grund hat das Thema Ressourcenschonung in den vergangenen Jahren deutlich an wirtschaftlicher und politischer Bedeutung gewonnen, was nicht zuletzt zur Verabschiedung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess) und seiner Fortschreibung im März 2016 durch das Bundeskabinett geführt hat.

Mit dem Bericht „Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Bericht für Deutschland 2016“ beleuchtet das Umweltbundesamt (UBA) die aktuelle Situation der Ressourcennutzung in Deutschland. Der Fokus des Berichts liegt dabei auf nachwachsenden sowie nicht-nachwachsenden Rohstoffen. Der inhaltliche Bogen wird von der Rohstoffentnahme über den Rohstoffhandel, zur Verwendung von Rohstoffen in der deutschen Wirtschaft bis hin zum Rohstoffkonsum gespannt. Weitere Ressourcen wie Wasser, Fläche oder strömende Ressourcen werden in einem separaten Kapitel behandelt. Um ein vollständiges Bild des Rohstoffbedarfs Deutschlands zu zeichnen, werden auch die Abhängigkeit von direkten und indirekten Rohstoffimporten sowie die Implikationen für die Versorgungssicherheit betrachtet.

Der neue UBA-Ressourcenbericht richtet sich an alle, die sich für die „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ interessieren – an Fachleute und Nicht-Fachleute. Der Bericht dient der umweltpolitischen Information und Sensibilisierung und ist ein Nachschlagewerk für alle relevanten Zielgruppen und Multiplikatoren in diesem Themenfeld. „Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Bericht für Deutschland 2016“ ist Ergebnis eines UBA-Forschungsvorhabens, das die Zusammenhänge zwischen Ressourcennutzung, Ressourcenbedarf sowie wirtschaftlicher Entwicklung und Konsum für Deutschland untersucht. Ein zweiter Bericht mit neuen Themenschwerpunkten ist für 2018 geplant.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.



Bierproduktion
2014



Fleischkonsum
2014



Absatz von Büchern
2014



Flugbewegungen
2015

Deutschlands Konsum basiert



Fossile
Energieträger



Biomasse



147.304

Genehmigungen zur
Errichtung neuer Gebäude
2015



3,2
Millionen

Neuzulassungen
Pkw
2015



20,4
Millionen

Verkaufte Computer
2014



24,1
Millionen

Verkaufte
Smartphones
2014

auf natürlichen Ressourcen

602
Mio. Tonnen

Mineralien



25
Mio. Tonnen

Metallerze



Die Inhalte im Überblick

Kennzahlen	➤ 8
Methodische Grundlagen	➤ 10
Glossar	➤ 66
Datentabellen	➤ 68
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	➤ 77
Quellenverzeichnis	➤ 78



Die nationale Perspektive: Inländische Rohstoffentnahme

➤ 12

Inländische Entnahme: Nicht-nachwachsende Rohstoffe	➤ 14
Inländische Entnahme: Nachwachsende Rohstoffe	➤ 16
Trends der Rohstoffentnahme	➤ 18
Rohstoffentnahme der Bundesländer	➤ 20
Ungenutzte Materialentnahme	➤ 22



Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am Rohstoffhandel

➤ 24

Direkte Importe und Exporte	➤ 26
Indirekte Import- und Exportflüsse	➤ 28
Abhängigkeit vom Rohstoffimport	➤ 30
Die geografische Herkunft der Rohstoffe	➤ 32



Die Rolle der Wirtschaft: Wertschöpfung aus Rohstoffen

34

- Rohstoffkonsum nach Wirtschaftssektoren
- Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung
- Wirtschaftliche Effizienzpotenziale
- Recycling als alternative Rohstoffquelle

- 36
- 38
- 40
- 42



Die Nachfrage-Seite: Rohstoffe für den Konsum

44

- Rohstoffkonsum in Deutschland
- Rohstoffkonsum: Von der inländischen zur globalen Perspektive
- Zusammensetzung und Trends der Endnachfrage
- Öffentlicher Konsum
- Privater Konsum

- 46
- 48
- 50
- 52
- 54



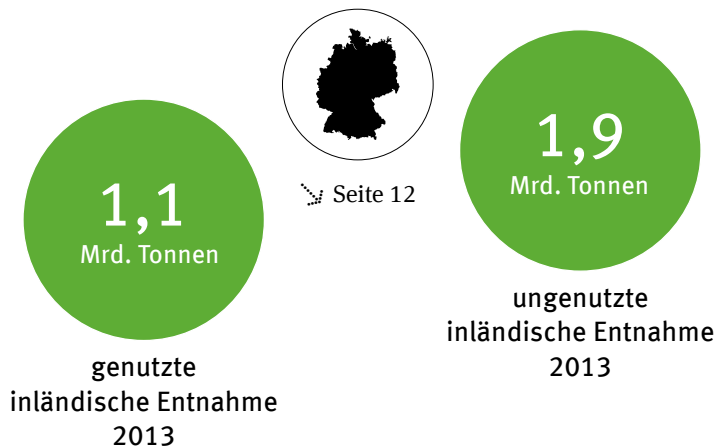
Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick

56

- Wasser
- Fläche
- Strömende Ressourcen
- Umwelt als Senke: Eine weitere natürliche Ressource

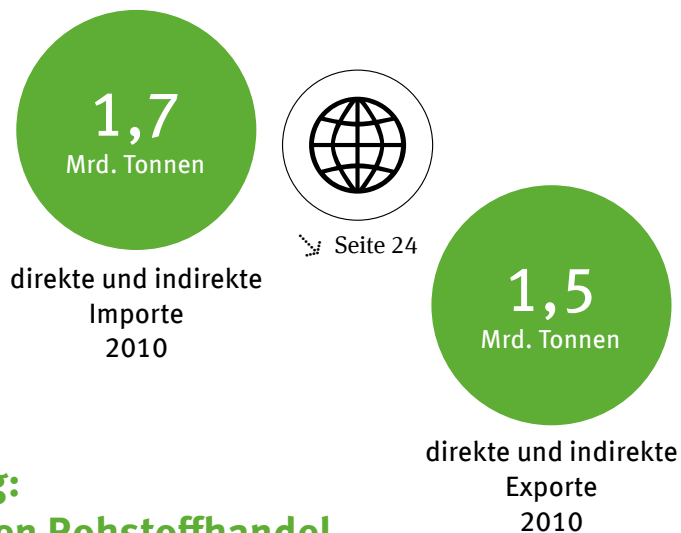
- 58
- 60
- 62
- 64

Kennzahlen



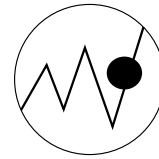
Die nationale Perspektive: Inländische Rohstoffentnahme

Jede Sekunde werden in Deutschland 34 Tonnen an erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Rohstoffen abgebaut oder geerntet und im Wirtschaftssystem und verarbeitet und verwertet. Die inländische Entnahme beträgt somit mehr als eine Milliarde Tonnen pro Jahr, wobei der Trend insgesamt leicht rückläufig ist. Beim Abbau oder der Ernte dieser Rohstoffe werden auch große Materialmengen bewegt, die nicht wirtschaftlich genutzt werden, aber mit Umweltwirkungen verbunden sind – die sogenannte ungenutzte Entnahme.



Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel

Jährlich wird etwa eine Milliarde Tonnen an Gütern nach Deutschland eingeführt oder in andere Länder exportiert. Zusätzlich zu diesen „direkten Handelsflüssen“ sind ökologisch auch die „indirekten Flüsse“ von großer Bedeutung. Es handelt sich um jene Rohstoffe, die entlang der Wertschöpfungskette außerhalb Deutschlands notwendig waren, um die gehandelten Güter zu produzieren. Bei manchen Rohstoffen, etwa bei Metallen, zeigt sich für Deutschland eine hohe Importabhängigkeit, die sich auf die Versorgungssicherheit auswirken kann.



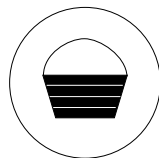
Seite 34

Die Rolle der Wirtschaft: Wertschöpfung aus Rohstoffen

Die Rohstoffintensität, d. h. die Rohstoffmenge pro verdientem Euro, variiert stark zwischen den einzelnen Wirtschaftssektoren in Deutschland. Am höchsten ist sie in der Landwirtschaft, am niedrigsten im Sektor Vertrieb und Einzelhandel. Aus ökologischer wie auch aus ökonomischer Sicht muss es Ziel sein, die Wirtschaftsentwicklung vom Rohstoffverbrauch und den damit zusammenhängenden Umweltauswirkungen zu entkoppeln. Eine der wichtigsten Strategien hierfür ist die Steigerung der Rohstoffproduktivität der deutschen Wirtschaft.



**Gesamtrohstoff-
produktivität
2010**



Seite 44



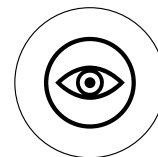
**Pro-Kopf-
Rohstoffkonsum
2011**

Die Nachfrage-Seite: Rohstoffe für den Konsum

Ein Großteil des volkswirtschaftlichen Rohstoffbedarfs entfällt auf die Erfüllung privater Konsumbedürfnisse. Diese machen etwa die Hälfte der gesamten Endnachfrage nach Rohstoffen aus. Die Bedürfnisfelder Wohnen und Ernährung tragen dazu am stärksten bei. Der Konsum hat auch eine globale Dimension. Denn zur Befriedigung der Konsumbedürfnisse werden mehr Rohstoffe benötigt, als innerhalb Deutschlands abgebaut oder geerntet werden.

Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick

In Deutschland werden neben Rohstoffen auch andere natürliche Ressourcen genutzt – und häufig stehen diese miteinander in enger Beziehung. Neben Rohstoffen wie Mineralien, Biomasse und fossilen Energieträgern bilden besonders Wasser und Fläche wichtige Grundlagen für die Wirtschaft. Vermehrt werden in Deutschland auch strömende natürliche Ressourcen wie Wind- oder Sonnenenergie genutzt.



Seite 56



**täglicher Wasserfußabdruck
pro Kopf
2013**

Datenquellen: Seite 80

Methodische Grundlagen

Was sind natürliche Ressourcen?

Zu den natürlichen Ressourcen zählen alle Bestandteile der Natur. Dazu gehören nachwachsende (biotische) und nicht-nachwachsende (abiotische) Rohstoffe, der physische Raum, die Fläche/Land, die Umweltmedien, also Wasser, Boden und Luft, die strömenden Ressourcen wie etwa Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie sowie alle lebenden Organismen.

Auf welche Aspekte fokussiert der vorliegende Bericht?

Dieser Bericht widmet sich der Betrachtung und Analyse von Daten zur Entnahme von Rohstoffen und ungenutztem Material aus der Umwelt und der anschließenden Nutzung dieser im Wirtschaftssystem; also deren Verarbeitung, deren Handel und deren Bedeutung für die Endnachfrage in Deutschland. Der Fokus liegt dabei auf Rohstoffen wie Biomasse, fossile Energieträger, Mineralien oder Metallerzen. Auf die Nutzung anderer natürlicher Ressourcen wie Wasser oder Fläche wird in einem eigenen Kapitel eingegangen.

Wie werden Rohstoffe gewonnen?

Rohstoffe werden einerseits der natürlichen Umwelt als Primärrohstoffe entnommen. Beispielsweise wird Getreide geerntet, Sand, Schotter oder Kohle werden in Gruben abgebaut und Öl oder Gas wird aus Lagerstätten gefördert. Andererseits können Rohstoffe auch als Sekundärrohstoffe aus bestehenden Produkten durch Recycling gewonnen werden. Dadurch verringert sich der Bedarf an Primärrohstoffen, was den Druck auf die natürlichen Systeme reduziert.

Woher wissen wir, wie viele Rohstoffe der Umwelt entnommen werden?

In Deutschland erfolgt die Erhebung der Daten zur Rohstoffnutzung durch das Statistische Bundesamt (Destatis) im Rahmen der sogenannten Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) – analog zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR), welche die Geldströme einer Wirtschaft abbildet. Daten zur Rohstoffnutzung werden von Destatis in unterschiedlichem Detailgrad – bis zu 35 Rohstoffgruppen – veröffentlicht. Die derzeit aktuellsten Daten der UGR liegen für das Jahr 2013 vor.

Woher wissen wir, wie diese Rohstoffe verwendet werden?

Das Statistische Bundesamt erstellt sogenannte Input-Output-Tabellen. Diese bilden in monetären Werten (also in Euro) die wirtschaftliche Verflechtung von Produktion und

Konsum sehr detailliert ab. Dadurch lässt sich verfolgen, welche Wirtschaftssektoren untereinander Produkte austauschen und welche Rolle die Endnachfrage spielt. Die entnommenen Rohstoffe, die in physischen Einheiten (also Tonnen) abgebildet sind, werden dann jenen Sektoren zugewiesen, die für deren Entnahme verantwortlich sind – also Mineralien dem Bergbausektor, Nadelholz der Forstwirtschaft, etc. Über die monetäre Wirtschaftsverflechtung können dann Rohstoffinputs verschiedenen Lieferketten sowie der Endnachfrage zugeordnet werden. Durch die Verwendung monetärer Daten zur Abbildung von physischen Rohstoffflüssen können Ungenauigkeiten in den Abschätzungen auftreten. Deshalb werden vermehrt „Mischformen“ von Input-Output-Tabellen verwendet, in denen monetäre Größen teilweise durch physische ersetzt werden.

Wozu dient die Auswertung von Daten zur Rohstoffnutzung?

Rohstoffe sind eine wichtige Grundlage für das Funktionieren unserer Wirtschaft und die Befriedigung unserer Bedürfnisse. Dabei sind die nicht-erneuerbaren Rohstoffvorkommen der Erde begrenzt. Auch sind mit der Gewinnung von Rohstoffen vielseitige negative ökologische Folgen verbunden. Daher gewann die Entwicklung von robusten Indikatoren zur Interpretation der Rohstoffnutzung in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Ziel ist ein besseres Verständnis, welche Rohstoffe in welchen Mengen für wirtschaftliche Aktivitäten benötigt werden und woher diese stammen. Die Auswertung der Daten und die Interpretation ihrer Indikatoren ist für drei Bereiche besonders relevant: (1) für die wissenschaftliche Politikberatung und die Entwicklung von konkreten Politikmaßnahmen, (2) für ein ökonomisch und ökologisch nachhaltiges Rohstoffmanagement sowie (3) für die Ermittlung neuen Forschungsbedarfs.

Indirekte Rohstoffnutzung: Wie wird der internationale Handel berücksichtigt?

Zur umfassenden Darstellung und Analyse der Rohstoffnutzung in Deutschland ist es notwendig, nicht nur die innerhalb Deutschlands entnommenen Rohstoffe zu betrachten. Es müssen somit auch jene Rohstoffe einbezogen werden, die entlang internationaler Handels- und Produktionsketten entnommen und verwendet wurden, um letztlich in Deutschland konsumierte Produkte herzustellen. In den letzten zehn Jahren wurden verschiedene methodische Ansätze entwickelt, um den Materialbedarf auf nationaler Ebene zu berechnen. Diese umfassen einerseits Modelle, die auf volkswirtschaftlichen und branchenspezifischen Daten beruhen, wie die sogenannte Input-Output-Analyse. Eine zweite Methode basiert auf der Nutzung von Daten aus Lebenszyklusanalysen (Life Cycle Assessment, LCA) auf

Produktebene. Der dritte Ansatz, auch „hybride“ Methode genannt, verbindet Informationen aus der LCA mit den Input-Output-Modellen eines Landes. Die verschiedenen Modelle haben unterschiedliche Vor- und Nachteile und führen auch zu unterschiedlichen Ergebnissen. Auf internationaler Ebene laufen derzeit mehrere Initiativen, um eine stärkere Harmonisierung zu erreichen. Ein wichtiger Indikator zur Quantifizierung der Summe aus direkten und in-irekten Rohstoffflüssen für den deutschen Endverbrauch ist der „Rohstoffbedarf für inländischen Konsum und Importationen“ oder RMC (Raw Material Consumption). Im vorliegenden Bericht wird dafür der Begriff „Rohstoffkonsum“ verwendet.

Welche Datenquellen werden für die indirekte Rohstoffnutzung verwendet?

In diesem Bericht werden Daten zu indirekten Rohstoffflüssen aus zwei Quellen verwendet. Erstens von Destatis, welche den Rohstoffkonsum für Deutschland auf Basis eines hybriden Input-Output-Modells berechnet. Ergebnisse dieses Modells liegen derzeit für den Zeitraum von 2000–2011 beziehungsweise teilweise nur für das Jahr 2010 vor. Zweitens werden die Ergebnisse eigener, für diesen Bericht durchgeführter Berechnungen mit Exiobase, einem globalen Input-Output-Modell, verwendet (www.exiobase.eu; Tukker et al., 2013). Exiobase wurde im Rahmen von europäischen Forschungsprojekten entwickelt und zeichnet sich durch eine sehr hohe Komplexität aus. Das Modell unterscheidet 200 Produktgruppen, 49 Länder und Ländergruppen und liefert derzeit Daten für eine Zeitreihe von 1995–2011.

Einerseits sind die Zahlen von Destatis insbesondere hinsichtlich der inländischen Produktionsverflechtungen als robuster einzuschätzen, da sie auf sehr detaillierten Aufkommens- und Verwendungstabellen für Deutschland basieren. Andererseits ermöglicht die Nutzung von Exiobase komplementäre Analysen, welche auf Basis der verfügbaren Daten von Destatis nicht durchführbar wären. Dazu zählen etwa Betrachtungen der geografischen Herkunft importierter Rohstoffe oder Analysen einzelner Kategorien der Endnachfrage in Deutschland, wie etwa dem privaten oder dem öffentlichen Konsum.

Welches Basisjahr wird im Bericht verwendet?

In diesem Bericht werden im Bereich der genutzten und ungenutzten Materialentnahme sowie des direkten Handels Daten aus der aktuellsten Version der Umweltgesamtrechnung von Destatis verwendet. Das aktuellste verfügbare Jahr ist hier 2013. Berechnungen von Destatis zu indirekten Rohstoffflüssen liegen jedoch nur bis zum Jahr 2010 bzw. 2011 vor. Auch beim internationalen Vergleich von indirekten Rohstoffflüssen, für den das Modell Exiobase verwendet wird, ist 2011 das aktuellste verfügbare Jahr.

Wie verlässlich sind die verwendeten Daten?

Von nationalen statistischen Ämtern veröffentlichte Daten genießen generell hohes Vertrauen bezüglich ihrer Qualität – dies gilt für die Daten der VGR wie der UGR (siehe oben). Um die heimische Rohstoffentnahme sowie die physischen Handelsströme abzubilden, hat sich international die Methode der Materialflussanalyse (MFA) etabliert und wurde durch die Veröffentlichung von Handbüchern durch das Europäische Statistische Amt über die Jahre harmonisiert. Bemerkenswert ist der hohe Detailgrad der Daten zur Rohstoffnutzung in den einzelnen deutschen Bundesländern, die von den Statistischen Ämtern der Länder gesammelt und zur Verfügung gestellt werden. Kommen Berechnungsmodelle ins Spiel, steigt auch die Ungenauigkeit der Ergebnisse. Die hier verwendeten Daten stammen jedoch aus den besten aktuell verfügbaren Modellen und bilden die (internationalen) Zusammenhänge zuverlässig ab.

Wie wird das Thema der Rohstoffknappheit berücksichtigt?

Rohstoffknappheiten sind zu einem viel diskutierten Thema in der Rohstoffpolitik und -wirtschaft avanciert. Diese resultieren weniger aus der absehbaren globalen Erschöpfung von Rohstoffen, sondern aus einem Zusammenspiel aus geologischen, technischen, strukturellen sowie geopolitischen, sozioökonomischen und ökologischen Versorgungsfaktoren mit einer Akteurs-spezifischen Bedarfssituation – im Falle des vorliegenden Berichts der Bundesrepublik. Anhand von so genannten Kritikalitätsanalysen werden relative Knappheiten ermittelt, die auftreten, wenn die Rohstoffnachfrage zeitlich, räumlich und organisatorisch nicht durch das Rohstoffangebot befriedigt werden kann. Dabei werden Bedeutung und Anpassungsfähigkeit (Vulnerabilität), z. B. durch Substitutionen im Falle einer Rohstoff-Versorgungsunterbrechung untersucht. Auf europäischer Ebene wird regelmäßig eine Liste kritischer Rohstoffe für die europäische Wirtschaft ermittelt (Europäische Kommission, 2014).

In Deutschland wurde im VDI Richtlinienwerk 4800 eine umfangreiche und gut dokumentierte Bewertungsmethode der Rohstoffkritikalität für verschiedene Bezugssysteme (z. B. Volkswirtschaft, Branche, Unternehmen) entwickelt (VDI, i. E.). Die Kritikalität von Rohstoffen und daraus abgeleiteter, gezielter Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, Substitution und dem Recycling können im vorliegenden Bericht nicht vertieft werden. Lediglich ein kleiner Ausschnitt – die Importabhängigkeit für ausgewählte Rohstoffe – wird im Abschnitt zu Handel angerissen.



Die nationale Perspektive: Inländische Rohstoffentnahme

1,1
Mrd. Tonnen

**Genutzte inländische Rohstoffentnahme,
2013**

13,1
Tonnen

**Genutzte inländische Rohstoffentnahme pro Person,
2013**

65
Prozent

**Anteil wirtschaftlich ungenutzter Materialien
an der gesamten Materialentnahme, 2013**

3.700

**Anzahl der Kölner Dome,
die mit den entnommenen mineralischen Rohstoffen
errichtet werden könnten, 2013**



Inländische Entnahme: Nicht-nachwachsende Rohstoffe

Rohstoffentnahme in Deutschland bedeutet die Gewinnung von Kohle im Tagebau, die Ernte von Getreide oder den Abbau von Sanden und Kiesen. Im Jahr 2013 wurden den natürlichen Systemen in Deutschland mehr als eine Milliarde Tonnen an natürlichen Rohstoffen entnommen – dies entspricht 36 Kilogramm pro Kopf und Tag. Mit knapp 75 % machen nicht-nachwachsende Rohstoffe wie Mineralien, fossile Energieträger und Metallerze dabei den Großteil der inländischen Entnahme aus.

Die gesamte wirtschaftlich genutzte Rohstoffentnahme Deutschlands betrug im Jahr 2013 1.058 Millionen Tonnen (13,1 Tonnen pro Kopf). Davon entfielen mehr als 56 % (596 Millionen Tonnen) auf die Kategorie der mineralischen Rohstoffe. Biomasse trug im Jahr 2013 260 Millionen Tonnen (26%) bei, fossile Energieträger etwas mehr als 19% – 202 Millionen Tonnen (→ Seite 68, Tabelle A 1). Aufgrund der eingeschränkten Vorkommen werden Metallerze fast vollständig importiert (→ Box, → Seite 24, „Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am Rohstoffhandel“).

Bei der inländischen Entnahme von nicht-nachwachsenden – oder abiotischen – Rohstoffen spielen in Deutschland somit vor allem Mineralien und fossile Energieträger eine Rolle. Mineralien werden in Bau- und Industriemineralien unterschieden. Im Jahr 2013 wurden insgesamt alleine 535 Millionen Tonnen an Baumineralien abgebaut. Der Großteil davon – etwa zwei Drittel – entfiel auf Feldsteine und Kiese, ein knappes Viertel auf Sande und der Rest auf Kalk, Gips und andere Kategorien. Diese Baumineralien werden zum einen zur Erweiterung und Instandhaltung der Infrastruktur in Deutschland verwendet. Beispielsweise besitzt Deutschland mit knapp 13.000 Kilometer eines der dichtesten und längsten Autobahnnetze Europas. Zum anderen erfordert die Errichtung von Gebäuden große Mengen dieser Rohstoffe. So wurden im Jahr 2013 mehr als 194.000 neue Gebäude in Deutschland errichtet. Mit etwa 6 % der abiotischen Entnahme sind Industriemineralien zwar mengenmäßig weniger bedeutend. Spezialsande und -tone,

Genutzte Rohstoffentnahme in Deutschland, 2013

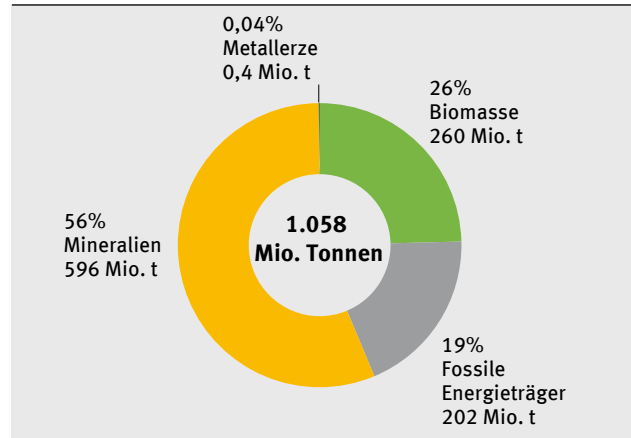


Abbildung 1

Quelle: Destatis, 2015 a

Salze und Düngemittelmineralien spielen jedoch eine wichtige Rolle in Bereichen wie der Glas- und Keramikindustrie, der chemischen Industrie sowie der Landwirtschaft.

Aufgrund der Verfügbarkeit in vielen Regionen Deutschlands (→ Seite 20, „Rohstoffentnahme der Bundesländer“) und des hohen Gewichts bei relativ geringen Preisen werden mineralische Rohstoffe zu etwa 80 % in inländischen Steinbrüchen oder Gruben abgebaut und nur in geringeren Mengen importiert. Diese als „Massenrohstoffe“ bezeichneten Sedimente werden vor allem an Flussterrassen – etwa in der Rheinebene – und an Endmoränen von Gletschern der Eiszeit abgebaut.

Genutzte Entnahme nicht-erneuerbarer Rohstoffe in Deutschland, 2013

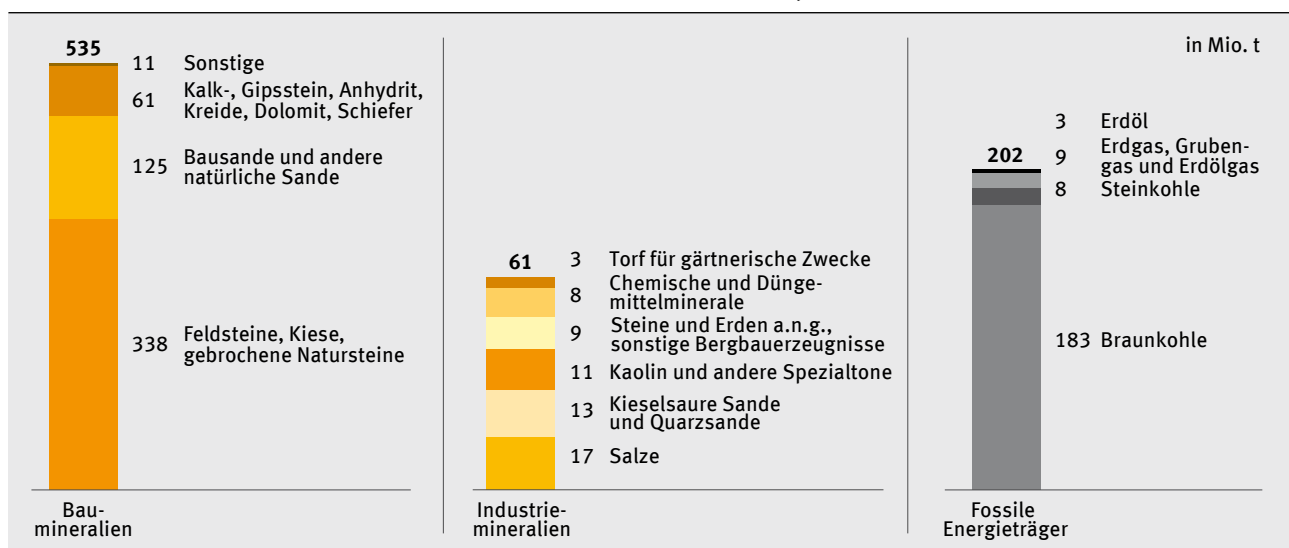


Abbildung 2

Quelle: Destatis, 2015 a

Vergleich der Entnahme fossiler Energieträger in ausgewählten Ländern, 2013

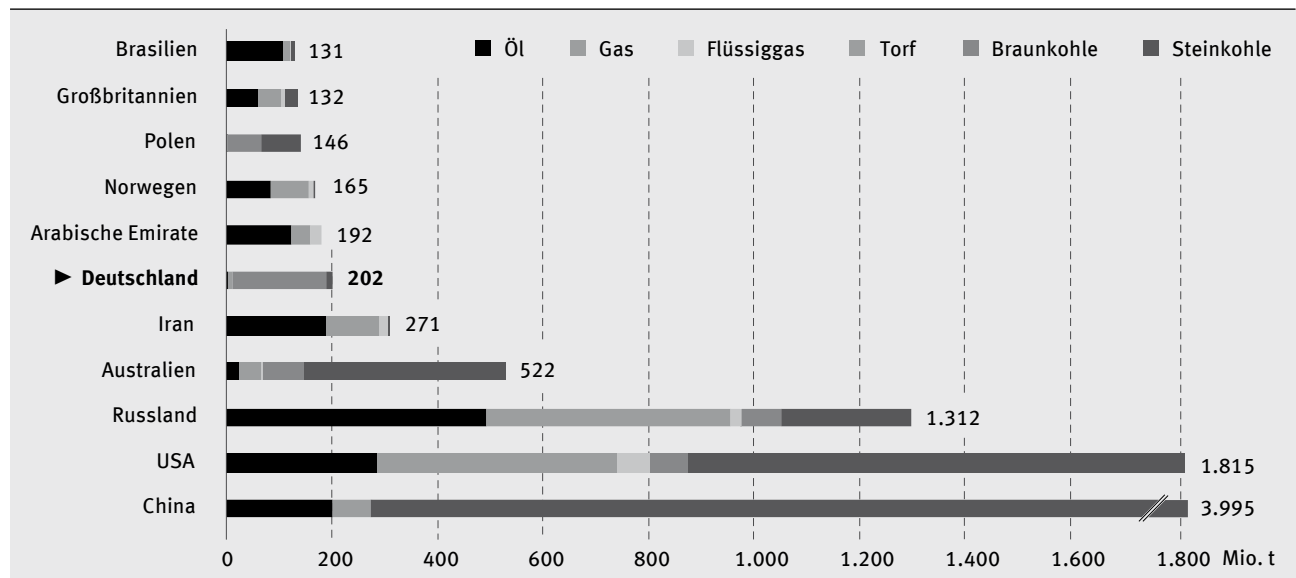


Abbildung 3

Quelle: WU, 2016 b

Im Jahr 2013 wurden zudem 202 Millionen Tonnen an fossilen Energieträgern gefördert – 90 % davon waren Braunkohle, 4 % Steinkohle sowie 4 % Erdgas. Mit 183 Millionen Tonnen 2013 war Deutschland der größte Braunkohleproduzent weltweit. Zum Vergleich: mit dieser Menge baute Deutschland fast 110 Millionen Tonnen mehr Braunkohle ab als das zweitgrößte Förderland Russland.

Die Förderung von Steinkohle lag dazu im Vergleich in Deutschland im Jahr 2013 deutlich niedriger und betrug 7,5 Millionen Tonnen. Aufgrund von sinkenden Weltmarktpreisen und schwierigen Förderbedingungen ist die Steinkohleförderung in Deutschland schon lange nicht mehr international konkurrenzfähig und daher stark sinkend. Im Jahr 2018 wird die letzte Steinkohlenzeche Deutschlands stillgelegt werden und der Steinkohlebedarf ausschließlich auf Importe angewiesen sein.

Das Beispiel Kohleabbau zeigt, dass die Fördermengen von Rohstoffen zu einem großen Teil von den verfügbaren Lagerstätten abhängig sind. So ist die Förderung von Erdöl und Erdgas in Deutschland sehr eingeschränkt. Große Vorkommen dieser Rohstoffe finden sich hingegen in Ländern wie Russland, den Arabischen Emiraten oder Norwegen, die sich auf deren Förderung spezialisiert haben (← Abbildung 3).

Nicht nur im Bereich der Energieträger hat die Verteilung von Lagerstätten auch eine wichtige geopolitische Dimension, denn einzelne Rohstoffe werden oft nur in wenigen Ländern abgebaut. Für Importländer können dadurch Abhängigkeiten entstehen (→ Seite 30, „Abhängigkeit vom Rohstoffimport“). Die negativen Umweltauswirkungen durch die Nutzung fossiler Energieträger, insbesondere der Klimawandel, sind Grundlage für Diskussionen rund um einen Umstieg auf erneuerbare Energieträger und eine absolute Reduktion des Energieverbrauchs. Aber auch Fragen der Versorgungssicherheit und des Mächtigkeitsgleichgewichts sprechen für eine solche Veränderung.

Um der Herausforderung hoher Importabhängigkeit im Bereich der Metallerze zu begegnen, wurde in den letzten Jahren das Konzept der Kreislaufwirtschaft und des erhöhten Recyclings (→ Seite 42, „Recycling als alternative Rohstoffquelle“) verstärkt gefördert. Dadurch kann der Einsatz neuer Rohstoffe und damit die Abhängigkeit von Importen aus anderen Ländern stark reduziert werden. Dies ist umso notwendiger, als dass es nur noch wenig förderwürdige Lagerstätten innerhalb von Deutschland gibt und deren Erschließung aufgrund der hohen Siedlungsdichte, anderer Nutzungsformen sowie Umweltschutzregelungen nur schwer umzusetzen und teuer ist.

Der Abbau von Metallerzen spielt in Deutschland eine marginale Rolle

Während ein beträchtlicher Teil der nicht-metallischen Rohstoffe, vor allem Kali- und Steinsalz sowie der größte Teil der Steine und Erden, aus heimischer Produktion stammt, ist Deutschland bei den primären Metallrohstoffen fast vollständig von Importen abhängig. 489.000 Tonnen an Eisenerzen wurden 2011 in Deutschland gewonnen, bei einem Gesamtbedarf von etwa 826 Millionen Tonnen (Destatis, 2015 b).

Eisenerz ist ein wichtiger Grundstoff für die Herstellung von Stahl. Die Stahlindustrie ist eine Basisindustrie und liefert wichtige Werkstoffe für die Automobil- und Maschinenbauindustrie, für den Anlagenbau sowie das Baugewerbe. In der deutschen stahlerzeugenden Industrie waren 2013 mehr als 87.000 Beschäftigte in nahezu 90 Betrieben tätig. Die einzige Abbaustätte für Eisenerz in Nordrhein-Westfalen besitzt jedoch nur einen Eisengehalt von etwa 10,5 %. Daher wird das Erz lediglich als Zuschlagstoff in der Bauindustrie eingesetzt. Für die Stahlerzeugung wird ausschließlich importiertes Eisenerz, insbesondere aus Brasilien, verwendet (BGR, 2014).

Inländische Entnahme: Nachwachsende Rohstoffe

Nachwachsende Rohstoffe wie Getreide, Futterpflanzen oder Fische sind die Grundlage für unsere Ernährung. Im Jahr 2013 wurden der Umwelt in Deutschland 260 Millionen Tonnen dieser nachwachsenden (biotischen) Rohstoffe entnommen – etwa ein Viertel der gesamten inländischen Entnahme aller Rohstoffe. Mit einem Flächenumfang von fast zwei Drittel der Fläche Deutschlands prägen Land- und Forstwirtschaft das Landschaftsbild.

Wirft man aus der Vogelperspektive einen Blick auf Deutschland, wird eines rasch deutlich: die Kultivierung und Nutzung von Flächen für die Land- und Forstwirtschaft spielen eine zentrale Rolle. Die dabei gewonnenen Mengen an Biomasse sind imposant. Im Jahr 2013 wurden insgesamt 260 Millionen Tonnen an biogenen Rohstoffen entnommen. 48 % davon entfielen auf Futterpflanzen, 18 % auf Getreide, 14 % auf Hülsen- und Hackfrüchte, sowie auf Obst und Gemüse (→ Seite 68, Tabelle A 1). Diese Rohstoffe werden für die Produktion von Lebens- und Futtermitteln, aber auch für die Herstellung von Treibstoffen und Baumaterialien eingesetzt. Lediglich etwa ein Zehntel der gesamten Biomasse – knapp 28 Millionen Tonnen – wird als Nadel- und Laubhölzer sowie Rindenmulch von der Forstwirtschaft produziert.

In der Statistik finden sich auch der Fischfang und die Jagd als Teile der inländischen „Entnahme“. Im mengenmäßigen Vergleich fällt die Biomasse aus Fischfang bzw. Wildtieren mit 221.000 Tonnen bzw. 51.000 Tonnen aber nur wenig ins Gewicht. Deutschland ist nach Frankreich zweitgrößter Produzent von Biomasse in der EU und nach Schweden und Finnland drittgrößter Holzproduzent.

Bei einer Gesamtfläche Deutschlands von 357.340 km² wurden 2013 mehr als die Hälfte (186.193 km²) landwirtschaftlich genutzt und fast ein Drittel (108.162 km²) ist größtenteils forstwirtschaftlich genutzte Waldfläche (→ Seite 60, „Fläche“). Etwa eine Million Menschen bewirtschaften in mehr als 285.000 Betrieben die landwirtschaftlich genutzte Fläche. Dabei wird auf über einem Viertel des Ackerlandes Weizen angebaut (Destatis, 2014).

Die Bewirtschaftung des Ackerlandes in Deutschland hat sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Während ein Landwirt vor 100 Jahren vier Menschen ernähren konnte, waren es vor 65 Jahren zehn, und heute sind es 144 (Brand Eins, 2015). Mehrere Faktoren spielen für diese Entwicklung eine zentrale Rolle: Zum einen erlaubt die zunehmende Mechanisierung und der damit verbundene erhöhte Energieeinsatz in der Landwirtschaft, dass pro Landwirt eine deutlich größere Ackerfläche bearbeitet werden kann. Damit verbunden sind zum anderen in den letzten Jahrzehnten auch die Erträge pro Hektar deutlich angestiegen (→ Abbildung 5), was ebenfalls durch den verstärkten Einsatz von Maschinen sowie von Düngemitteln erreicht wurde.

Genutzte Entnahme nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, 2013

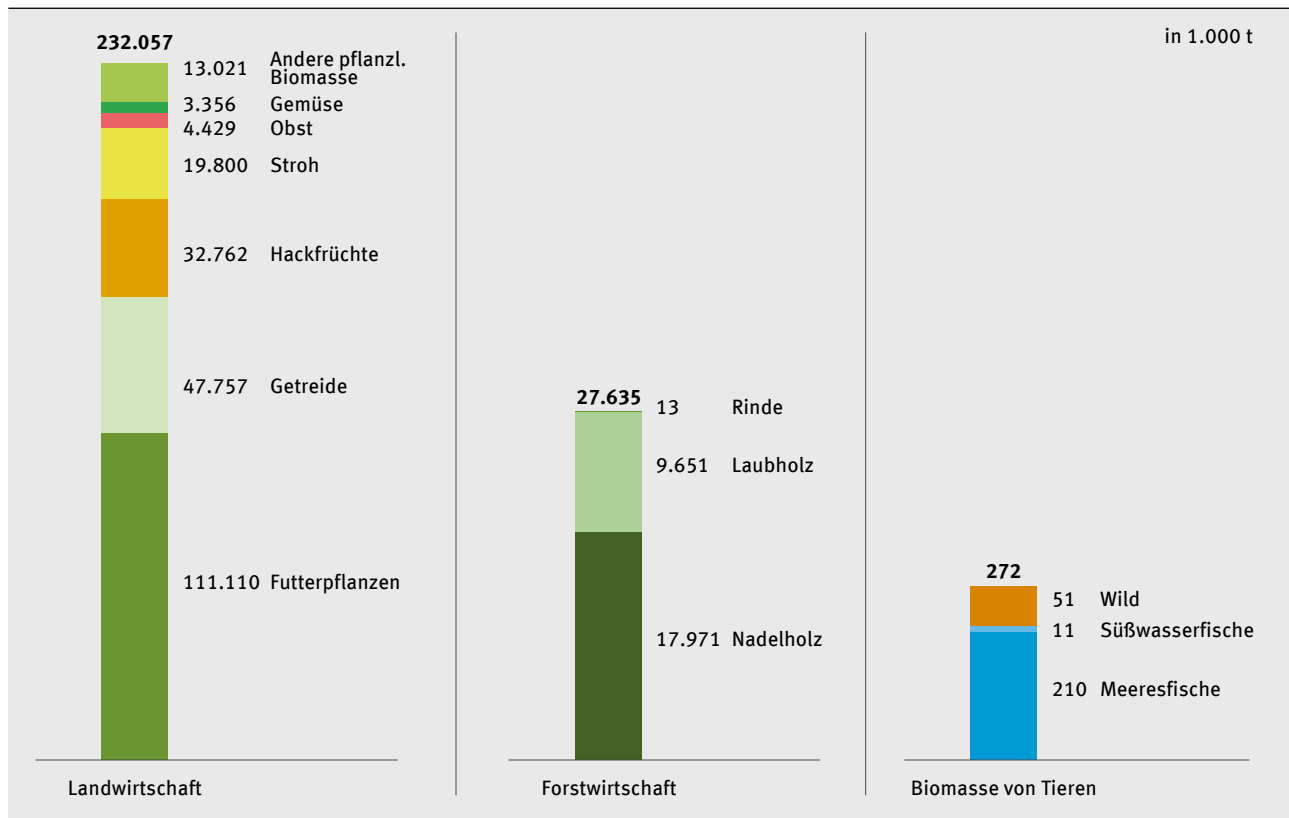


Abbildung 4

Quelle: Destatis, 2015 a

Entwicklung der Erträge ausgewählter Getreide in Deutschland, 1965 – 2013

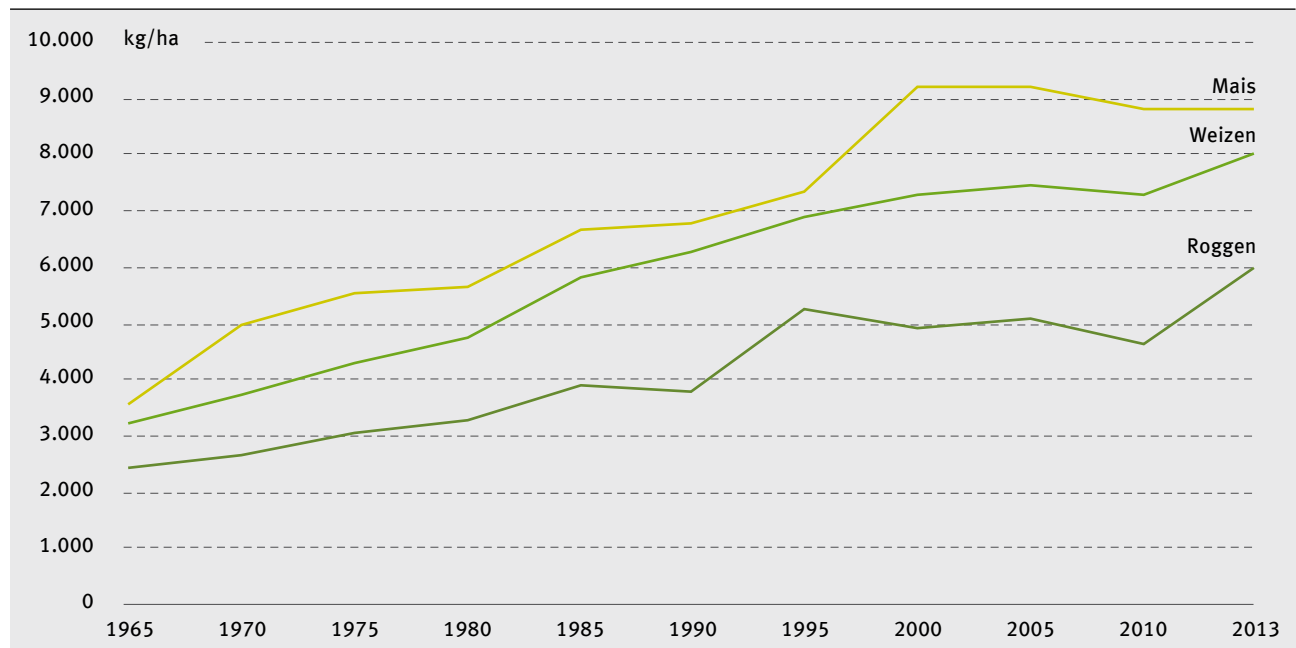


Abbildung 5

Quelle: FAOSTAT, 2015

So wurde die Weizenproduktion im Zeitraum 1980–2013 mehr als verdoppelt und lag 2013 bei 25 Millionen Tonnen, wobei die Ackerfläche im selben Zeitraum nur unwesentlich vergrößert wurde.

Gerade vor dem Hintergrund gesteigerter Erträge und dem dafür notwendigen Rohstoffeinsatz (z. B. für Pestizide und Dünger) und der damit verbundenen Umweltprobleme wird diskutiert, inwieweit die industrialisierte Landwirtschaft in Richtung umweltangepasster Landbauverfahren entwickelt werden muss. Der Ökologische Landbau wirtschaftet in weitgehend geschlossenen Stoffkreisläufen, Ackerbau und Tierhaltung sind auf betrieblicher oder zu-

Nutztierwirtschaft in Deutschland, 2014 / 2015

Nutztierart	Bestand (Mio.)
Rinder	12,6
Schweine	27,7
Schafe	1,6
Legehennen	39,6

Tabelle 1

Quelle: Destatis, 2015 c

mindest regionaler Ebene gekoppelt, und es wird auf den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel und mineralischer Düngemittel verzichtet.

Der hohe Ressourcenaufwand der Nutztierwirtschaft in Deutschland

In die Statistik der inländischen Entnahme finden Nutztiere wie Rinder, Schweine oder Schafe keinen Eingang, da sie als Produkte unseres Wirtschaftssystems angesehen werden. Zu deren „Herstellung“ ist jedoch die Entnahme von biogenen Rohstoffen in Form von Futtermitteln, insbesondere eiweißreicher Importfuttermittel wie Soja, aber auch Grassilage, Heu, etc. – notwendig.

Insgesamt werden in Deutschland mehr als 40 Millionen Rinder und Schweine gehalten. Dazu kommen knapp ebenso viele Legehennen sowie 1,6 Millionen Schafe (Tabelle 1). Je größer das Nutztier, desto größer auch der Ressourcenaufwand für seine Haltung. Etwa die Hälfte der in Deutschland entnommenen Biomasse wird als Futtermittel sowie deren Reststoffe in geringerem Umfang als Einstreu in der Nutztierhaltung verwendet (Fischer et al., 2016). Dazu kommen große Mengen an Importen beispielsweise aus Brasilien oder Argentinien, die häufig mit ökologischen Problemen, wie Entwaldung, oder sozialen Problemen, wie der Vertreibung der lokalen Bevölkerung, verbunden sind (SERI et al., 2013).

Diese Zahlen und Fakten führen die hohe Rohstoffintensität der Herstellung tierischer Produkte vor Augen. Vor diesem Hintergrund wird schon lange für eine bewusstere Ernährung argumentiert, die nicht nur positiv auf die Gesundheit wirken würde, sondern auch den Ressourcenbedarf der Ernährung deutlich senken könnte. Denn zusätzlich zum Rohstoffbedarf in der Fleischproduktion kommt noch der Bedarf an anderen Ressourcen wie Fläche oder Wasser hinzu (→ Seite 56, „Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick“).

Trends der Rohstoffentnahme

In den letzten Jahrzehnten führte das Wachstum der globalen Wirtschaft zu einer starken Zunahme der weltweiten Rohstoffentnahme. Als Konsequenz werden Lagerstätten zunehmend ausgebeutet oder neu erschlossen, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt sowie auf das Angebot von Rohstoffen auf den Weltmärkten. In Deutschland ist jedoch ein gegenläufiger Trend zu beobachten: die Rohstoffentnahme in Deutschland nimmt insgesamt ab. Im Vergleich zum Jahr 1994 wurden im Jahr 2013 knapp 21 % weniger Rohstoffe entnommen. Während der Anteil nicht-erneuerbarer Rohstoffe zurückgeht, verzeichnen nachwachsende Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft in den letzten Jahren allerdings starke Zuwächse.

Im Zeitraum von 1994 bis 2013 ist die Rohstoffentnahme in Deutschland von 1,3 Milliarden Tonnen auf etwa 1,06 Milliarden Tonnen gesunken; dies entspricht einer Abnahme von knapp 21 %. Insbesondere Bau- und Industriemineralien wurden dabei in deutlich geringerem Maße abgebaut; um 29,5 % weniger als noch im Jahr 1994. Auch fossile Energieträger zeigten einen fast durchgängigen Abwärtstrend von knapp 280 Millionen Tonnen in 1994 auf 202 Millionen Tonnen in 2013 – eine Abnahme um mehr als ein Viertel. Nur Biomasse verzeichnete einen bedeutenden Zuwachs von knapp 23 % (↗ Seite 68, Tabelle A 1).

Die Gründe für diese Entwicklungen sind vielfältig. Einerseits gelingt es der Wirtschaft, Rohstoffe immer effizienter einzusetzen sowie durch Recycling den Einsatz von Primärrohstoffen zu reduzieren (↗ Seite 42, „Recycling als alter-

native Rohstoffquelle“). Andererseits wird auch ein Verlagerungsprozess ins Ausland festgestellt. Rohstoffe werden außerhalb Deutschlands billiger abgebaut oder verarbeitet, was zur Folge hat, dass sie vielfach aus dem Ausland importiert werden (↗ Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“). Im Bereich der Biomasse hängt die Zunahme mit dem wachsenden Bedarf an Futtermitteln sowie an Biomasse zur stofflichen Nutzung und zur Energiegewinnung zusammen (↗ Seite 20, „Rohstoffentnahme der Bundesländer“). In diesem Trend spiegelt sich somit auch die aktuelle deutsche Energiepolitik wider. Eine Abkehr von fossilen hin zu erneuerbaren Energieträgern hat jedoch auch Auswirkungen auf den Rohstoffbedarf eines Landes, denn auch Windräder oder Solarpaneele benötigen zu deren Herstellung eine Reihe von Rohstoffen (↗ Seite 62, „Strömende Ressourcen“).

Entwicklung der genutzten Rohstoffentnahme in Deutschland, 1994 – 2013

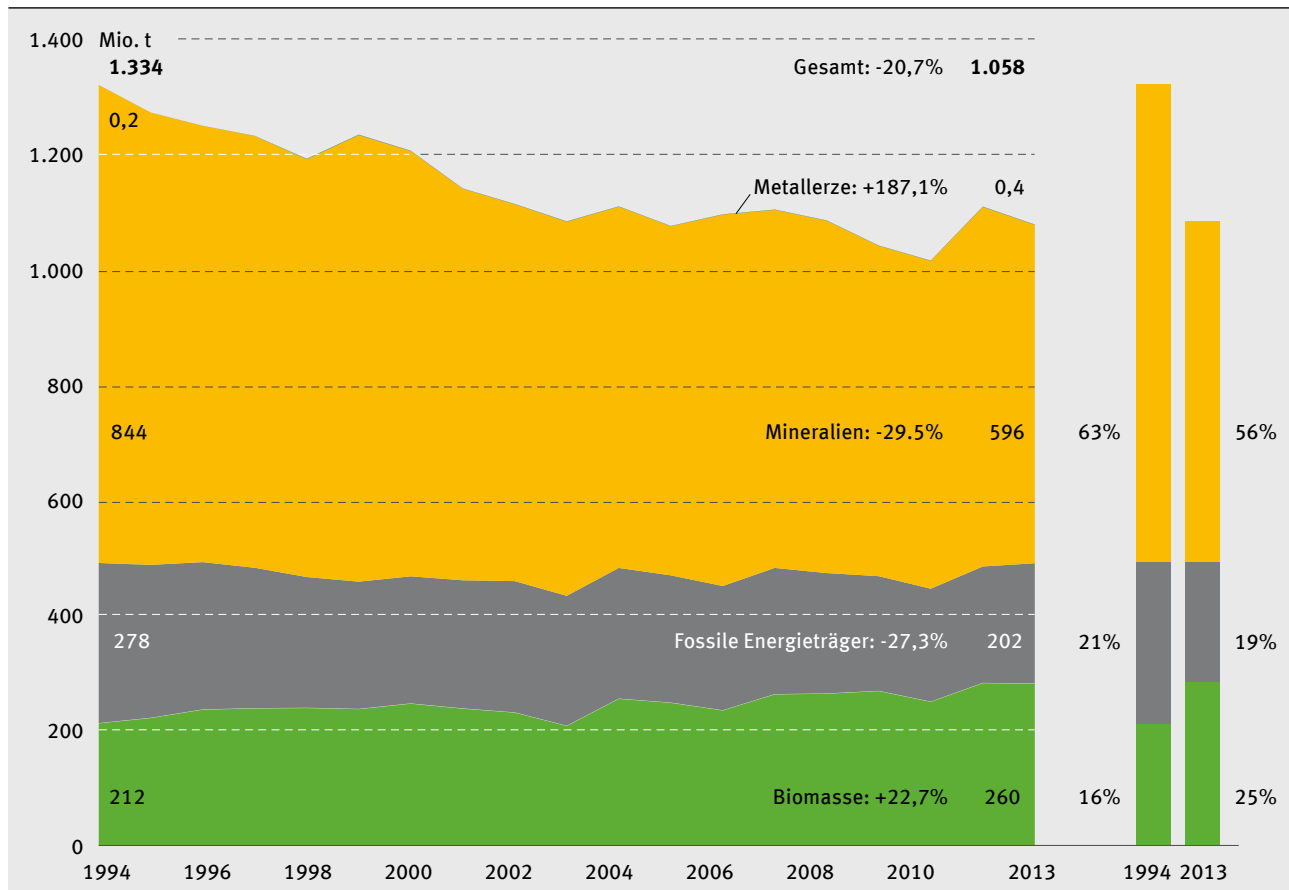


Abbildung 6

Quelle: Destatis, 2015 a

Entwicklung der Entnahme ausgewählter Mineralien, fossiler Energieträger und nachwachsender Rohstoffe, 1994–2013, auf das Jahr 1994 indexiert

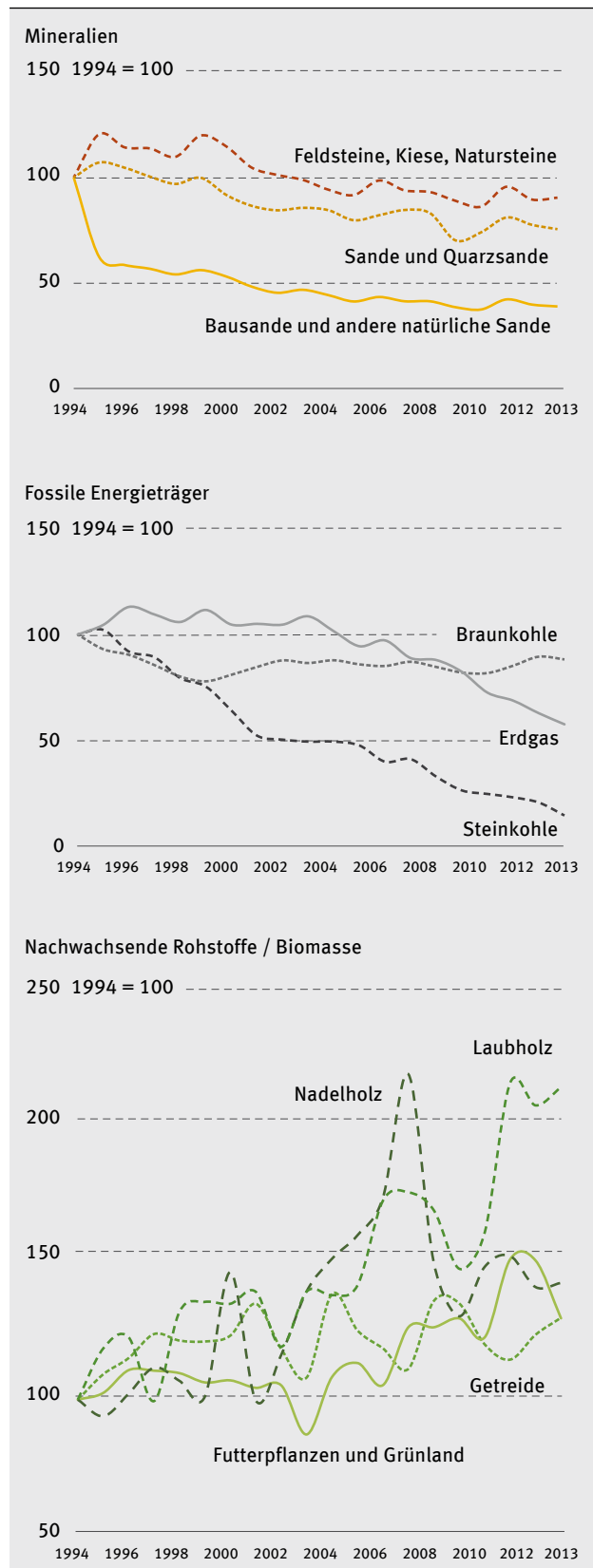


Abbildung 7

Quelle: Destatis, 2015 a

Veränderungen der Weltmarktpreise – und die damit verbundene Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Rohstoffindustrien – können großen Einfluss auf die Entnahme in Deutschland haben. Dies ist besonders gut am Beispiel der Steinkohle zu sehen. Erdöl und Erdgas als günstigere Energiequelle, aber auch die im Tagebau günstiger zu gewinnende Braunkohle sowie Energie aus Atomkraft verdrängten in der Vergangenheit Steinkohle in zahlreichen Anwendungen. Außerdem haben sich Transport und Logistik weiterentwickelt und die damit verbundenen Kosten gesenkt. Da die Abbaukosten im Ausland oft günstiger sind, selbst wenn man die damit verbundenen Transportwege mit einberechnet (↗ Seite 14, „Inländische Entnahme: Nicht-nachwachsende Rohstoffe“), wurden in Deutschland 2013 fast 45 Millionen Tonnen weniger Steinkohle als 1994 abgebaut (↗ Abbildung 7). Gleichzeitig stiegen die Importe aber um knapp 36 Millionen Tonnen an.

Verändert sich die inländische Entnahme aufgrund von neuen politischen Rahmenbedingungen, sich ändernder Weltmarktpreise oder anderer Einflussfaktoren, so hat dies auch indirekte Auswirkungen auf andere Bereiche. So ist die Anzahl der Beschäftigten im Braunkohlebergbau in Deutschland von rund 150.000 im Jahr 1980 auf gut 21.000 im Jahr 2014 gesunken (www.kohlenstatistik.de). Gleichzeitig stieg die Anzahl der Beschäftigten im Bereich der Windenergienutzung (BWE, 2016; ↗ Seite 62, „Strömende Ressourcen“).

Im Bereich der Biomasse wurde in der Forstwirtschaft im Jahr 2013 mehr als doppelt so viel Laubholz gewonnen wie noch zehn Jahre zuvor. Ebenfalls fielen über 40 % mehr Nadelholz an. Dabei war 2007 ein Ausnahmejahr mit einer Einschlagmenge von fast 28 Millionen Tonnen. Dies war dem Orkan Kyrill geschuldet, der in den deutschen Wäldern große Schäden anrichtete.

Die Getreideproduktion unterlag durchgängig leichten Schwankungen. Dies ist nicht verwunderlich, da die Ernte stark von Witterungsverhältnissen abhängt – so waren etwa 2008 und 2009 Rekordjahre, während 2003 starke Einbußen verzeichnet wurden (↗ Abbildung 7). Veränderungen der Erntemengen sowie von klimatischen Bedingungen spiegeln sich auch im Einsatz von Düngemitteln wider.

Diese Trends der Rohstoffentnahme zeigen auch Auswirkungen auf andere Ressourcenarten. So ist etwa die Landwirtschaft sehr flächen- und wasserintensiv. Und auch die Erschließung neuer Lagerstätten für nicht-erneuerbare Ressourcen oder der Ausbau neuer Energieformen bedarf großer Mengen an Rohstoffen, Flächen und Wasser (↗ Seite 56, „Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick“).

Rohstoffentnahme der Bundesländer

Die Rohstoffentnahme in Deutschland verteilt sich unterschiedlich auf die einzelnen Bundesländer. Sie wird dabei von Faktoren wie Rohstoffverfügbarkeit, Landesfläche, Bevölkerungsdichte und Wirtschaftsleistung bestimmt. In absoluten Zahlen machen die vier Länder Nordrhein-Westfalen, Bayern, Niedersachsen und Baden-Württemberg zusammen knapp 60 % der gesamten inländischen Entnahme Deutschlands aus. In Pro-Kopf-Werten betrachtet liegen jedoch Brandenburg und Sachsen-Anhalt deutlich vor allen anderen Bundesländern.

Deutschland ist eines der wenigen Länder Europas, in denen statistische Daten zur Rohstoffentnahme sowie zum Handel nicht nur auf nationaler Ebene, sondern auch für die einzelnen Bundesländer erhoben werden. Die Verfügbarkeit dieser Daten ermöglicht es, Unterschiede der Entnahmen in den verschiedenen Rohstoffgruppen aufzuzeigen und in Beziehung zu anderen Kennzahlen, wie etwa dem Bruttoinlandsprodukt oder der Bevölkerungsgröße oder -dichte, zu stellen.

Sowohl natürliche als auch wirtschaftliche Faktoren haben einen großen Einfluss darauf, welche Rohstoffmengen in den einzelnen Bundesländern entnommen werden. Die Vorkommen nicht-nachwachsender Rohstoffe wie fossiler Energieträger und mineralischer Rohstoffe sind aufgrund geologischer Verhältnisse ungleich auf die Bundesländer verteilt. Für die Entnahme biotischer Rohstoffe ist die Größe und Nutzungsintensität der land- und forstwirtschaftlichen Flächen entscheidend.

Rechnet man alle Rohstoffkategorien zusammen, so zeigt sich, dass in Bundesländern mit großer Fläche, hohem Bruttoinlandsprodukt pro Kopf sowie großer Bevölkerung in absoluten Werten die meisten Rohstoffe entnommen werden. Dazu zählen insbesondere Nordrhein-Westfalen, Bayern,

Niedersachsen und Baden-Württemberg. In diesen vier Bundesländern zusammen finden knapp 60 % der gesamten inländischen Entnahme in Deutschland statt (↗ Seite 69, Tabelle A 2).

Ganz anders stellt sich die Situation dar, wenn man die Pro-Kopf-Entnahmen betrachtet. Hier lagen Brandenburg und Sachsen-Anhalt mit Werten von über 31 Tonnen pro Kopf im Jahr 2013 deutlich vor allen anderen Ländern. Zum Vergleich: der Bundesdurchschnitt betrug im selben Jahr 13 Tonnen pro Kopf. Die Bevölkerungsdichte in diesen Bundesländern liegt um einen Faktor 5 – 6 unter der Dichte von Nordrhein-Westfalen, welches – abgesehen von Berlin, Hamburg und Bremen – die höchste Bevölkerungsdichte Deutschlands aufweist. In Nordrhein-Westfalen lag die Pro-Kopf-Entnahme bei 15 Tonnen. Die niedrigsten Pro-Kopf-Werte im Jahr 2012 besaßen Hessen sowie das Saarland, die ebenfalls sehr hohe Bevölkerungsdichten aufweisen.

Der Abbau von fossilen Energieträgern in den deutschen Bundesländern wird zum Großteil vom Braunkohleabbau bestimmt (↗ Seite 18, „Trends der Rohstoffentnahme“). Fast 90 % der gesamten Entnahme finden dabei in nur drei Bundesländern statt: Nordrhein-Westfalen, Brandenburg sowie Sachsen.

Rohstoffentnahme pro Kopf in den deutschen Bundesländern (ohne Stadtstaaten), 2013

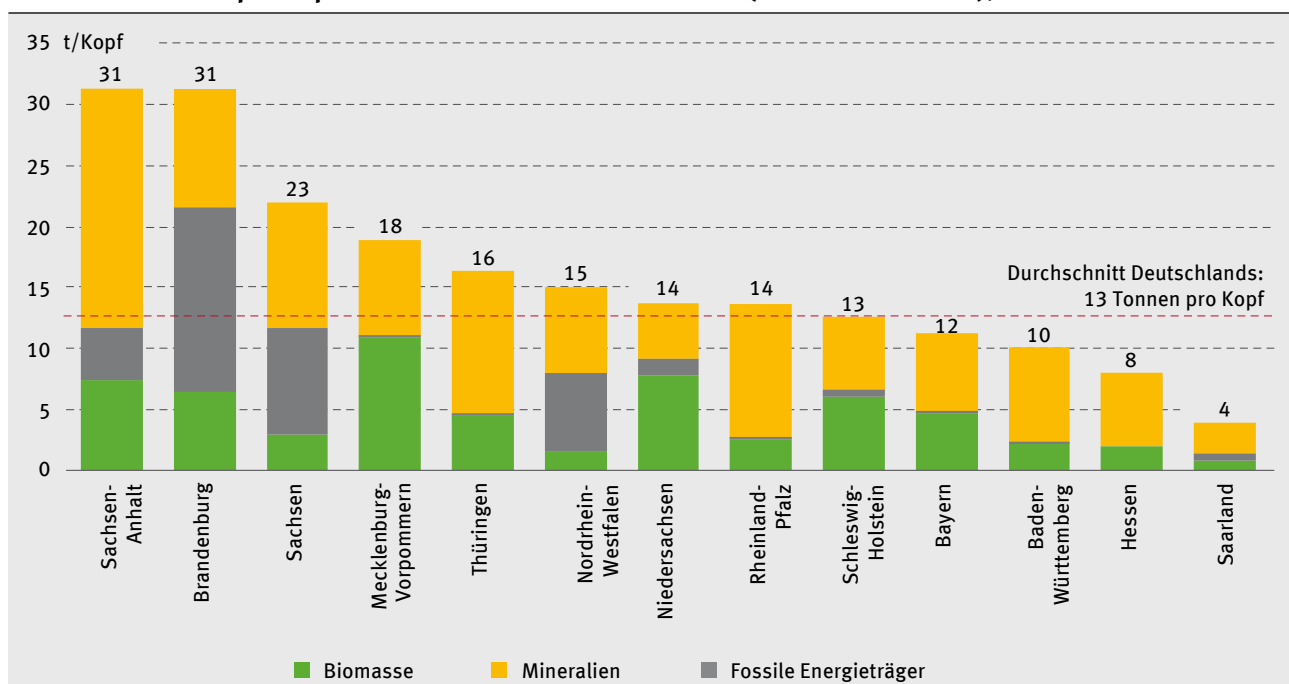


Abbildung 8

Quelle: Statistische Ämter der Länder, 2015

Rohstoffentnahme in den deutschen Bundesländern (ohne Stadtstaaten), 2013

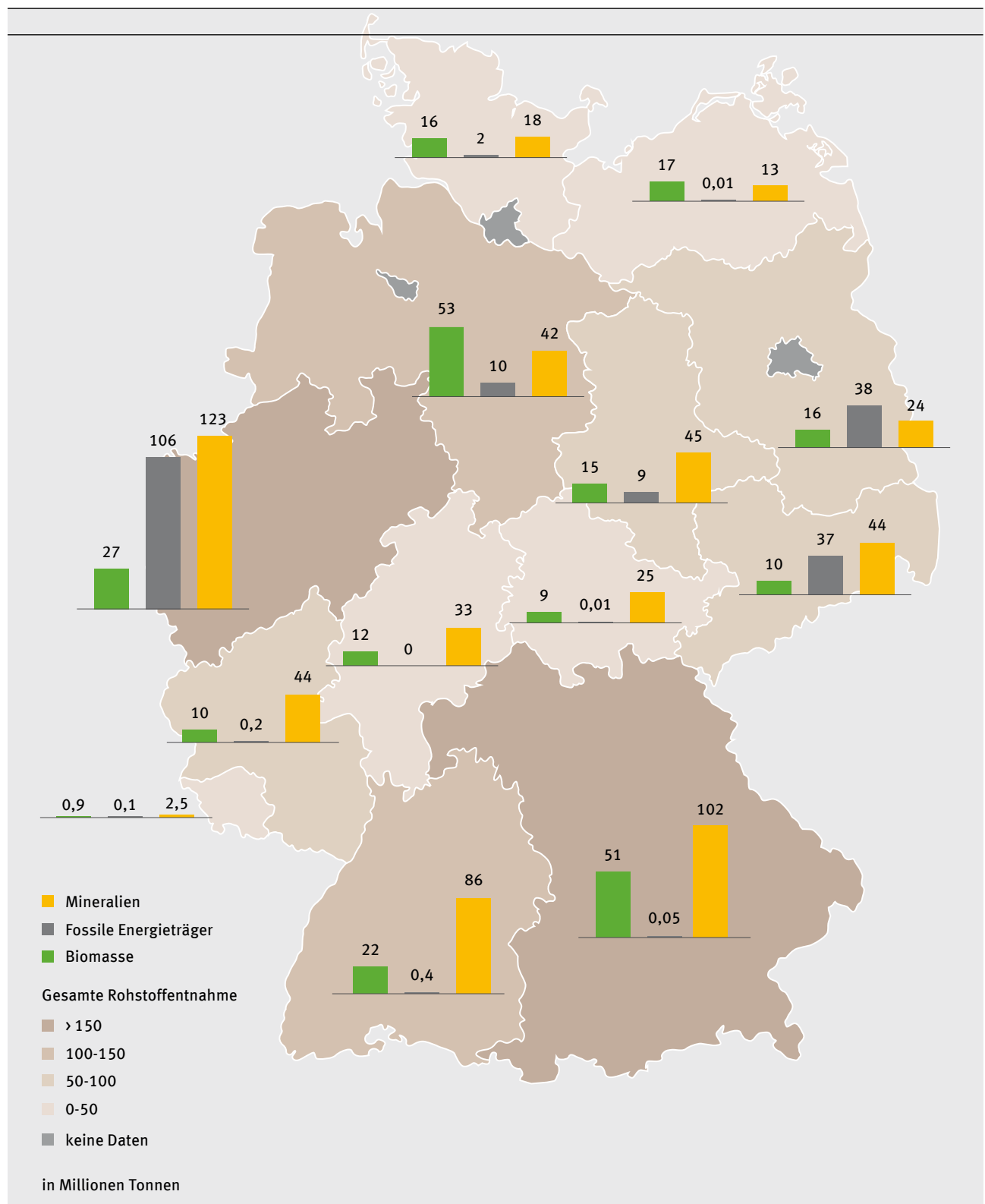


Abbildung 9

Quelle: Statistische Ämter der Länder, 2015

Bei der Entnahme biotischer Rohstoffe verzeichneten alle deutschen Bundesländer in den letzten 20 Jahren Zuwächse. Die Länder Schleswig-Holstein, Brandenburg sowie Mecklenburg-Vorpommern legten mit einem Gesamtwachstum von über 70 % über die Periode 1994 – 2013 am stärksten zu. In allen drei Bundesländern war das Wachstum insbesondere in einem verstärkten Anbau von Futterpflanzen und der Gewinnung von Biomasse aus Grünland begründet. Letztere

wird insbesondere als Futter in der Milchwirtschaft eingesetzt, jedoch auch zunehmend als Rohstoff für die Herstellung von Biogas genutzt. Ein ähnlicher Trend lässt sich auch in Bayern und Niedersachsen, den beiden mengenmäßig größten Produzenten von Biomasse, beobachten. Da die Rinderbestände in Deutschland zurückgehen, kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil der energetisch genutzten Biomasse in Zukunft weiter ansteigen wird.

Ungenutzte Materialentnahme

Nicht alle Primärmaterialien, die in Deutschland abgebaut oder geerntet werden, werden auch wirtschaftlich genutzt. Erhebliche Mengen – fast zwei Drittel – der gesamten entnommenen Materialmenge fallen z. B. als Abraum aus dem Bergbau oder als Ernterückstände in der Landwirtschaft an. Jedoch macht diese ungenutzte Materialentnahme erst die tatsächliche Größenordnung der Rohstoffgewinnung sichtbar. Denn gerade um Zugang zu nicht-erneuerbaren Energieträgern zu erlangen, müssen oft große Mengen an Boden, Gestein und Sand verschoben werden.

Bei der Entnahme von Rohstoffen fallen große Mengen an Materialien an, welche keine Verwendung in der Wirtschaft finden und daher nach der Entnahme in der Umwelt verbleiben. Diese werden in der Methode der Materialflussanalyse als „wirtschaftlich nicht verwertete Entnahme“ oder „ungenutzte Entnahme“ bezeichnet. Dazu zählen etwa entsprechende Teile des Bergematerials und der Abraum beim Bergbau, Bodenaushub beim Hoch- und Tiefbau, Ernterückstände in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Beifang in der Fischerei. Wie groß diese ungenutzten Mengen ausfallen, ist von mehreren Faktoren abhängig: Wie zugänglich die Rohstoffe sind, mit welcher Effizienz sie gewonnen werden können und in welchem Umfang sie anschließend wirtschaftliche Verwendungen finden. Vor allem im Bergbau macht es einen großen Unterschied, ob der Rohstoff im Tagebau oder im Untertagebau gewonnen wird und wie tief die übermäßig abgebaute Lagerstätte liegt.

Die ungenutzte Materialentnahme ist auch von hoher Relevanz, da sie weitere Eingriffe des Menschen in die Umwelt illustriert. Beispielsweise fallen beim Abbau von Braunkohle riesige Mengen Abraum an, wodurch ganze Landstriche verändert und Lebensräume zerstört werden (→ Boxen). Es werden jedoch auch große Anstrengungen unternommen, diese Flächen zu rekultivieren und zu renaturieren, wodurch neue Lebensräume (auch für den Menschen) entstehen können. Wie erfolgreich diese Renaturierung ist, beziehungsweise ob sie überhaupt stattfindet, ist stark von der politischen Steuerung in den Förderländern abhängig.

Anteile von genutzter und ungenutzter Materialentnahme in Deutschland, 2013

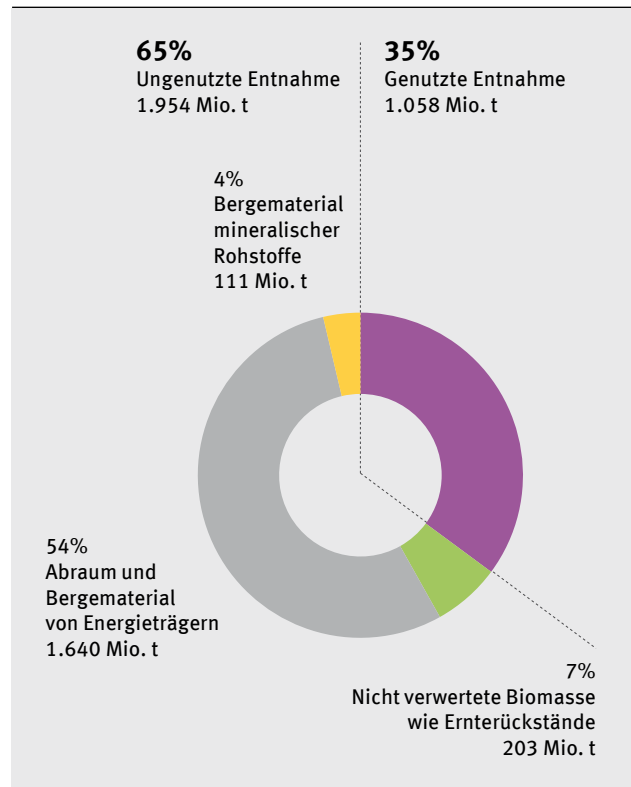


Abbildung 10

Quelle: Destatis, 2015 a

Ein weiteres Beispiel für die Auswirkungen der ungenutzten Entnahme findet sich in der Fischerei. Denn bei aktuell

Die ökologischen Folgen des Braunkohleabbaus in Deutschland

Braunkohle wird heute fast ausschließlich im Tagebau gewonnen. Dabei müssen ganze Erdschichten abgetragen werden, da die Lagerstätten oft bis zu mehrere hundert Meter unter dem Bodenniveau liegen. Somit müssen pro Tonne Braunkohle im Durchschnitt etwa weitere acht Tonnen Abraum ausgebaggert und verfrachtet werden (UBA, 2016 a). Gleichzeitig liegen die sogenannten Flöze oftmals unter dem Grundwasserspiegel, was dessen Absenkung erfordert und den Wasserhaushalt umliegender Gebiete beeinflusst. Im Jahr 2009 wurden in der Lausitz 230 Millionen Kubikmeter Grundwasser abgepumpt (Grüne Liga, 2013). Das entspricht dem Eineinhalbfachen des jährlichen Bedarfs der Einwohner/-innen Berlins (BWB, 2016). Als Resultat fallen Bäche und Feuchtgebiete trocken, die Bodenstruktur verändert sich, und es kann zu weiträumigen Setzungen des Bodens bis in mehreren Kilometer Entfernung kommen.

Landschaftsbild und Landnutzung verändern sich in den Abbaugebieten grundlegend und in vielen Fällen kommt es zu Umsiedlungen der Bevölkerung. Zugleich stehen landwirtschaftlich ertragreiche Flächen über Jahrzehnte nicht mehr für ihre ursprüngliche Nutzung zur Verfügung. Die vielen durch den Abbau entstehenden externen Umweltkosten (wie etwa Emissionen, Luftverschmutzung, Bodenzerstörung) sind im Preis der Kohle nicht berücksichtigt (BUND, 2016).

üblichen Fangpraktiken werden tonnenweise Meereslebewesen in den Fangnetzen, welche wirtschaftlich nicht profitabel genutzt werden können und daher ins Meer zurückgeworfen werden. Dieser Beifang kann bis zu 20 Kilogramm Meerestiere pro Kilogramm gefangenem Speisefisch ausmachen (WWF, 2016). Besonders problematisch erscheint dies vor dem Hintergrund, dass der Großteil der Fischbestände in europäischen Gewässern seit Jahren als überfischt gilt.

Zusätzlich zu den hohen Mengen an Rohstoffen, die jährlich entnommen werden und Eingang in das Wirtschaftssystem finden (→ Seite 20, „Rohstoffentnahme der Bundesländer“), wird noch einmal mehr als die doppelte Materialmenge extrahiert, bleibt jedoch wirtschaftlich ungenutzt. Im Jahr 2013 waren dies knapp 2 Milliarden Tonnen an ungenutztem Material. Mit über 1,6 Milliarden Tonnen hatten der Abraum und das Bergematerial durch die Entnahme fossiler Energieträger dabei den mit Abstand größten Anteil (→ Seite 68, Tabelle A 1). Die Menge an ungenutztem Material, das pro Tonne genutzter Entnahme anfällt, ist jedoch stark vom jeweiligen Rohstoff abhängig (→ Abbildung 11).

Die gesamte ungenutzte Entnahme ist im Zeitraum von 1994 bis 2013 um 13 %, von etwa 2,2 auf 1,95 Milliarden Tonnen gesunken, was vor allem einer sinkenden Kohleproduktion in Deutschland zuzuschreiben war. Gleichzeitig fällt jedoch heute um mehr als eine Tonne mehr Abraum pro Tonne genutztem Rohstoff an als noch Mitte der 1990er Jahre. Dies bedeutet, dass sich das Verhältnis von ungenutzter zu genutzter Entnahme beim Abbau fossiler Energieträger verschoben hat. Der Trend, dass sich mit zunehmender Ausbeutung einer Rohstofflagerstätte der Anteil der Reststoffe erhöht, ist dabei nicht nur in Deutschland, sondern in vielen anderen Ländern zu beobachten.

Für mineralische Rohstoffe sieht dieses Verhältnis deutlich anders aus: Pro Tonne wirtschaftlich genutzter mineralischer Rohstoffe fielen im Jahr 2013 im Durchschnitt „nur“ knapp 200 Kilogramm Bergematerial an. Dies liegt unter anderem daran, dass die Lagerstätten von Kiesen, Sanden und Industriemineralien im Allgemeinen leichter zugänglich sind als jene von fossilen Energieträgern.

Während im Zeitraum 1994–2013 die Menge an genutzter Erntemenge in Deutschland um rund ein Viertel gestiegen ist, nahm die dabei anfallende ungenutzte Biomasse lediglich um knapp 1 % zu und betrug 2013 insgesamt 203 Millionen Tonnen. Die Entwicklung zeigt somit deutlich, dass Biomasse insgesamt in den letzten Jahren effizienter genutzt wurde und weniger Rückstände pro Tonne Ernte anfielen.

Genutzte und ungenutzte Materialentnahme in Deutschland, 1994 und 2013

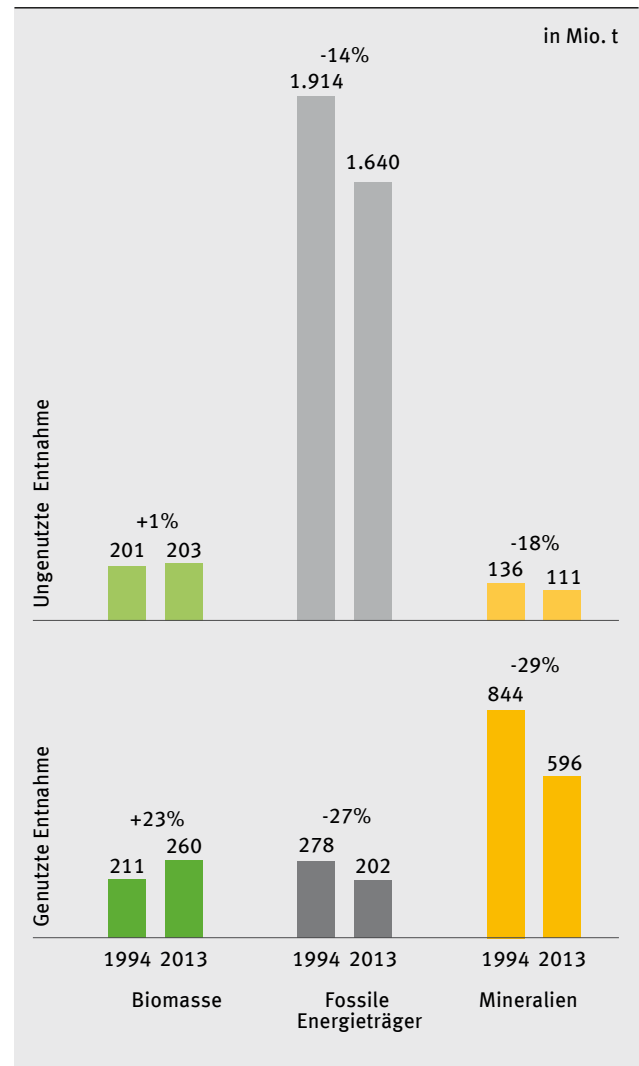


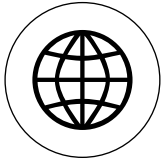
Abbildung 11

Quelle: Destatis, 2015 a

In absoluten Zahlen entstehen dabei die größten Mengen an ungenutzter Biomasse durch Futterpflanzen, Zuckerrüben und Kartoffeln. Beim Anbau von Getreide und Futterpflanzen fallen große Mengen Stroh an, die teilweise auf dem Feld verbleiben und wieder in den Boden eingearbeitet werden. Im Falle der Forstwirtschaft sind die anteiligen ungenutzten Rückstände zwar geringer, jedoch wurden 2013 zwei Drittel mehr Holz gewonnen als noch 1994, was auch die ungenutzte Entnahme erhöhte. Bei der Holzgewinnung verbleiben normalerweise bestimmte Teile, wie etwa Kronenmaterial oder Äste im Wald.

Rekultivierungs- und Renaturierungsmaßnahmen

Nach Einstellung des Bergbaubetriebs müssen die beanspruchten Flächen durch Rekultivierung einer Folgenutzung zugeführt werden. Auch muss eine Selbstregulierung des Wasserhaushalts wieder hergestellt werden. In Deutschland ist dies durch das Bundesberggesetz sowie durch Verordnungen der Länder geregelt. Diese Rekultivierung geschieht über mehrere Wege: durch Aufforstung, landwirtschaftliche Nutzung, die Einrichtung von Naturschutzgebieten oder durch Flutung und damit einer künstlichen Schaffung von Seen und Erholungsgebieten. Bekannte Beispiele in Deutschland sind hierfür die Villeseen im Rheinischen Braunkohlerevier, das Leipziger Neuseenland im Mitteldeutschen Braunkohlerevier sowie das Lausitzer Seenland (LMBV, 2009, 2014).



Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am Rohstoffhandel

1,1
Mrd. Tonnen

**Genutzte inländische Rohstoffentnahme,
2013**

0,6
Mrd. Tonnen

**Direkte Importe,
2010**

1,7
Mrd. Tonnen

**Direkte und indirekte Importe,
2010**

1,5
Mrd. Tonnen

**Direkte und indirekte Exporte,
2010**



Datenquellen:  Seite 80

Direkte Importe und Exporte

Ein bedeutender Teil der Rohstoffe, welche die Wirtschaft Deutschlands benötigt, wird nicht in Deutschland selbst entnommen, sondern aus dem Ausland importiert. Aus diesen Rohstoffen wird eine breite Palette von Produkten für den heimischen Konsum sowie den Export hergestellt. Der internationale Handel spielt für Deutschland eine herausragende Rolle: Knapp 40 % des Bruttoinlandsprodukts werden durch den Export von Produkten und Dienstleistungen erwirtschaftet, mit steigender Tendenz. Eine wichtige Rolle kommt dabei der verarbeitenden Industrie zu. Während Deutschland viele Rohstoffe und gering verarbeitete Güter importiert, bestehen die Exporte zu einem großen Teil aus höherwertigen Gütern.

Der Bedarf der deutschen Wirtschaft an Rohstoffen wird hauptsächlich aus zwei Quellen gedeckt: aus der inländischen Entnahme (↖ Seite 12, „Die nationale Perspektive: Inländische Rohstoffentnahme“) sowie aus Importen aus dem Ausland. Importiert werden dabei Rohstoffe und Güter, die national nicht verfügbar sind oder im Ausland kostengünstiger abgebaut bzw. produziert werden können. Im Jahr 2013 wurden zusätzlich zu den 1,06 Milliarden Tonnen an inländischer Entnahme rund 624 Millionen Tonnen an Rohstoffen und Gütern importiert (↖ Seite 70, Tabelle A 3). Dabei handelt es sich um das in Außenhandelsstatistiken erfasste tatsächliche (Netto-) Gewicht der gehandelten Rohstoffe und Produkte. Die dafür nötigen Vorleistungen, die entlang der ausländischen Produktionsketten eingesetzt werden, sind hier noch nicht berücksichtigt (↖ Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“).

Vergleicht man die direkten physischen Importe mit den Exporten, so zeigt sich, dass Deutschland knapp 60 % mehr Rohstoffe und Waren importiert als es exportiert. Den mit Abstand größten Anteil an den physischen Importen haben fossile Energieträger als Rohstoff (39 % im Jahr 2013) oder in Form von Halbwaren, wie beispielsweise Kunststoffen (9 %). Eine wichtige Rolle bei den Importen spielen auch Fertigwaren aus Metallen (ebenfalls 9 %). Bei den Exporten zeigt sich eine stärker ausgeglichene Verteilung zwischen den verschiedenen Verarbeitungsstufen, wobei Metall-Fertig-

waren (wie etwa Fahrzeuge oder Maschinen) mit 19 % der gesamten physischen Exporte die größte Einzelkategorie im Jahr 2013 bildeten (↖ Seite 70, Tabelle A 3).

Stellt man die physischen Werte den monetären gegenüber, so wird deutlich, welche große Bedeutung der Handel für die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft hat – sowohl was die Bereitstellung von Rohstoffen betrifft, als auch seine Rolle als Motor des Wirtschaftswachstums. Die deutsche Wirtschaft erreichte im Jahr 2013 im Bereich der gewerblichen Wirtschaft (Rohstoffe, Halbwaren, Fertigwaren) einen Exportüberschuss von knapp 220 Milliarden Euro (im Jahr 2015 waren es bereits knapp 250 Milliarden Euro), der größtenteils auf Basis von Fertigprodukten (92 % der gesamten monetären Exporte) erwirtschaftet wurde. Bei Rohstoffen und Halbfertigwaren lag hingegen ein Importüberschuss vor. Während also größtenteils Rohstoffe und Halbwaren mit großer Masse, jedoch vergleichsweise geringem Wert importiert werden, zeigt die monetäre Handelsbilanz, dass vor allem höherwertige Fertigwaren mit geringerem Gewicht aber größerem Wert exportiert werden. Dies verdeutlicht das Ausmaß der Wertschöpfung innerhalb Deutschlands. Während beispielsweise Halbwaren wie Fahrzeug- oder Maschinenbauteile importiert werden, waren die monetär gesehen wichtigsten Exportgüter im Jahr 2015 Fahrzeuge, gefolgt von Maschinen und chemischen Metall-erzeugnissen (Destatis, 2016 a).

Direkte Handelsströme Deutschlands in physischer und monetärer Betrachtung, 2013

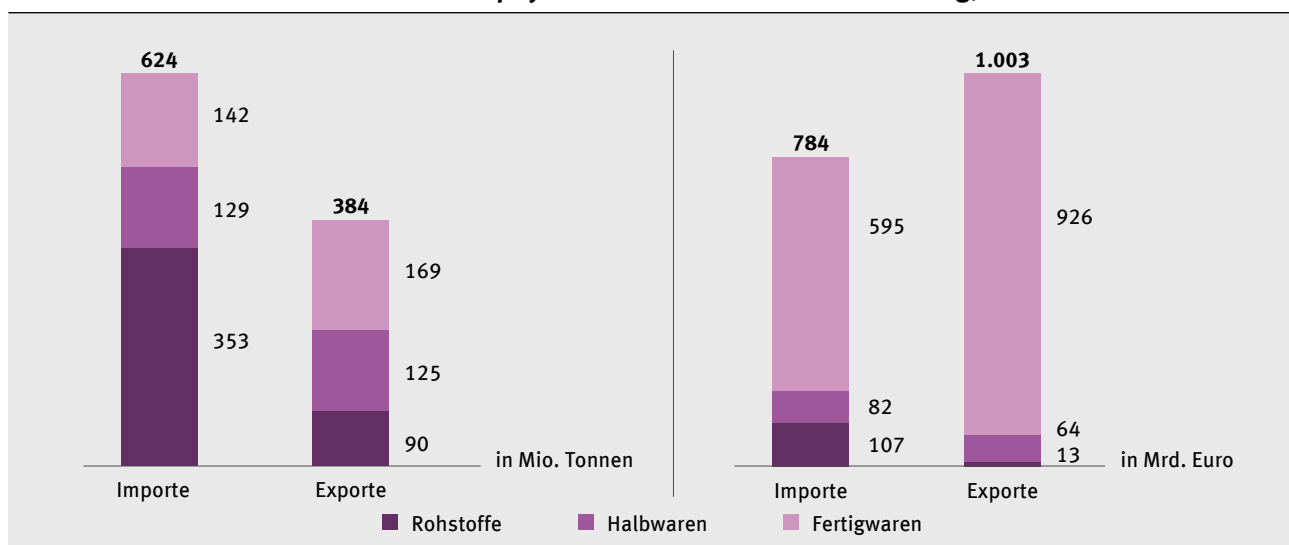


Abbildung 12

Quellen: Destatis, 2015 a, d

Entwicklung der physischen Importe und Exporte Deutschlands, 1994 und 2013



Abbildung 13

Quellen: Destatis, 2015 a, d

Der zunehmende Handel mit Rohstoffen und Produkten geht Hand in Hand mit der Globalisierung des Wirtschaftssystems; er ist gleichzeitig ihr Motor und ihr Resultat. Daher kam es in den letzten 20 Jahren auch zu einem signifikanten Anstieg der Handelsflüsse. Im Falle Deutschlands stiegen die physischen Importe zwischen 1994 und 2013 um 35 %, die Exporte gar um 72 %. Erdöl machte 2013 zwar mehr als die Hälfte der Importe von fossilen Energieträgern aus, jedoch blieben diese über den gesamten Zeitraum konstant, während Importe von Kohle und Erdgas um 155 % und 115 % stiegen. Bei den Exporten verdoppelte sich die Menge der Fertigprodukte, während ihr Anteil an den Gesamtexporten von 37 % auf 44 % stieg (→ Seite 70, Tabelle A 3).

Größte Handelspartner Deutschlands für physische Importe (oben) und Exporte (unten), 2013

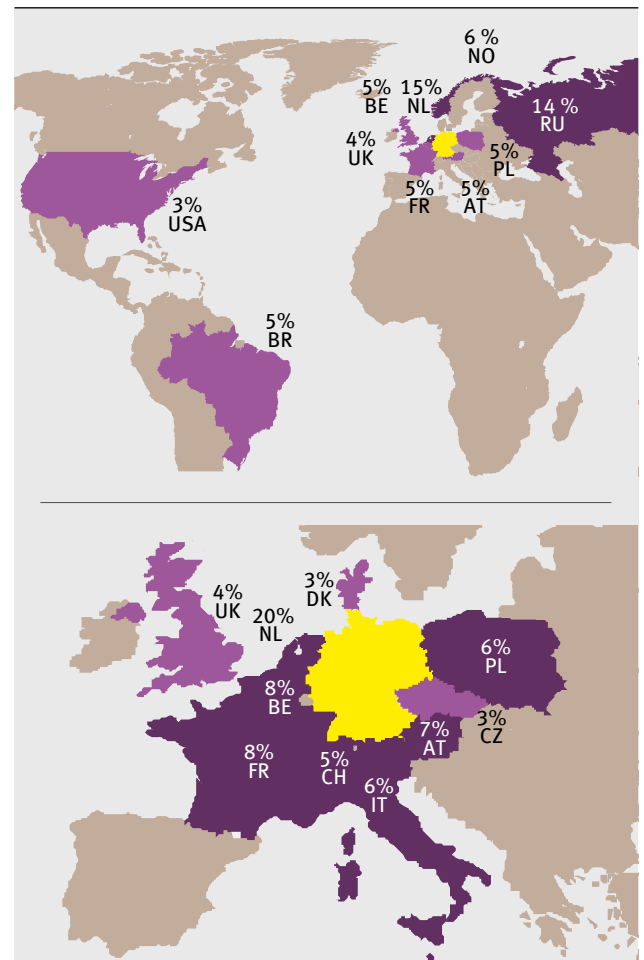


Abbildung 14

Quellen: Destatis, 2015 a, d

Gemessen in physischen Einheiten stammten in 2013 knapp zwei Drittel der gesamten direkten Importe Deutschlands aus nur zehn Ländern. Darunter befanden sich auch Länder außerhalb der EU, insbesondere Russland (Import von fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas), Brasilien (Import von Biomasse, insbesondere Futtermittel, sowie metallischer Rohstoffe) sowie die USA. Knapp 70 % der physischen Exporte Deutschlands wurden ebenfalls in nur zehn Länder geliefert, davon allesamt EU-Staaten, mit der Ausnahme von China (Anteil von etwas über 2 %). Die Niederlande sind durch Europas größtem Hafen in Rotterdam der wichtigste intermediäre Handelspartner Deutschlands, sowohl hinsichtlich der direkten Importe wie auch der direkten Exporte (← Abbildung 14).

Die weltweiten Rohstoffströme hinter einem Alltagsprodukt: das Beispiel „Haselnussaufstrich“

Der Haselnussaufstrich ist ein gutes Beispiel dafür, dass auch hinter Alltagsprodukten globalisierte Lieferketten stehen. Während einige Zutaten wie entrahmte Milch lokal bezogen werden, legen andere eine weite Reise zurück. Die Haselnüsse kommen aus Ländern wie der Türkei, das Palmöl aus Malaysia oder Indonesien, der Kakao zum Beispiel aus Nigeria, der Zucker größtenteils aus Brasilien und der Vanillegeschmack aus China. Dieses Beispiel zeigt, dass bei der Analyse der Ressourcennutzung eines Landes die Betrachtung der internationalen Dimension von großer Bedeutung ist. (OECD, 2012)

Indirekte Import- und Exportflüsse

Rohstoffe und Produkte, die aus anderen Ländern nach Deutschland importiert werden, haben eine Vorgeschichte, denn entlang ihrer Produktionsketten werden zum Teil beträchtliche Mengen an Rohstoffen zusätzlich eingesetzt. Diese sogenannten „indirekten Flüsse“ sind für einige Rohstoffe, insbesondere für Metallerze, fast um das Sechsfache größer als die direkten Handelsströme. Da mit der Herstellung vieler der gehandelten Rohstoffe und Produkte negative Umweltfolgen im Ausland einhergehen, zeigen indirekte Flüsse die Mitverantwortung Deutschlands für globale Umweltprobleme auf.

Produktions- und Wertschöpfungsketten werden zunehmend komplexer und durchlaufen auf ihrem Weg von der ursprünglichen Rohstoffentnahme bis zur Fertigung eines Konsumgutes oft eine Vielzahl an Verarbeitungsschritten, die mehrere Ländergrenzen passieren. Bei jedem Verarbeitungsschritt kommen dabei neue Inhaltsstoffe oder Bauteile hinzu. Das schlussendlich erzeugte Konsumgut hat also eine Vorgeschichte hinsichtlich der eingesetzten Rohstoffe; diese werden als „indirekte Flüsse“ bezeichnet. Zusätzlich zu den auf Seite 26 dargestellten Erhebungen zu direkten Importen und Exporten werden bei den indirekten Flüssen die

Bestandteile eines Produktes in seine sogenannten „Rohstoffäquivalente“ (in Englisch: raw material equivalents / RME) umgerechnet. Ein nach Deutschland importiertes Auto wird somit nicht mit seinem tatsächlichen Nettogewicht, sondern mit dem Bruttogewicht, also dem Gewicht aller entlang der Produktionskette eingesetzten Rohstoffe (wie Stahl aus Eisenerz, Plastik aus Rohöl etc.) bilanziert. Die Summe der Rohstoffäquivalente ergibt die indirekten Flüsse eines Produkts und kann für alle international gehandelten Produkte berechnet werden, um ein Gesamtbild der globalen Auswirkungen des deutschen Außenhandels zu erlangen.

Vergleich Eigengewicht versus indirekte Flüsse der Importe und Exporte Deutschlands, 2010

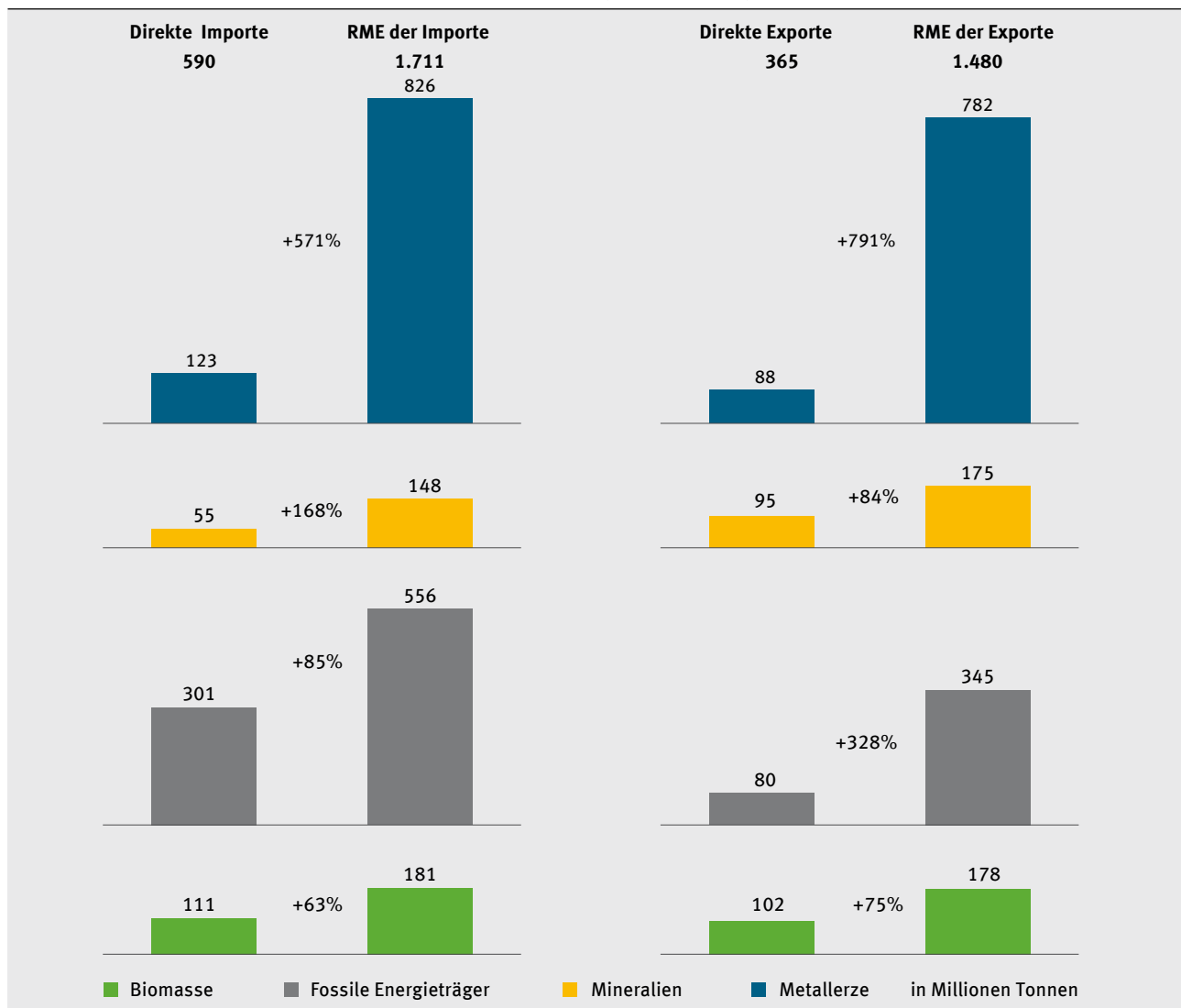


Abbildung 15

Quelle: Destatis, 2015 a

Eine Betrachtung der Rohstoffäquivalente im Jahre 2010 als aktuellstes Berechnungsjahr (↗, Seite 10, Methodische Grundlagen) zeigt, dass weit mehr Rohstoffe indirekt über den Import von Gütern verbraucht werden, als innerhalb von Deutschland selbst entnommen werden. Die Nettoimporte indirekter Flüsse, also Importe (1.711 Mio. Tonnen) abzüglich Exporte (1.480 Mio. Tonnen), betrugen im Jahr 2010 231 Millionen Tonnen (↖, Abbildung 15). Diese Menge entspricht etwas mehr als einem Fünftel der inländischen Entnahme im selben Jahr (↗, Seite 18, „Trends der Rohstoffentnahme“). Deutschland ist also auch hinsichtlich der indirekten Flüsse ein Nettoimporteur von Rohstoffen. Die größten Nettoimporte zeigte die Rohstoffkategorie der fossilen Energieträger mit mehr als 211 Millionen Tonnen (Importe: 556 Mio. Tonnen, Exporte: 345 Mio. Tonnen). Auch bei Metallerzen und Biomasse sind die indirekten Importe Deutschlands größer als die indirekten Exporte. Lediglich bei den Mineralien liegt ein Nettoexport von 27 Millionen Tonnen vor (↖, Abbildung 15).

Das Verhältnis zwischen indirekten und direkten Flüssen betrug im Jahr 2010 bei den Importen etwa 3 : 1 und bei den Exporten 4 : 1. Dabei sind große Unterschiede zwischen den einzelnen Rohstoffgruppen feststellbar. In den Exporten

von Produkten aus Metallen und fossilen Energieträgern sind mehr indirekte Flüsse enthalten als in deren Importen. Dies verdeutlicht, dass Rohstoffe und Halbwaren eingeführt werden, um in verschiedene Exportgüter weiterverarbeitet zu werden (↗, Seite 26, „Direkte Importe und Exporte“). Die deutsche Exportwirtschaft ist auch besonders energieintensiv. Denn in den Exporten „stecken“ fast zweieinhalb Mal so viele fossile Energieträger und ein Drittel mehr Metallerze als in den Importen. Bei Biomasse hingegen ist ein solcher Unterschied zwischen Importen und Exporten kaum gegeben, und bei Mineralien ist dieses Verhältnis sogar umgekehrt; die Importe Deutschlands erfordern ein Drittel mehr an Mineralien als dessen Exporte.

Auch für einzelne Produkte kann eine Bilanz des vorgelagerten Rohstoffbedarfs erstellt werden, in die die indirekten Flüsse miteinbezogen werden. Dies erfolgt zumeist mit Hilfe einer sogenannten Lebenszyklusanalyse. Bei solchen Analysen zeigt sich rechnerisch, dass der gesamte Rohstoffbedarf um ein Vielfaches größer ist als das Eigengewicht des Produkts. So besitzt etwa ein durchschnittlicher PKW ein Eigengewicht von ca. 1.500 Kilogramm, der vorgelagerte Rohstoffbedarf kann jedoch bis zu 70 Tonnen betragen (→ Tabelle 2.)

Vergleich Eigengewicht und gesamter Rohstoffbedarf für ausgewählte Produkte

Produkt	Produkt Eigengewicht (kg)	Gewicht des ökologischen Rucksacks (kg)
Motorrad	150	3.300
Auto (S-Klasse)	1.500	70.000
Computer-Chip	0,00009	20
Musik-CD	0,015	1,6
Laptop	2,8	434
Goldring	0,005	2.700

Tabelle 2

Quelle: Schmidt-Bleek, 2008

Warum ist der Blick auf indirekte Flüsse wichtig?

Die Vernetzung des globalen Wirtschaftssystems wird zunehmend komplexer, wodurch Produktion und Konsum geographisch immer stärker voneinander getrennt sind. Möchte man wissen, welche ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte außerhalb Deutschlands mit der deutschen Endnachfrage in Zusammenhang stehen, so ist es unabdingbar, die vorgelagerten Leistungen entlang der globalen Wertschöpfungsketten – die sogenannten „indirekten Flüsse“ oder „Rohstoffäquivalente“ – zu betrachten. Denn mit zunehmendem Import von Ressourcen gehen häufig negative Auswirkungen im ökologischen oder sozialen Bereich einher. Ein Beispiel dafür ist der Abbau von Erzen im Regenwald. Zur Gewinnung unterschiedlicher Rohstoffe, die häufig in feucht-tropischen Gebieten vorkommen, müssen große Flächen an Wald gerodet werden. Das bringt schwerwiegende negative Folgen sowohl für die lokale Bevölkerung als auch für den Regenwald als Kohlenstoffspeicher und Ökosystem mit großer Artenvielfalt mit sich.

Die Rohstoffe werden weiter verarbeitet, exportiert und für die Herstellung von hochwertigen Fertigwaren verwendet. Deutschland trägt als verarbeitende Volkswirtschaft und über den Konsum seiner Bevölkerung eine Mitverantwortung für die mit der ursprünglichen Gewinnung einhergehenden negativen Auswirkungen.

Abhängigkeit vom Rohstoffimport

Deutschland ist ein Nettoimporteur von Rohstoffen und Produkten. Das Funktionieren der Wirtschaft und die Aufrechterhaltung des Lebensstils der Bevölkerung Deutschlands sind somit in direkter und indirekter Hinsicht stark von Importen aus dem Ausland abhängig. Bei Erdöl und Erdgas beträgt diese Importabhängigkeit über 90 %. Bei vielen metallischen Rohstoffen ist die Situation mit einer hundertprozentigen Abhängigkeit von ausländischen Rohstoffquellen sogar noch stärker ausgeprägt. Das hat Konsequenzen für die Versorgungssicherheit der Wirtschaft.

Vorkommen und Zugänglichkeit von Rohstoffen sind zwischen den Ländern der Welt ungleich verteilt. Dies hat vor allem geologische Gründe. Für bestimmte Rohstoffe befinden sich Lagerstätten, deren Ausbeutung auch wirtschaftlich rentabel ist, nur in einigen wenigen Regionen der Welt. Beispielsweise liegen die derzeit relevanten Kupferlagerstätten lediglich in dreizehn Ländern (USGS, 2015).

Je größer die Importmengen im Vergleich zur inländischen Entnahme von Rohstoffen, desto ausgeprägter ist die Abhängigkeit von anderen Förderländern. Insbesondere im Bereich metallischer Rohstoffe wie Eisen- und Nichteisen-

erze sowie bei fossilen Energieträgern wie Erdöl und Erdgas fehlen Deutschland heimische Vorkommen, und die Wirtschaft ist beinahe zu 100 % von ausländischen Quellen abhängig (→ Abbildung 16). Metallерze sind im Bereich des Maschinenbaus und im Elektroniksektor von großer Bedeutung – zwei äußerst wichtige Sektoren für die deutsche Wirtschaft. Erdöl und Erdgas spielen als Energiequellen für Produktion, Transport und für die Wärmeerzeugung eine essenzielle Rolle. Ein solches Abhängigkeitsverhältnis vom Ausland ist nicht nur ein Kostenfaktor, sondern hat wichtige Konsequenzen für die Versorgungssicherheit der Wirtschaft.

Inländischer und ausländischer Anteil am Rohstoffbedarf Deutschlands nach Primärrohstoffen, 2010

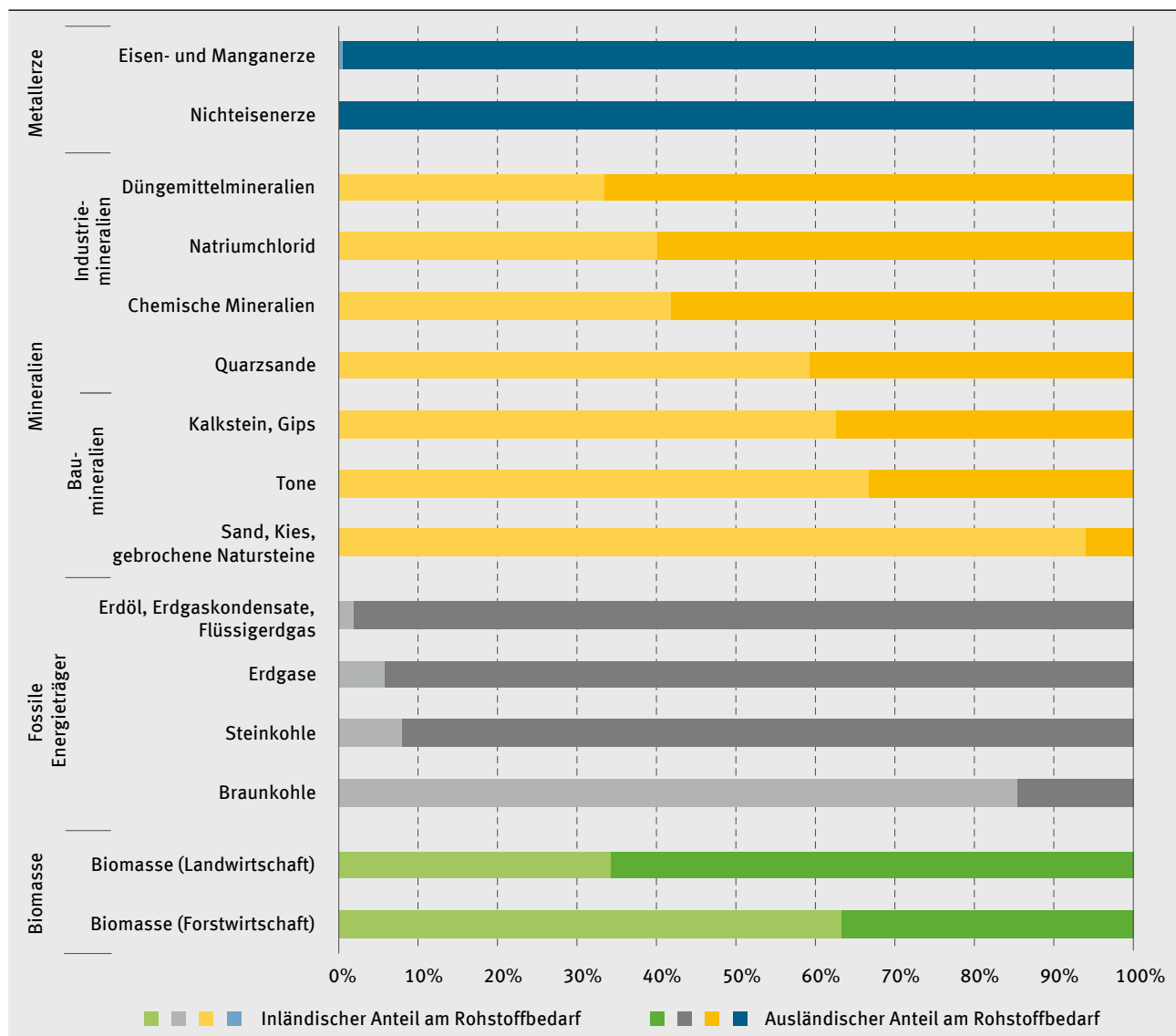


Abbildung 16

Quelle: Destatis, 2015 a

So führte beispielsweise China, mit 90 % Marktanteil der weltgrößte Produzent von Seltenen Erden, im Jahr 2010 Ausfuhrquoten für diese metallischen Rohstoffe ein, die insbesondere im Bereich elektronischer Produkte eine zentrale Rolle spielen. Nach langen Verhandlungen mit großen Volkswirtschaften wie der EU, den USA und Japan wurden diese im Jahr 2015 schließlich wieder aufgehoben. Die Industrieländer hatten jedoch teilweise Lieferengpässe und Wettbewerbsnachteile erlitten. Solche Risiken können durch verstärktes Recycling von Materialien – soweit technisch möglich – gemindert werden (→ Seite 42, „Recycling als alternative Rohstoffquelle“). Dies gilt insbesondere für Metalle, aber auch für Industriemineralien, wie etwa Phosphor, welches für die deutsche Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion eine wichtige Rolle spielt. Im Unterschied zu fossilen Energieträgern, Metallerzen und Industriemineralien stammte im Jahr 2010 der Großteil der Baumineralien, insgesamt etwa 86 %, aus dem Inland. Auch im Bereich der Biomasse (Land- und Forstwirtschaft) wird ein größerer Anteil, nämlich 58 % der gesamten genutzten Menge, heimisch

produziert. Zusätzlich zum Rohstoffbedarf für die Produktion befindet sich Deutschland auch bei der Endnachfrage in der Gruppe jener Industrieländer, die große Anteile an Rohstoffen aus anderen Ländern in Anspruch nehmen. Der Anteil der Importe an Deutschlands Rohstoffkonsum liegt mit mehr als zwei Dritteln fast auf dem Niveau von Japan oder dem Vereinigten Königreich (→ Abbildung 17). Im Unterschied zu diesen Ländern werden jedoch in Deutschland gleichzeitig mehr entnommene Rohstoffe direkt oder indirekt exportiert (siehe Betrachtung von Nettoimporten, → Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“). Einige andere Industrieländer mit großer Landesfläche sind hingegen in der Lage, ihre Endnachfrage zu einem weit größeren Anteil aus inländischen Vorkommen zu decken, beispielsweise die USA und Australien. China ist dabei ein besonderer Fall: Der ausländische Anteil für die Deckung des heimischen Rohstoffkonsums ist mit unter 20 % gering; gleichzeitig besteht jedoch ein hoher Importbedarf an Rohstoffen, um Chinas Exportindustrien zu versorgen.

Importabhängigkeit des Rohstoffkonsums (RMC) verschiedener Länder, 2010

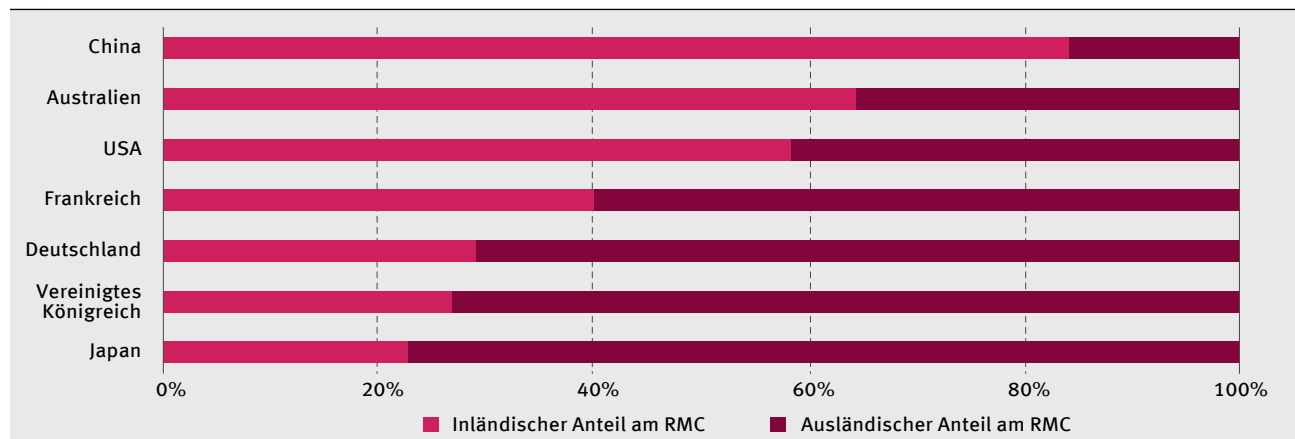


Abbildung 17

Quelle: WU, 2016 a

Hohe Importabhängigkeit: Metalle für die deutsche Wirtschaft

Laut Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) bezieht Deutschland gewisse Metalle und deren Erze aus nur einigen wenigen Ländern. Dies ist beispielsweise für das Metall Niob der Fall, welches im Jahr 2013 zu 97 % aus Brasilien bezogen wurde und vorrangig als Legierungszusatz für rostfreie Stähle sowie Nichteisenlegierungen zum Einsatz kommt. Ein ähnlicher Fall sind Seltene Erden und Antimon, die jeweils zu 90 % aus China importiert werden. Erstere werden hauptsächlich in Schlüsseltechnologien wie Magnetwerkstoffe für Elektromotoren oder Generatoren, als Elektrodenmaterialien in Batterien und als Leuchtstoff in energieeffizienten LEDs eingesetzt, während letzteres als Flammenschutzmittel kaum verzichtbar ist. Auch die Länderkonzentration der Produktion bei Basismetallen wie Eisen, Kupfer und Zinn ist relativ hoch. Mit zunehmender Konzentration der Reserven und der Produktion auf wenige Länder steigt das Risiko von handelspolitisch motivierten restriktiven Maßnahmen zur Ausnutzung von Marktmacht seitens der Anbieter. Oligopolistische Angebotsstrukturen können einen erheblichen Einfluss auf die global bereitgestellten und gehandelten Rohstoffmengen ausüben. Sie bergen aber in politisch instabilen, repressiven, undemokratischen Staaten auch das Risiko von Lieferkettenunterbrechungen durch politische und militärische Auseinandersetzungen. Einigen Ländern, aus denen Deutschland Metallerze und Metallerzeugnisse zu großen Anteilen bezieht, wird von der Weltbank eine defizitäre Regierungsführung attestiert und ein hohes Risiko bezüglich der Zuverlässigkeit gegenüber den Handelspartnern gesehen (DERA, 2014). Um diese Risiken und Abhängigkeiten zu reduzieren, wird sowohl auf nationaler wie auch auf EU-Ebene an entsprechenden wirtschaftspolitischen Strategien gearbeitet – wie beispielsweise der Mitteilung zu „Grundstoffmärkten und Rohstoffen“ der EU-Kommission (BGR, 2014).

Die geografische Herkunft der Rohstoffe

Für manche der von Deutschland aus der ganzen Welt bezogenen Rohstoffe kommt bestimmten Regionen und Ländern eine wesentliche Rolle zu. Der asiatische Kontinent sticht dabei besonders hervor. 62 % der entlang der Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft im Ausland entnommenen fossilen Energieträger und sogar 73 % der Mineralien wurden in Asien eingesetzt. Aber auch Lateinamerika, Nordamerika und Afrika spielen bei gewissen Rohstoffen eine wichtige Rolle. So ist etwa Lateinamerika eine wichtige Lieferregion für Metallerze nach Deutschland.

Deutschlands Rohstoffkonsum war im Jahr 2011 zu etwas mehr als zwei Drittel von Importen abhängig (↗, Seite 30, „Abhängigkeit vom Rohstoffimport“). In den meisten Fällen spielten einige wenige Länder oder Regionen als Rohstofflieferanten eine zentrale Rolle. Vor allem der asiatische Kontinent und dabei wiederum China stachen hinsichtlich aller Rohstoffgruppen deutlich hervor.

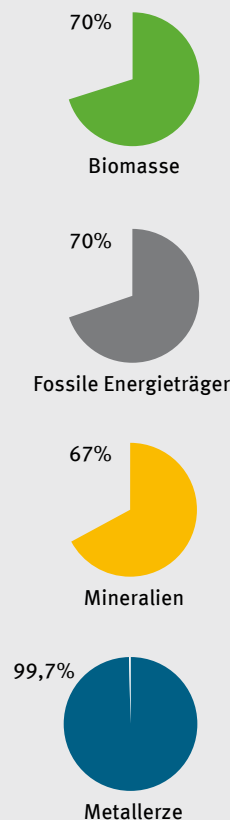
Von den für den deutschen Rohstoffkonsum im Jahr 2011 nötigen Importen wurde etwa die Hälfte der Biomasse, mehr als die Hälfte der fossilen Energieträger (inklusive Russland, exklusive des Nahen Ostens), mehr als ein Drittel der Metallerze sowie mehr als zwei Drittel der Mineralien ursprünglich in Asien entnommen. Besonders bei letzteren stammte sogar mehr als die Hälfte der Rohstoffe allein aus China. Dies kann dadurch erklärt werden, dass in China seit vielen Jahren große Mengen an Rohstoffen für den Ausbau von Infrastruktur für die chinesische Exportwirtschaft, wie etwa Gebäude, Straßen, Häfen oder Kraftwerke, notwendig waren.

Betrachtet man die für den deutschen Rohstoffkonsum nötigen Metallerze, so wird vor allem deutlich, dass außer aus Asien etwa ein Drittel der gesamten Menge (knapp 50 Millionen Tonnen) in Lateinamerika abgebaut wurde. Der größte Teil stammte dabei aus Brasilien, das über große Vorkommen an Eisen-, Aluminium-, Kupfer-, Gold-, Mangan-, Niob- und Zinkerzen verfügt.

Geografischer Ursprung der Rohstoffgrundlage Deutschlands nach Rohstoffgruppen und Weltregionen, 2011

Top-5 Regionen bzw. Länder aus denen Deutschland Rohstoffe direkt und indirekt importiert.
Angaben in Prozent-Anteilen des Gesamtimports der jeweiligen Rohstoffgruppe.

Anteil der Importe
am gesamten Rohstoffkonsum
nach Rohstoffgruppen

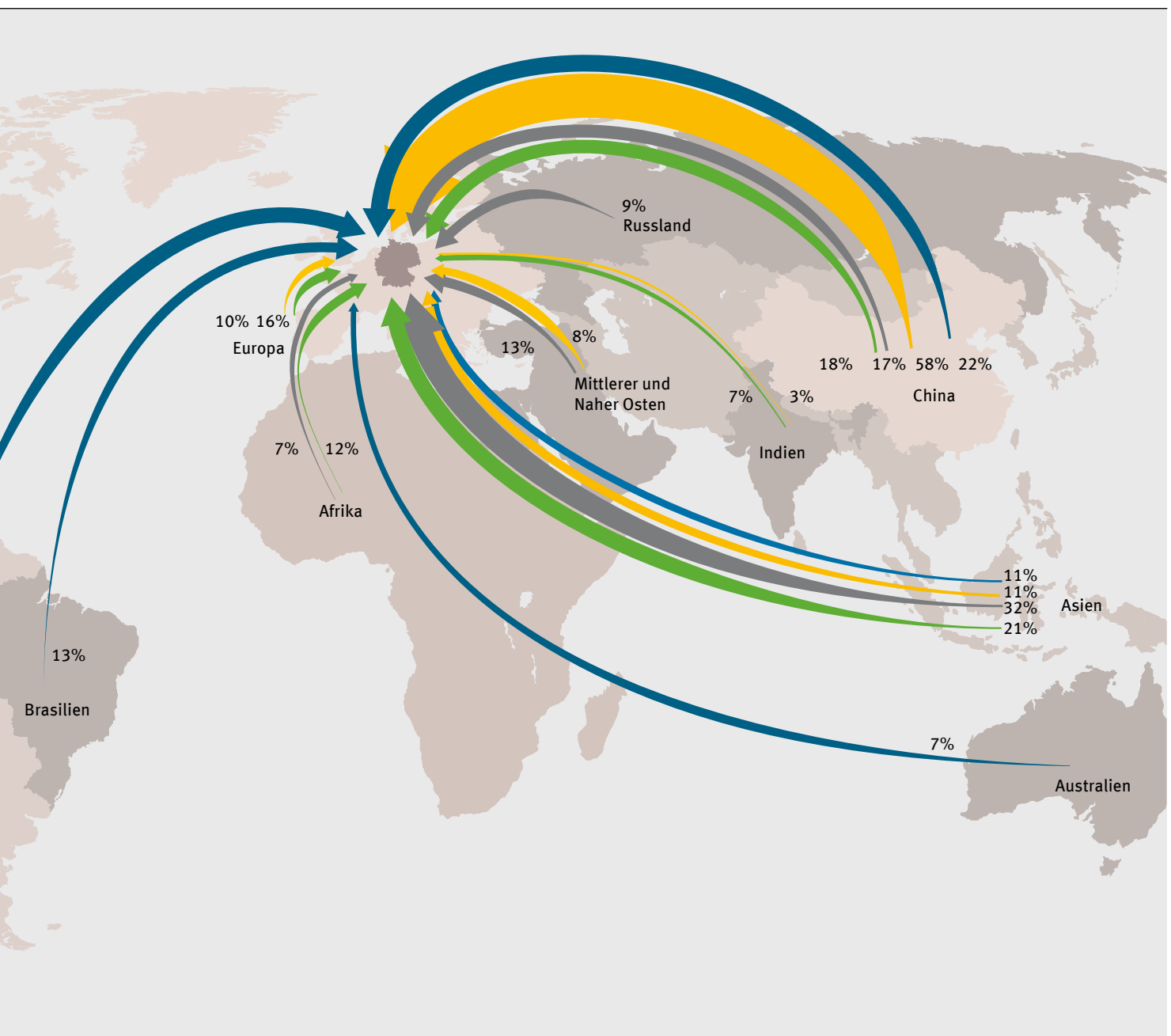


Lateinamerika

Abbildung 18

EITI – Extractive Industries Transparency Initiative

Die Extractive Industries Transparency Initiative (EITI) (Initiative für Transparenz im rohstoffgewinnenden Sektor) ist eine internationale Initiative unter Beteiligung zahlreicher Nichtregierungsorganisationen, Unternehmen und Staaten, die sich speziell der Transparenz jener Einnahmen von Entwicklungsländern widmet, die aus dem Abbau von Rohstoffen stammen. In EITI als einer Multi-Stakeholder-Gruppe sind Regierungen und ihre nachgeordnete Behörden, Unternehmen der rohstoffgewinnenden Industrien, Dienstleistungsunternehmen, multilaterale Finanzorganisationen sowie Anleger und Nichtregierungsorganisationen vertreten. Die Mitglieder verpflichten sich zu einem Mindestmaß an Transparenz zu Zahlungen in den Unternehmensberichten und zu den erzielten Einnahmen in Regierungsberichten. Darunter fallen beispielsweise die Offenlegung der Staatseinnahmen aus den rohstoffgewinnenden Industrien sowie eine Offenlegung aller wesentlichen Zahlungen von Öl-, Gas- und Bergbauunternehmen an den Staat. Im Sinne von „Open-Government“ soll ein freier Zugang zu allen relevanten Daten („Open-Data“) gewährleistet werden. Ein weiteres Ziel ist es, die öffentliche Debatte anzuregen und in der globalisierten Wirtschaft Verantwortlichkeiten aufzuzeigen. Deutschland ist im Moment Kandidat für eine Aufnahme in EITI (EITI, 2016).



Quelle: WU, 2016 a



Die Rolle der Wirtschaft: Wertschöpfung aus Rohstoffen

1,9
Mrd. Tonnen

**Rohstoffeinsatz für die in Deutschland
produzierten Endnachfragegüter, 2011**

20
Prozent

**Anteil Fertigung von Produkten
aus Biomasse am gesamten Rohstoffkonsum, 2011**



1,3
Euro

**Wertschöpfung pro Kilogramm eingesetztem Rohstoff,
2011**

48,3
Prozent

**Steigerung der Rohstoffproduktivität,
1994 – 2013**

46
Prozent

**Anteil sekundärer Rohstoffe
an der Rohstahl-Produktion, 2013**

79
Prozent

**Gesamte Verwertungsquote
aller Abfälle, 2014**

Datenquellen:  Seite 80

Rohstoffkonsum nach Wirtschaftssektoren

Zur wirtschaftlichen Leistung Deutschlands tragen eine Vielzahl an Sektoren bei. Diese verwenden in unterschiedlichem Ausmaß Rohstoffe. Der Einsatz erfolgt direkt in der Produktion, aber auch indirekt über die eingesetzten Maschinen und Vorprodukte. Auch der aus den Rohstoffen generierte Mehrwert variiert stark zwischen den Sektoren und liegt zwischen etwa 30 Cent pro Kilogramm in der Landwirtschaft und 180 Euro pro Kilogramm im Vertrieb und Einzelhandel.

Deutschland ist die viertgrößte Volkswirtschaft der Welt. 1,9 Milliarden Tonnen an Rohstoffen flossen 2011 direkt oder indirekt in die Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die an die Endnachfrage in Deutschland oder in andere Länder geliefert wurden (↖ Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“). Diese Rohstoffmengen verteilen sich nicht gleichmäßig auf die unterschiedlichen Wirtschaftssektoren. So beansprucht die Fertigung von Produkten aus Biomasse einen Rohstoffkonsum von über 380 Millionen Tonnen, der Vertrieb und Einzelhandel lediglich von 647.000 Tonnen (→ Abbildung 19, in der Kategorie „Sonstige“ enthalten; ↘ Seite 72, Tabelle A 5).

Unterschiedliche Mengen bedeuten nicht per se, dass ein Sektor ineffizienter wirtschaftet als ein anderer. Vielmehr liegen diese in den unterschiedlichen Wirtschaftsfeldern begründet. Ein Vergleich der absoluten Mengen unterschiedlicher Sektoren kann jedoch wichtige Hinweise darauf liefern, wo sogenannte „Hotspots“ für Politikmaßnahmen zur Rohstoffeinsparung liegen. Ein Vergleich der Intensitäten des selben Sektors in unterschiedlichen Ländern erlaubt es hingegen, Orientierungswerte für „Best Practices“ zu definieren.

Rohstoffeinsatz für die in Deutschland produzierten Endnachfragegüter, 2011

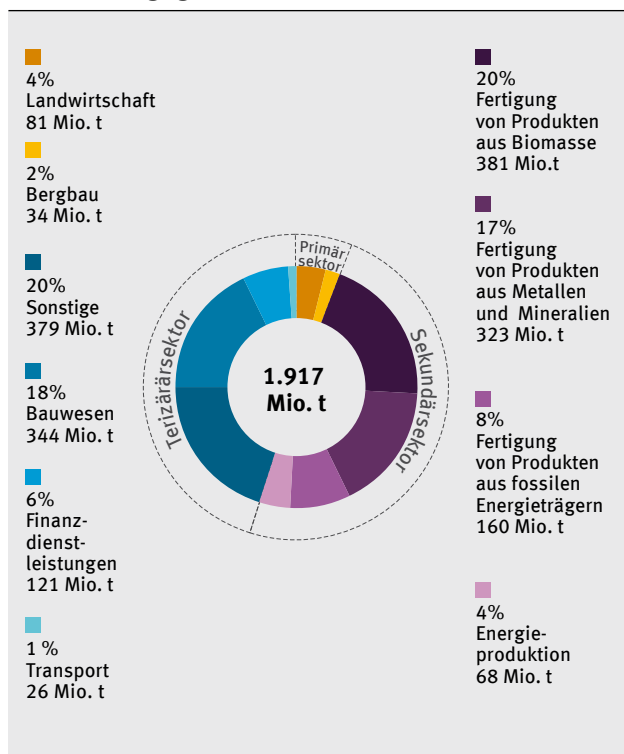


Abbildung 19

Quelle: WU, 2016 a

Um die heimische und ausländische Endnachfrage nach Produkten zu bedienen, benötigen neben dem Biomasse-sektor auch das Bauwesen und die Fertigung von Produkten aus Metallen und Mineralien absolut gesehen besonders viele Rohstoffe. Sie sind für 20%, 18% bzw. 17% des gesamten Rohstoffkonsums der deutschen Wirtschaft verantwortlich (↖ Abbildung 19). Diese Sektoren haben einen hohen Bedarf an Primärrohstoffen wie Baumineralien oder Biomasse bzw. an verarbeiteten Produkten mit einem hohen Anteil an rohstoffintensiven Vorleistungen, wie etwa Metallbauteilen oder Maschinen. Im Vergleich dazu nehmen die Sektoren Vertrieb und Einzelhandel oder Transport nur einen geringen Anteil in Anspruch. Zusammen kommen sie nur auf 2 % des gesamten Rohstoffkonsums. Der relativ geringe Bedarf dieser Sektoren besteht zu einem großen Teil aus indirekten Rohstoffflüssen (↖ Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“), die hauptsächlich über Vorleistungen im Bereich Infrastruktur zustande kommen. Der geringe Konsum der Primärsektoren liegt wiederum darin begründet, dass diese vergleichsweise wenig für die (nationale und internationale) Endnachfrage produzieren.

Ebenso unterschiedlich wie die absoluten Rohstoffmengen sind auch die Rohstoffintensitäten – also die Menge an Rohstoffen, die pro erwirtschaftetem Euro eingesetzt werden. Diese liegen beispielsweise in der Landwirtschaft bei 3 kg/€, im Vertrieb und Einzelhandel jedoch bei nur 10 g/€ (→ Abbildung 20). Diese Unterschiede können mehrere Gründe haben. Zum einen spielt der Anteil der verwendeten Primärrohstoffe eine wichtige Rolle. So werden Sand und Schotter in großen Mengen in der Bauindustrie verwendet, haben aber einen relativ niedrigen Preis pro Masseinheit, was zu einer hohen Rohstoffintensität des Bergbausektors von 2,3 kg/€ führt (↘ Seite 72, Tabelle A 5). Hinzu kommt der Grad der Weiterverarbeitung des gehandelten Produkts, da weiterverarbeitete Produkte zumeist einen höheren Verkaufspreis aufweisen. Dienstleistungssektoren haben dementsprechend oft sehr niedrige Rohstoffintensitäten. Schließlich kann auch die angewandte Technologie und somit die Rohstoffeffizienz eines bestimmten Herstellungsverfahrens die Rohstoffintensität beeinflussen. Innovative Verfahren können hier helfen Effizienzpotenziale zu heben und sowohl den absoluten Einsatz als auch die Intensität zu senken. Eine Entwicklung des Wirtschaftssystems weg vom verarbeitenden Gewerbe hin zu Dienstleistungssektoren mag zwar die Wertschöpfung bei niedrigeren Intensitäten steigern, wird aber nur bedingt die absoluten Mengen des Rohstoffkonsums senken, da diese in den vorgelagerten indirekten Flüssen erhalten bleiben.

Rohstoffintensitäten einzelner Sektoren der deutschen Wirtschaft, 2011

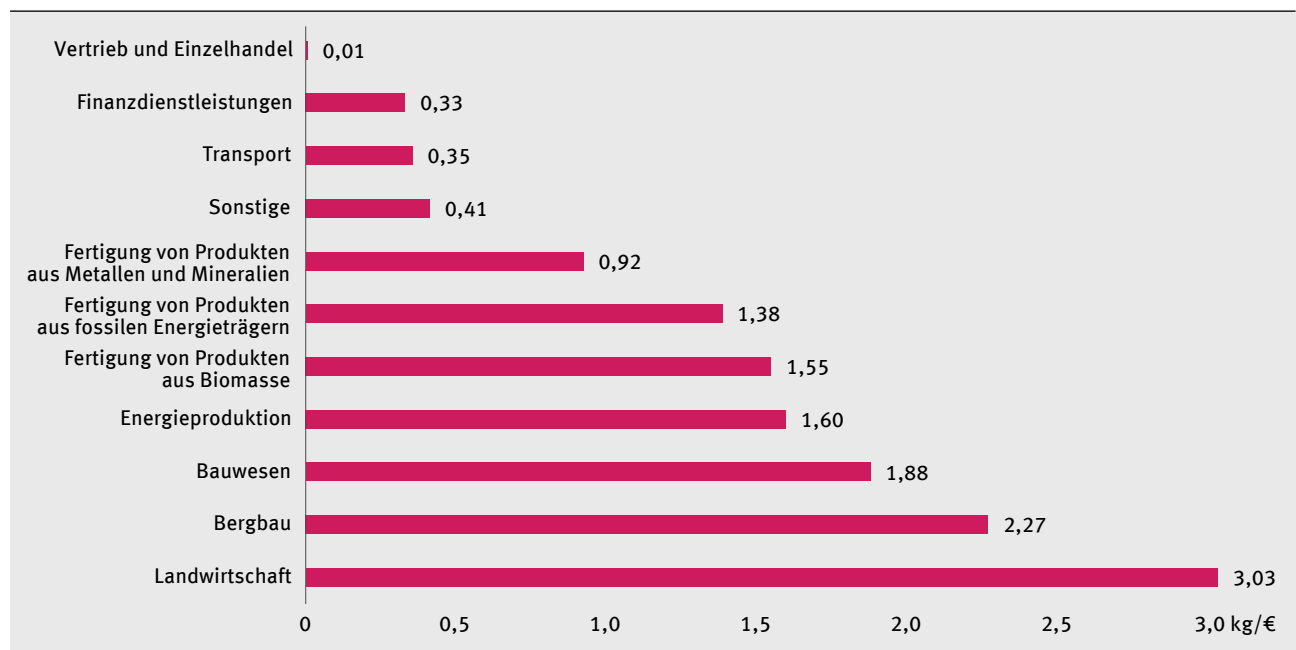


Abbildung 20

Quelle: WU, 2016 a

Der Bedarf an Rohstoffen der einzelnen Sektoren wird aus inländischen oder aus ausländischen Quellen – bzw. direkt oder indirekt (→ Seite 28, „Indirekte Importe und Exportflüsse“) – gedeckt. Der Anteil der ausländischen Rohstoff-Vorleistungen am Gesamt-Rohstoffkonsum eines Sektors hängt dabei stark von den Haupt-Rohstoffgruppen ab, die vom jeweiligen Sektor verarbeitet werden. Während die Landwirtschaft hauptsächlich auf Biomasse (und somit auf inländische Rohstoffe) zugreift, haben Fertigungssektoren zumeist einen hohen Anteil an fossilen Energie-

trägern und Metallerzen (also hauptsächlich Rohstoffen ausländischen Ursprungs) (→ Abbildung 21). Die Tatsache, dass Primärrohstoffe im Bereich Mineralien und Biomasse generell zu einem größeren Anteil aus heimischen Quellen bezogen werden, während fossile Energieträger und Metallerze vor allem aus Importen stammen, wirkt sich auch darauf aus, welche Sektoren der deutschen Wirtschaft mehr oder weniger von ausländischen Rohstoffen abhängig sind (→ Seite 30, „Abhängigkeit vom Rohstoffimport“).

Rohstoffeinsatz einzelner Sektoren der deutschen Wirtschaft nach Materialgruppen, 2011

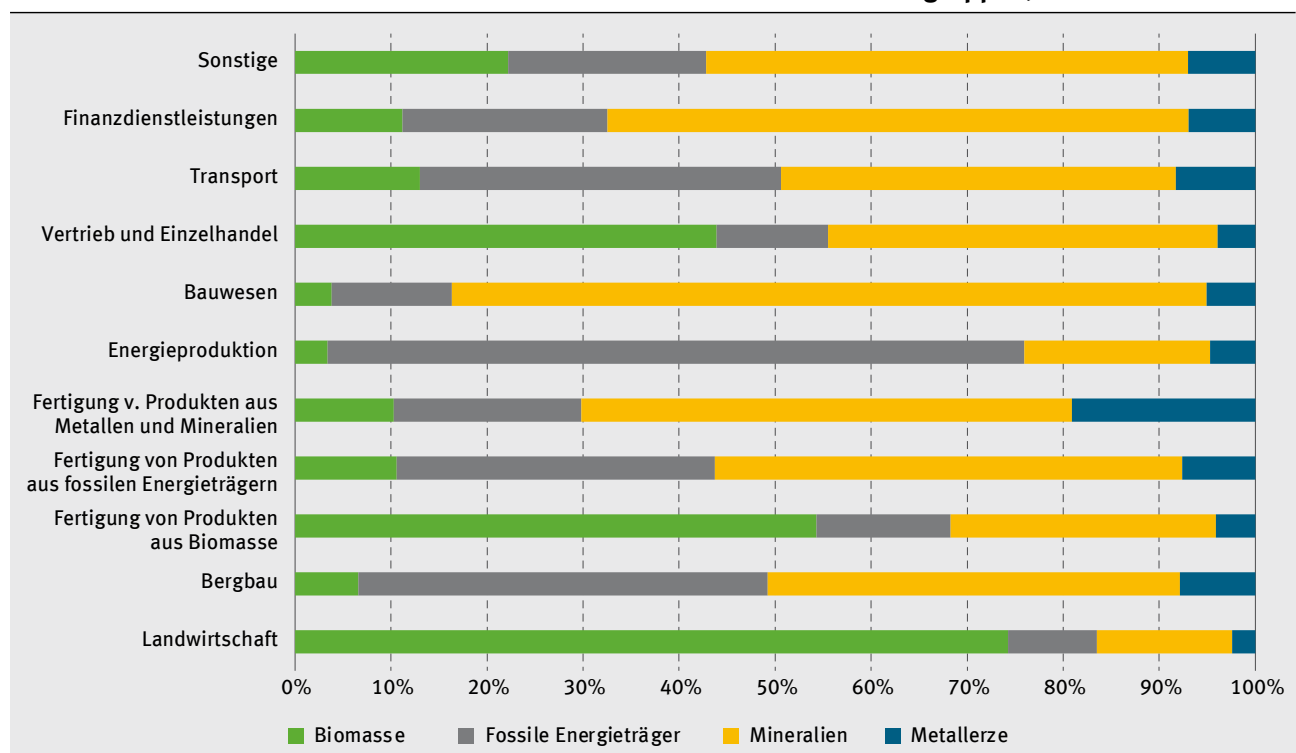


Abbildung 21

Quelle: WU, 2016 a

Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung

Die Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der Rohstoffnutzung ist in Deutschland ein umwelt- und wirtschaftspolitisches Ziel. Die Betrachtung, ob solch eine Entkopplung stattfindet und wie die Trends zu interpretieren sind, hängt jedoch davon ab, welche Aspekte der Nutzung miteinbezogen werden und ob eine produktions- oder konsumbasierte Perspektive eingenommen wird. Generell zeigt sich für Deutschland in den letzten Jahren eine Zunahme der Rohstoffproduktivität und somit ein Entkopplungsprozess.

Auf weltweiter Ebene verdoppelte sich der Rohstoffkonsum im Zeitraum 1980–2011, wodurch der Druck auf die Umwelt bedeutend zunahm. Das Konzept der Entkopplung zielt darauf ab, einen positiven Trend – das Wirtschaftswachstum, das häufig als wichtigster Motor für Beschäftigung und Wohlstand gilt – von der Rohstoffnutzung zu lösen.

Gelingt es einem Land, seine Wirtschaftsleistung stärker zu erhöhen als seine Rohstoffnutzung, so spricht man von einer relativen Entkopplung. Im Fall einer gleichzeitig sinkenden Rohstoffnutzung spricht man von einer absoluten Entkopplung. In beiden Fällen kommt es zu einer Steigerung der Produktivität in der Nutzung der Rohstoffe, aber nur in letzterem wird der Druck auf die Umwelt reduziert.

Gerade für Industrieländer wie Deutschland ist eine absolute Entkopplung ein notwendiges (auch politisches) Ziel, um die Umwelt zu entlasten und im Gegenzug Entwicklungsländern einen Zuwachs ihrer Rohstoffnutzung zu ermöglichen. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie sieht als wichtigstes Ziel eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität zwischen 1994 und 2020 vor, die bislang nur teilweise erreicht werden konnte (Deutsche Bundesregierung, 2002) (↗ Seite 73, Tabelle A 6).

Sowohl für Rohstoffproduktivität als auch für die Gesamtrohstoffproduktivität (→ Box) zeigen sich ähnliche Muster. Sowohl der abiotische direkte Materialeinsatz (DMI_{abiot}) als auch der Rohstoffeinsatz (RMI) brachen im Jahr 2009 – dem Jahr der globalen Wirtschaftskrise – stark ein, wobei der RMI in den Jahren davor über dem Niveau des Jahres 2000 lag, der DMI_{abiot} jedoch seit dem Jahr 2000 kontinuierlich abnahm. Ab 2010 wurde der Trend hinsichtlich der Mengen jedoch wieder dort fortgesetzt, wo er 2008 unterbrochen worden war. Der DMI_{abiot} nahm während der Krise deshalb so stark ab, weil vor allem die Bauwirtschaft stark betroffen war und diese wiederum einen wichtigen Anteil des DMI_{abiot} ausmacht. Und auch der RMI zeigte einen starken Einbruch, da für den indirekten Rohstoffkonsum auch andere (ausländische) Sektoren eine wichtige Rolle spielen. Ein ähnlicher Trend konnte beim Bruttoinlandsprodukt (BIP) bzw. bei den Importen beobachtet werden. Ein stetiges Wachstum der Wirtschaft wurde 2009 jäh unterbrochen, um im Jahr 2010 – allerdings auf einem geringeren Niveau als vor der Krise – wieder stark anzuziehen (↗ Seite 73, Tabelle A 6).

Entwicklung der Rohstoffproduktivität (links) und der Gesamtrohstoffproduktivität (rechts) in Deutschland, 2000–2011

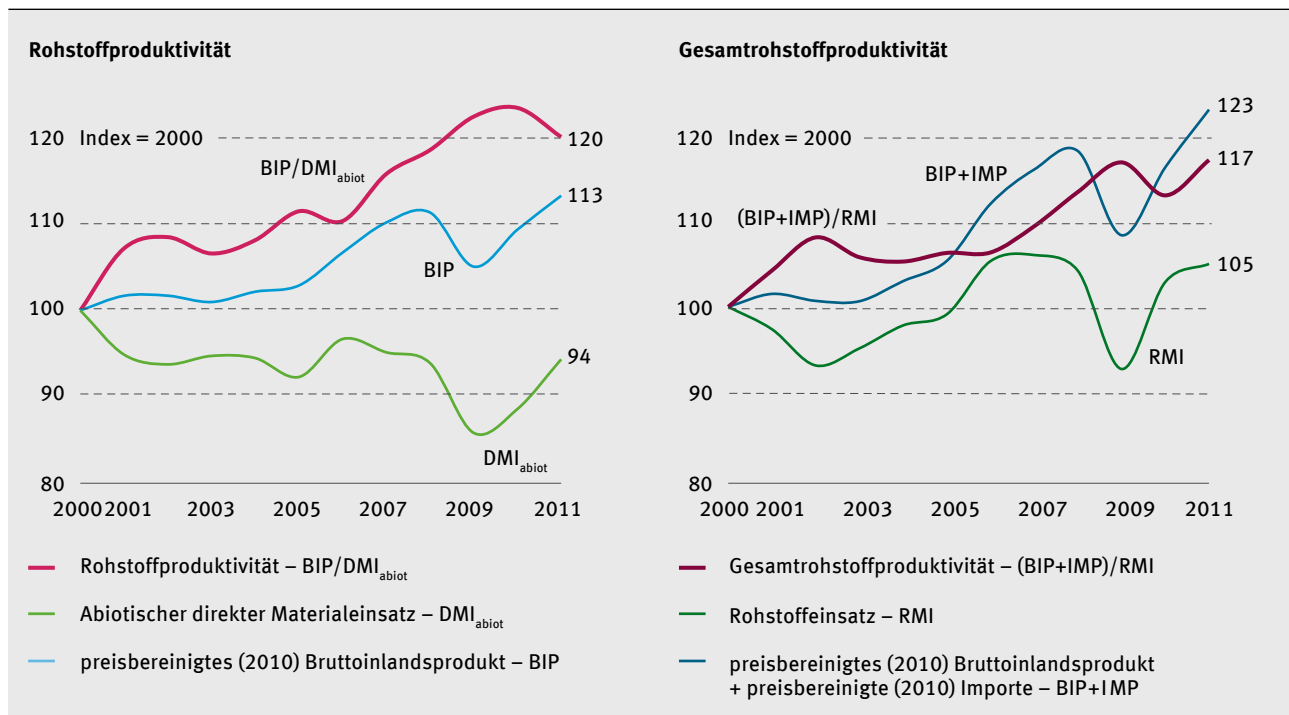


Abbildung 22

Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Destatis, 2015 a, e, g

Verhältnis BIP zu RMC für ausgewählte Länder, 2011

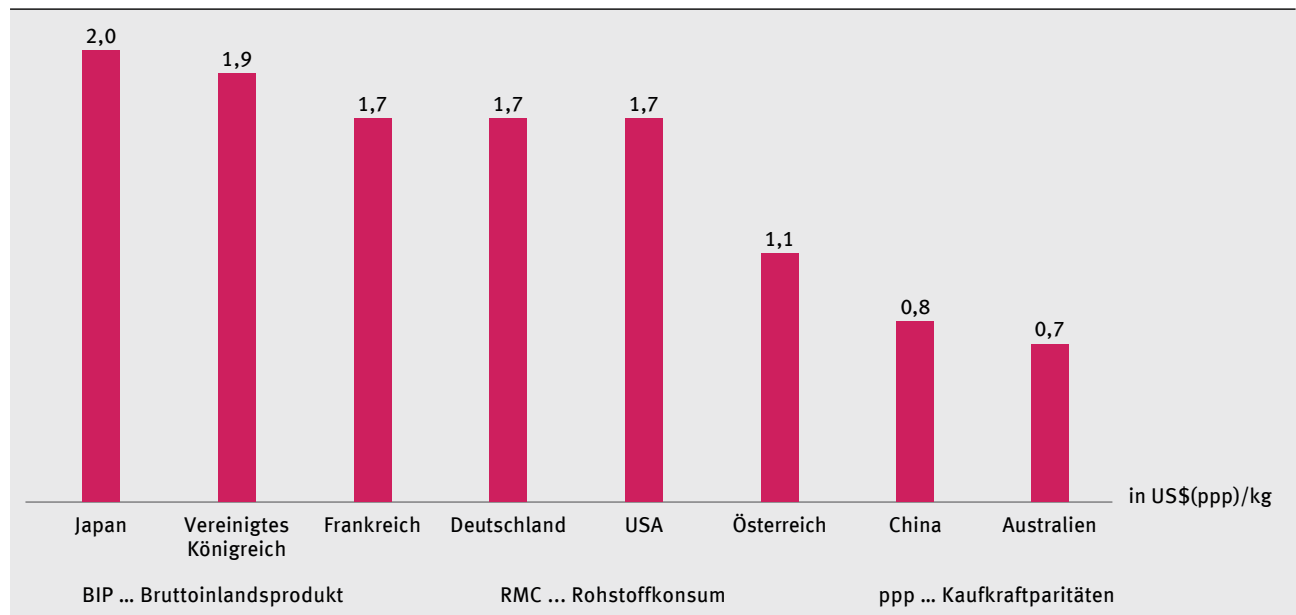


Abbildung 23

Quelle: WU, 2016 a

Diese Entwicklungen bedeuteten, dass die Rohstoffproduktivität, nach einem Höchststand im Jahr 2010, im Jahr 2011 wieder zurückging – womit im Vergleich zum Jahr 2000 eine Verbesserung um 20 % festgestellt werden kann. Auch die Gesamtrohstoffproduktivität ging im Jahr 2010 zurück, konnte aber im Jahr 2011 in etwa wieder im Bereich des Jahres 2009 fortsetzen. Im gesamten Zeitraum 2000 bis 2011 stieg sie daher um 17 %.

Verwendet man den DMI_{abiot} und das BIP für die Analyse, kann für den Zeitraum 2000 – 2011 eine absolute Entkopplung festgestellt werden. Dies liegt darin begründet, dass der DMI_{abiot} um 6% abnahm, während das BIP um 13% anstieg. Beim Vergleich des RMI mit der Summe aus BIP und Importen kann hingegen lediglich eine relative Entkopplung beobachtet werden. Das Ziel, den Rohstoffeinsatz zu reduzieren, wurde jedoch mit einer absoluten Zunahme des RMI um 5 % verfehlt (→ Seite 73, Tabelle A 6).

Auf internationaler Ebene (z. B. EU oder UN-Umweltprogramm, UNEP) werden für die Analyse der Rohstoffnutzung statt der Indikatoren DMI_{abiot} und RMI, welche eine Produktionsperspektive einnehmen, der Rohstoffkonsum („RMC“, mit indirekten Flüssen) sowie der inländische Material-

konsum („DMC“, ohne indirekte Flüsse) verwendet. Diese Konsumindikatoren werden – z. B. für den „Fahrplan zu einem ressourceneffizienten Europa“ der EU-Kommission – mit dem BIP verglichen.

Im internationalen Vergleich des Indikators BIP / RMC (← Abbildung 23) wird deutlich, dass sich Deutschland mit einem Wert von umgerechnet 1,74 US-Dollar pro Kilogramm im Bereich anderer Industrieländer wie Frankreich oder den USA befindet. Japan ist hier Vorreiter. Gleichzeitig ist das Niveau in Deutschland mehr als doppelt so hoch wie in China oder Australien. Die Gründe hierfür liegen bei China in einem gewaltigen Rohstoffkonsum bei gleichzeitig noch geringem Einkommensniveau; bei Australien spiegelt es die Orientierung der Wirtschaft an rohstoffintensiven Sektoren wider, die trotz hohen BIPs eine niedrige Produktivität ergibt.

Bei der Verwendung dieses Indikators zeigt sich auch, dass Deutschland im Zeitraum 2000 – 2011 einerseits seine Produktivität um über 30% steigern konnte – andererseits wurde eine absolute Entkopplung erzielt. Während also bei der Endnachfrage Fortschritte festzustellen sind, zeigen die entsprechenden Indikatoren produktionsseitig Verbesserungspotenziale auf.

Berechnung der Rohstoffproduktivität

Um zu analysieren, ob sich Wirtschaftsleistung und Rohstoffnutzung entkoppelt haben, können unterschiedliche Indikatoren verwendet werden. Für die Rohstoffnutzung werden in Deutschland die Indikatoren „direkter Materialeinsatz“ (DMI; inländische Entnahme plus direkte Importe) sowie der Primärrohstoffeinsatz (RMI; inländische Entnahme plus direkte und indirekte Importe) herangezogen. In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wird auf den abiotischen direkten Materialeinsatz (DMI_{abiot}) fokussiert, also die Biomasse explizit ausgeklammert (Deutsche Bundesregierung, 2002).

Der DMI_{abiot} kann direkt mit dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) verglichen und daraus die Rohstoffproduktivität (BIP / DMI_{abiot}) berechnet werden. Für einen Vergleich mit dem RMI muss, um Indikatoren mit denselben Systemgrenzen miteinander zu vergleichen, die Summe aus BIP und dem Wert der Importe herangezogen werden. Daraus ermittelt sich die Gesamtrohstoffproduktivität als $(BIP+IMP) / RMI$ (← Abbildung 22).

Wirtschaftliche Effizienzpotenziale

Bei der Steigerung der Ressourceneffizienz der Wirtschaft spielen nicht nur die Entwicklung und der Einsatz von Technologien, sondern auch Art und Weise der Nutzung von Produkten eine wichtige Rolle. Somit können bereits kleine Änderungen der technologischen Rahmenbedingungen und Veränderungen des Bewusstseins und Verhaltens der Bevölkerung im gesamten System umfassende und langfristige Wirkungen erzielen. Sektoren wie das Bauwesen, der Transport, die Ernährung sowie die (Tele-)Kommunikation spielen dabei eine Schlüsselrolle bei der Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Ressourceneffizienz.

Wenn es darum geht, Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung von einander zu entkoppeln, spielt die Wirtschaftsstruktur – also die verschiedenen Branchen mit ihren Einzelbetrieben und Produkten – eine zentrale Rolle. Sektoren unterscheiden sich stark in ihrer Rohstoffintensität, was in der Verwendung unterschiedlicher Rohstoffe (mit unterschiedlichen Preisen) oder ihrer Position in der Wertschöpfungskette begründet ist (↗ Seite 38, „Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung“). Nicht nur deswegen haben sie auch unterschiedlich großes Potenzial, zu einer Entkoppelung beizutragen. Einige Wirtschaftssektoren können dabei eine Schlüsselrolle bei der Steigerung der Ressourceneffizienz spielen, entweder weil sie einen besonders großen Anteil an der gesamten Rohstoffinanspruchnahme haben oder weil sie dazu beitragen können, den Bedarf an rohstoffintensiven Produkten oder Technologien stark zu reduzieren.

Effizienzsteigerungen sind auch ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor, da erhöhte Ressourceneffizienz Kosteneinsparungen und somit Wettbewerbsvorteile bewirkt. Innerbetriebliche Innovationen spielen dabei eine zentrale Rolle und können durch entsprechende Rahmenbedingungen und Maßnahmen von staatlicher Seite gefördert werden (→ Box).

Gleichzeitig gilt es, etwaigen Rebound-Effekten entgegen zu steuern. Denn oft kann gesteigerte Ressourceneffizienz zu Kosteneinsparungen und somit zu einer erhöhten Nachfrage führen, welche den absoluten Konsum insgesamt steigen lässt. Somit kann eine Maßnahme den gegenteiligen Effekt der ursprünglichen politischen Intention haben (↗ Seite 38, „Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung“).

Auch in der Fortschreibung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (Deutsche Bundesregierung, 2016) wird die Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion als ein wichtiger Handlungsansatz identifiziert. Dafür werden drei verschiedene Maßnahmenfelder beschrieben: (1) die Entwicklung und Verbreitung von ressourceneffizienten Produktions- und Verarbeitungsprozessen, (2) der Ausbau der betrieblichen Effizienzberatung sowie (3) die Schaffung von Anreizen für die Nutzung von Energie- und Umweltmanagementsystemen. Die anvisierten Maßnahmen reichen dabei von der Fortsetzung und dem Ausbau von Förderprogrammen für material- und energieeffiziente Techniken und Verfahren über den Ausbau der Ressourceneffizienzberatung und der Stärkung der Infrastruktur zur Qualifizierung betrieblicher Berater bis hin zur Kopplung staatlicher Vergünstigungen an die Einführung von Energie- und Umweltmanagementsystemen.

Deutscher Rohstoffeffizienz-Preis

Der Deutsche Rohstoffeffizienz-Preis des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie dient dazu, einen Anreiz zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu setzen. Unter der fachlichen Leitung der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) werden

herausragende Beispiele rohstoff- und material-effizienter Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen sowie anwendungsorientierte Forschungsergebnisse prämiert.

www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Rohstoffeffizienzpreis/rep_node.html

Feinteilige Überschussmaterialien

Ein Beispiel für einen Preisträger ist die Dr. Krakow Rohstoff-Consult, die seit jeher einen Fokus auf die Vermarktung von feinteiligen Überschussmineralen aus der Industrie im Bereich der Steine und Erden setzt. Prämiert wurden die bisherigen Erfolge bei der Beantwortung der Frage, wie eine partielle Abkopplung von der primären Rohstoffbasis aussehen könnte. In diesem Zusammenhang gilt es, Quellen für sekundäre Rohstoffe zu finden und verschiedene Fragen zu beantworten. Können Tonminerale beispielsweise nur in ausgewiesenen Tonvorkommen oder auch in anderen Lagerstätten auftreten? Können anthropogene Rohstoffquellen primäre Ziegeltonne bei gleichbleibender Produktqualität liefern? Inwiefern kann ein Wechsel zu sekundären Rohstoffen sogar mit technischen oder monetären Vorteilen verbunden sein?

www.dr-krakow-labor.de/ressourcen

Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums

Ressourceneffizienz und Materialeinsparung ist auch ein Förderbereich im Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), in dem Demonstrationsvorhaben in großtechnischem Maßstab in Deutschland gefördert werden. Dabei werden herausragende Projekte

finanziert, die den Stand der Technik in einer Branche weiterentwickeln und gegebenenfalls sogar branchenübergreifend als „Leuchtturmprojekte“ mit Vorbildwirkung gesehen werden. Von dieser profitieren Wirtschaft und Umwelt, da innovative Unternehmen ihren Ressourcen- und Energieeinsatz und somit ihre Kosten reduzieren.

www.umweltinnovationsprogramm.de

Neues Verfahren – Gießtechnik statt Frästechnik

Ein Beispiel aus dem Innovationsprogramm ist die TITAL GmbH, die anspruchsvolle Feingussprodukte aus Titan- und Aluminiumlegierungen für die Luft- und Raumfahrt herstellt. Die bisher angewandten Frästechniken waren mit einem hohen Materialverbrauch von bis zu 10 Kilogramm je Kilogramm Titan-Fertigteil sowie einem hohen Energieeinsatz verbunden. Durch die Entwicklung eines innovativen Vakuumlichtbogen-Gießofens mit einer Kapazität von bis zu 500 Kilogramm Titan oder Titanlegierung können Titan-Großbauteile bis zu einer Größe von 1.500 Millimetern im Schwerkraftgießverfahren hergestellt und dabei bis zu 75 % an Material eingespart werden.

www.umweltinnovationsprogramm.de/erfolgsgeschichten#project_11_main

Umstieg auf andere Drucktechnik

Die Ritter GmbH stellt Kunststoff- und Verpackungstechniken wie beispielsweise Kartuschen oder Baustoffprodukte (z. B. Rasenschutzswaben) her. Für das energie-, rohstoff- und zeitintensive Bedrucken der Kunststoff-Kartuschen arbeitet das Unternehmen daran, das bisherige Siebdruckverfahren durch ein Digitaldruckverfahren zu ersetzen. Im Vergleich zum bestehenden Siebdruckverfahren können mit dem Vorhaben jährlich drei Tonnen Farbe und bis zu 210 Tonnen Kunststoff für die Kartuschen eingespart werden. Außerdem wird der anfallende Sondermüll um 15 Tonnen sowie weitere Abfälle wie Altlacke, Farbreste und Laugen um bis zu 2,4 Tonnen pro Jahr reduziert. Zu dem kommt es zu einer jährlichen Energieeinsparung von geschätzten 450.332 Kilowattstunden, wobei die damit verbundene Verringerung des CO₂-Ausstoßes rund 270 Tonnen beträgt. All diese Einsparungen sind selbstverständlich auch ein wichtiger Kostenfaktor, da auch die damit zusammenhängenden Entsorgungs- und Materialkosten reduziert werden können.

www.ritter-online.de

VDI Kompetenzzentrum Ressourceneffizienz

Im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative des BMUB bündelt und vermittelt das Zentrum Ressourceneffizienz des VDI (Verband Deutscher Ingenieure) das verfügbare tech-

nische Wissen über die effizientere Nutzung von Rohstoffen und Energie. Das branchenspezifische Know-how stellt es interessierten Unternehmen zur Verfügung.

www.ressource-deutschland.de

Andere Folienherstellung

Ein Beispiel für gesteigerte Materialeffizienz liefert ein Unternehmen im Bereich der Folienherstellung, in dem der Anteil der Materialkosten mit fast 60 % größer als der Durchschnitt der verarbeitenden Industrie in Deutschland ist. Durch Maßnahmen wie die Reduktion von Ausschuss, verbesserte Produktionsplanung, geringere Lagerhaltung, transparente Produktionsmeldungen und eine erhöhte Verwertung im Recyclingprozess konnten jährliche Kosten von über 700.000 Euro eingespart werden – bei einem Umsatz von knapp unter 50 Mio. Euro. Die Materialeffizienz stieg um ca. 1,8 % vom Gesamtverbrauch.

www.ressource-deutschland.de/instrumente/gute-praxis-beispiele

Recycling als alternative Rohstoffquelle

Eine Reihe von ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Gründen sprechen für einen vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoffen aus Recyclingprozessen. In Deutschland sind die Recyclingraten mancher Materialien bereits sehr hoch. So übertrifft beispielsweise die Nutzung von Aluminium aus Sekundärproduktion seit vielen Jahren jene aus der Primärproduktion, wodurch etwa 90 % der mit der Herstellung von Aluminium verbundenen Emissionen vermieden werden.

Viele Rohstoffe, die in Produkten, Gebäuden, Transportinfrastruktur oder sonstigen Anlagen verarbeitet sind, können durch entsprechende Aufbereitung wiedergewonnen und als Sekundärrohstoffe wieder eingesetzt werden. Die begrenzte Verfügbarkeit vieler abiotischer Rohstoffe sowie Deutschlands hohe Importabhängigkeit (↖ Seite 14, „Inländische Entnahme: Nicht-nachwachsende Rohstoffe“, ↗ Seite 30, „Abhängigkeit vom Rohstoffimport“) sprechen für solch ein Vorgehen. Eine verstärkte Nutzung von Sekundärrohstoffen hat auch zur Folge, dass der Bedarf an Primärrohstoffen abnimmt und somit die ökologischen und auch ein Teil der negativen sozialen Konsequenzen des Rohstoffabbaus gemindert werden können. Zusätzlich zur reduzierten Entnahme werden durch die Nutzung rezyklierter Rohstoffe in Deutschland anfallende Abfallmengen verringert, wodurch Emissionen eingespart und der Platzbedarf für Abfalldeponien verringert werden.

In Deutschland sind die Verwertungsraten bei den meisten Abfallarten bereits sehr hoch, in energetischer wie in stofflicher Form – also entweder durch Verbrennung zur Energieerzeugung oder durch Recycling. Im Jahr 2013 lag die gesamte Verwertungsquote für alle Abfälle bei durchschnittlich 79 %. Besonders Bau- und Abbruchabfälle konnten mit 89 % beinahe vollständig und fast ausschließlich in stofflicher Form verwertet werden. Auch bei Siedlungsabfällen (vorrangig von Privathaushalten), Sekundärabfällen (solche, die

bei der Abfallverwertung selbst entstehen) und industriellen Abfällen musste vergleichsweise wenig deponiert werden.

Für viele Materialien ist Recycling somit bereits der Normalfall. Bekannte Beispiele sind Glas und Papier, für welche der aus Siedlungsabfällen stammende Teil in den letzten zehn Jahren jeweils Recyclingraten von fast 100 % erreichte (Destatis, 2016 c). Rezykliertes Glas findet dabei unterschiedliche Verwendungen: beispielsweise werden für die Produktion einer Glasflasche durchschnittlich 60 % Altglas und 40 % neues Glas verwendet. Dadurch wurden seit 1970 in Deutschland mehr als 40 Millionen Tonnen Quarzsand und mehrere Millionen Tonnen Karbonate, Feldspat und Soda eingespart (BGR, 2014). Eine in Zukunft verstärkte Verwertung ist beispielsweise für Klärschlamm abzusehen, hauptsächlich zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennung. Über 12 % der jährlich in Form von mineralischem Dünger eingesetzten 150.000 Tonnen Phosphor können so rückgewonnen werden, zusätzlich zur bereits stärker etablierten Rückgewinnung aus Abwasser (UBA, 2014).

Die verfügbare Menge an Sekundärrohstoffen für die industrielle Verwendung variiert je nach Material jedoch in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, wie etwa wirtschaftlichem Aufwand, Rückgewinnbarkeit, Verlusten im Prozess, Sortierbarkeit, oder Sammelquote. Von den 42,6 Millionen Tonnen Stahl, welche 2013 in Deutschland produziert

Beseitigung und Verwertung von Abfall in Deutschland nach Abfallarten, 2013

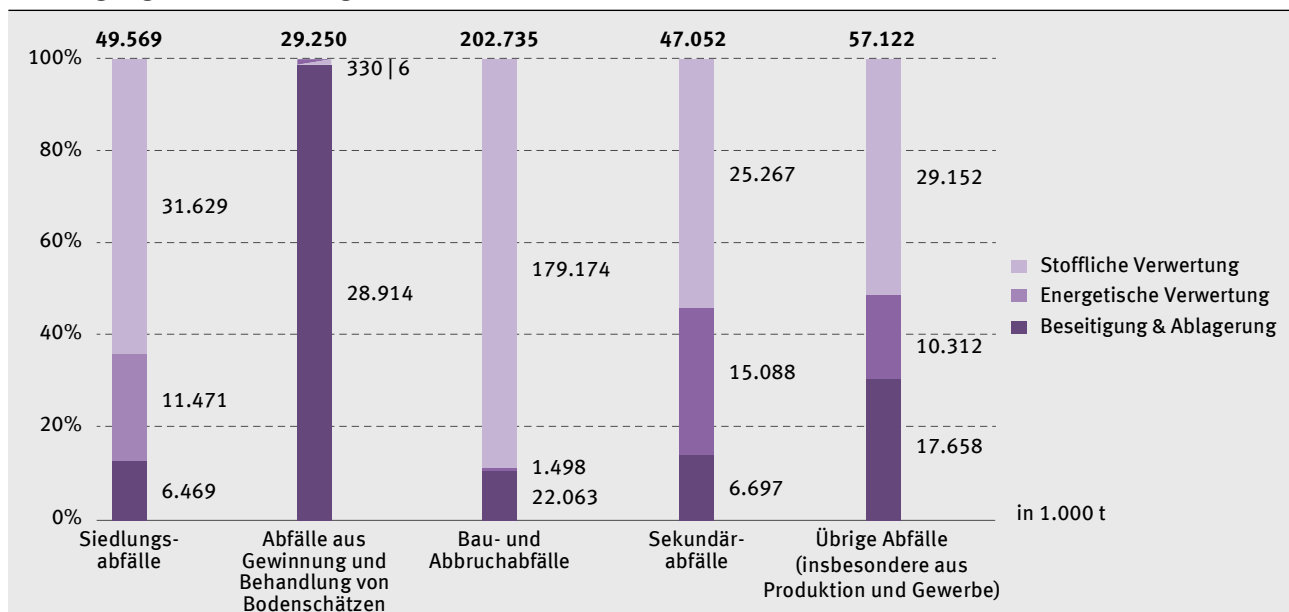


Abbildung 24

Quelle: Destatis, 2016 c

Anteil sekundärer Rohstoffe an der Produktion ausgewählter Metalle in Deutschland, 2013

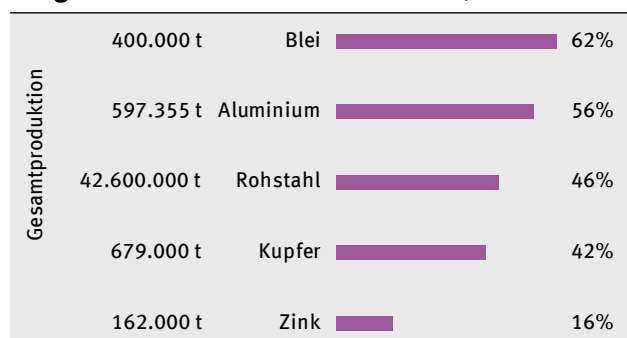


Abbildung 25

Quelle: BGR, 2014

wurden, kamen 45,5 % aus Sekundärproduktion. Bei Blei und Aluminium lag die Sekundärproduktion sogar höher als die Primärproduktion, mit Anteilen von 62 % und 55,5 % rezykliertem Metall (BGR, Abbildung 25). Die Raten lagen in einigen früheren Jahren mit hohen Rohstoffpreisen noch höher. Auch für Kupfer kam zeitweise der größere Teil aus Sekundärproduktion. Die Anteile fluktuieren jedoch entsprechend der Weltmarktpreise und der daraus resultierenden Rentabilität. Durch Recycling lassen sich im Vergleich zu primären Rohstoffen große Mengen an Energie und damit verbundene CO₂-Emissionen einsparen. Besonders relevant ist dies für Metalle wie etwa Stahlabfall, der oft rezykliert werden kann. Dies ist ein wichtiger Aspekt, wenn man bedenkt, dass Deutschland 2013 siebtgrößter Stahlproduzent der Welt war. Bei rezykliertem Aluminium können circa 92 % der CO₂-Emissionen eingespart werden. Dies würde am Beispiel der Aluminiumproduktion im Jahr 2013 der jährlichen Kohlenstoffbindung einer Mischwaldfläche von der Größe Berlins entsprechen. Aber auch das Recycling anderer Rohstoffarten spart Emissionen, so etwa von Papier, Altholz und Kunststoffen, wie zum Beispiel Polyethylen (PE) und Polyethylenterephthalat (PET).

Nicht alle Materialien können jedoch so einfach wie die genannten Beispiele rezykliert werden. Einerseits können

Potenzielle CO₂-Einsparungen durch Recycling, 2008

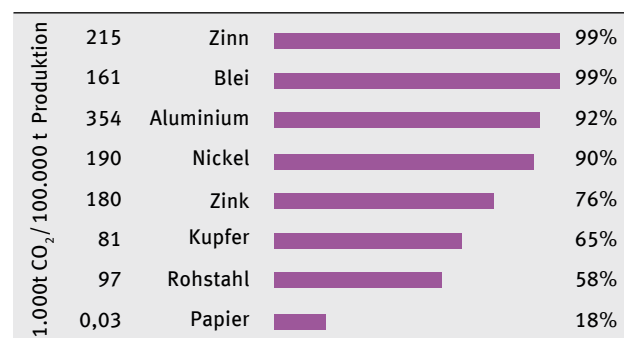


Abbildung 26

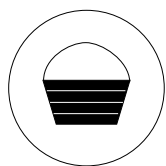
Quelle: BIR, 2009

die gesetzten Anforderungen in einigen industriellen Bereichen höher sein als die Qualität von aufbereiteten Materialien. Andererseits lassen sich manche Materialien aus bestimmten Abfallfraktionen nur mit hohem wirtschaftlichen Aufwand wieder aufbereiten, da sie entweder nicht mehr aus Verbundstoffen herauszulösen sind oder während eines Verarbeitungsprozesses ihre chemischen Eigenschaften verändert haben. So sind zwar metallische Abfälle weitestgehend, einige nicht-metallische Abfälle hingegen in bestimmten Fällen nicht rezyklierbar. Zu Ziegeln gebrannter Ton kann etwa nicht wieder zu Ton verarbeitet werden und der für Zement verwendete Kalkstein lässt sich nicht wieder als solcher verfügbar machen. Jedoch können diese meist trotzdem als Substitute für bestimmte Primärrohstoffe, wie etwa Baumineralien, wieder im Wirtschaftskreislauf eingesetzt werden (BGR, 2014). Generell ist für die Rezyklierbarkeit eines Materials und deren Rentabilität von Bedeutung, wie stark der Stoff in einem Produkt verändert bzw. verarbeitet wurde. Beispielsweise lässt sich Aluminium leichter aus einer Getränkedose wiedergewinnen als aus einem Mobiltelefon. Für eine bessere Rückgewinnbarkeit von komplexen Materialverbunden sind daher auf Recycling ausgerichtete Designs und entsprechende Aufbereitungsverfahren von besonderer Bedeutung.

Recycling als Bestandteil des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess)

Bereits im ersten Deutschen Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung aus dem Jahr 2012 wurde der stärkeren Nutzung von Sekundärrohstoffen und dem Ausbau der Kreislaufwirtschaft in Deutschland – als einer von vier Leitideen – ein hoher Stellenwert eingeräumt. Generell wurden in den letzten beiden Jahrzehnten durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1994, das Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 und weitere rechtliche Vorgaben wichtige Grundlagen und Rahmenbedingungen geschaffen. Dazu zählen viele einzelne Verordnungen, wie etwa zum Umgang mit spezifischen Abfallströmen, zu Verpackungsmaterialien oder auch zur Produktverantwortung von Herstellern. Des Weiteren gehören auch Fördermaßnahmen unter dem Abfallvermeidungsprogramm von 2013 dazu.

Im zweiten Deutschen Ressourceneffizienzprogramm aus dem Jahr 2016 ist die Stärkung der Kreislaufwirtschaft ebenfalls wieder als eine von vier Leitideen mit entsprechend hohem Stellenwert verankert. Dabei sollen vor allem bereits bestehende Maßnahmen und Ziele weiter ausgebaut und die Verwertung von Bio- und Grünabfällen verbessert werden. Wie im ersten Programm auch betont, sollen zukünftig Bestände des anthropogenen Rohstofflagers – also die Sekundärrohstoffe, welche in Bauwerken, Infrastruktur und langlebigen Gütern eingebettet sind – bewertet und systematisch erfasst werden (Deutsche Bundesregierung, 2016 a). ProgRess II ist somit auch in engem Zusammenhang mit dem von der neuen EU-Kommission überarbeiteten Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft zu sehen. Dieser identifiziert ebenso eine Reihe an Handlungsfeldern, von denen Recycling eines der prominentesten ist.



Die Nachfrage-Seite: Rohstoffe für den Konsum

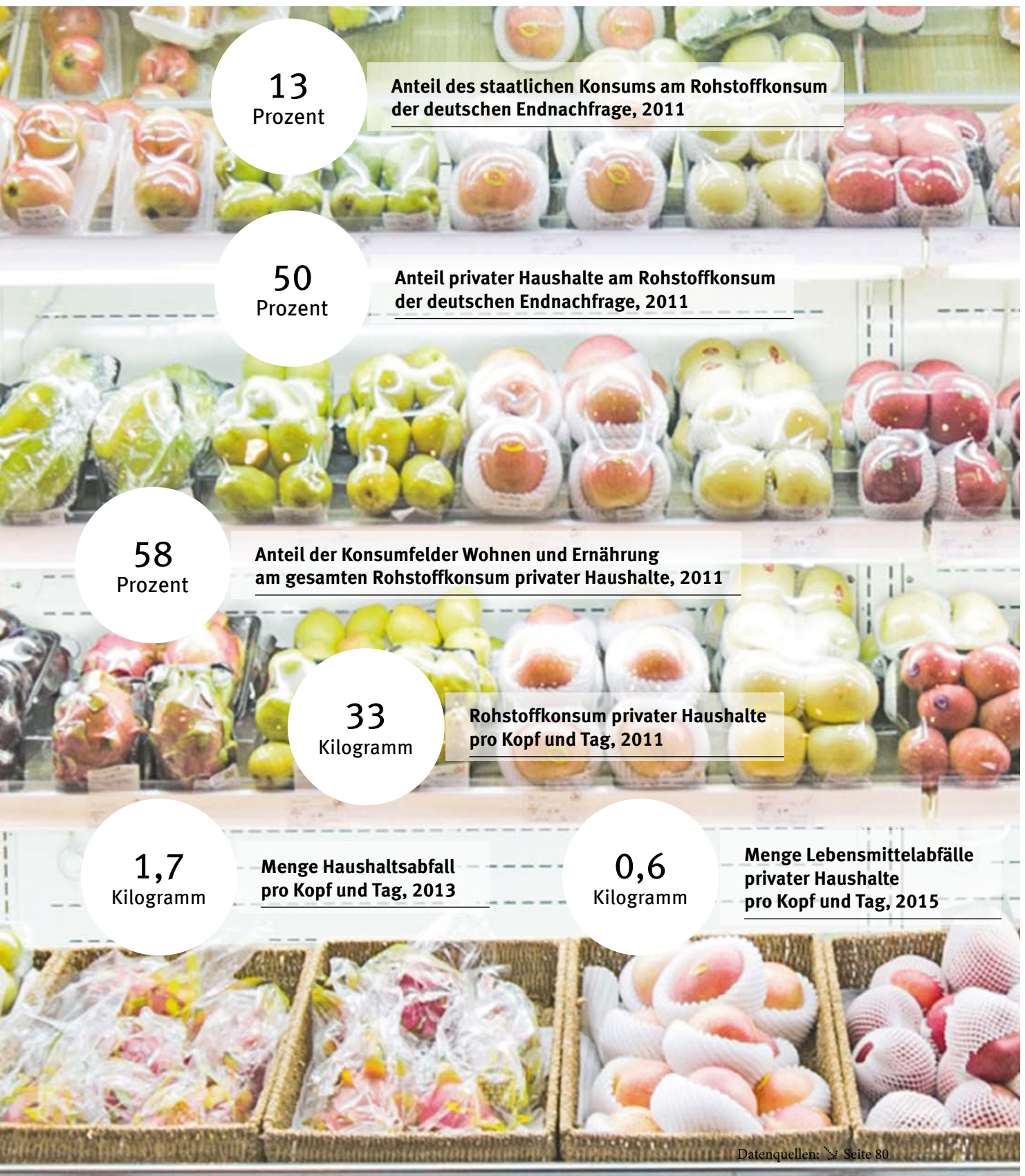


1,3
Mrd. Tonnen

**Rohstoffkonsum der deutschen Endnachfrage,
2011**

16,2
Tonnen

**Rohstoffkonsum pro Kopf der deutschen Endnachfrage,
2011**



Rohstoffkonsum in Deutschland

Mit etwa 1,3 Milliarden Tonnen im Jahr 2011 lag der Rohstoffkonsum (RMC) in Deutschland 18 % über der inländischen Entnahme. Mit einem Pro-Kopf-Rohstoffkonsum von 16,2 Tonnen pro Person und Jahr befand sich Deutschland auf dem Niveau anderer EU-Staaten wie Frankreich oder Großbritannien, allerdings lag es weit vor Ländern wie China, Indien oder anderen Schwellenländern.

Deutschland benötigt zur Aufrechterhaltung der Wirtschaft, des Lebensstils der Bevölkerung sowie zum Funktionieren staatlicher Institutionen große Mengen an Rohstoffen. Möchte man den Rohstoffkonsum umfassend betrachten, müssen alle Rohstoffe einbezogen werden, die benötigt werden, um in Deutschland konsumierte Güter und Dienstleistungen herzustellen. Zusätzlich zu den heimisch abgebauten und geernteten Rohstoffen werden daher auch jene berücksichtigt, die entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten im Ausland eingesetzt werden (↖ Seite 24, „Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel“). Bei der Betrachtung der Entnahme in Deutschland (↖ Seite 18, „Trends der Rohstoffentnahme“) zeigte sich bereits, dass im Jahr 1,1 Milliarden Tonnen an Rohstoffen im Land selbst abgebaut oder geerntet wurden.

Der gesamte Rohstoffkonsum (Inland plus Ausland) lag jedoch bei etwa 1,3 Milliarden Tonnen (↗ Seite 74, Tabelle A 7).

Mineralische Rohstoffe waren die wichtigste Kategorie und machten 2011 46 % des gesamten Konsums aus, gefolgt von Biomasse mit 31 % und fossilen Energieträgern mit 21 %. Metallerze steuerten mit 25,5 Millionen Tonnen oder 2 % nur einen relativ geringen Anteil bei. Der Trend des Rohstoffkonsums in Deutschland ist rückläufig und nahm seit dem Jahr 2000 um etwa 15 % ab, wobei der Konsum von Metallen und mineralischen Rohstoffen in absoluten Mengen am stärksten zurückging. Im gleichen Zeitraum nahm der Biomassekonsum um gut 16 % zu (↗ Abbildung 27).

Im Falle von Deutschland basiert der Konsum vieler Produkte, etwa von Elektronikprodukten oder Haushaltsgeräten, zu einem großen Anteil auf Rohstoffen, die in anderen

Entwicklung des Rohstoffkonsums (RMC) in Deutschland, 2000 – 2011

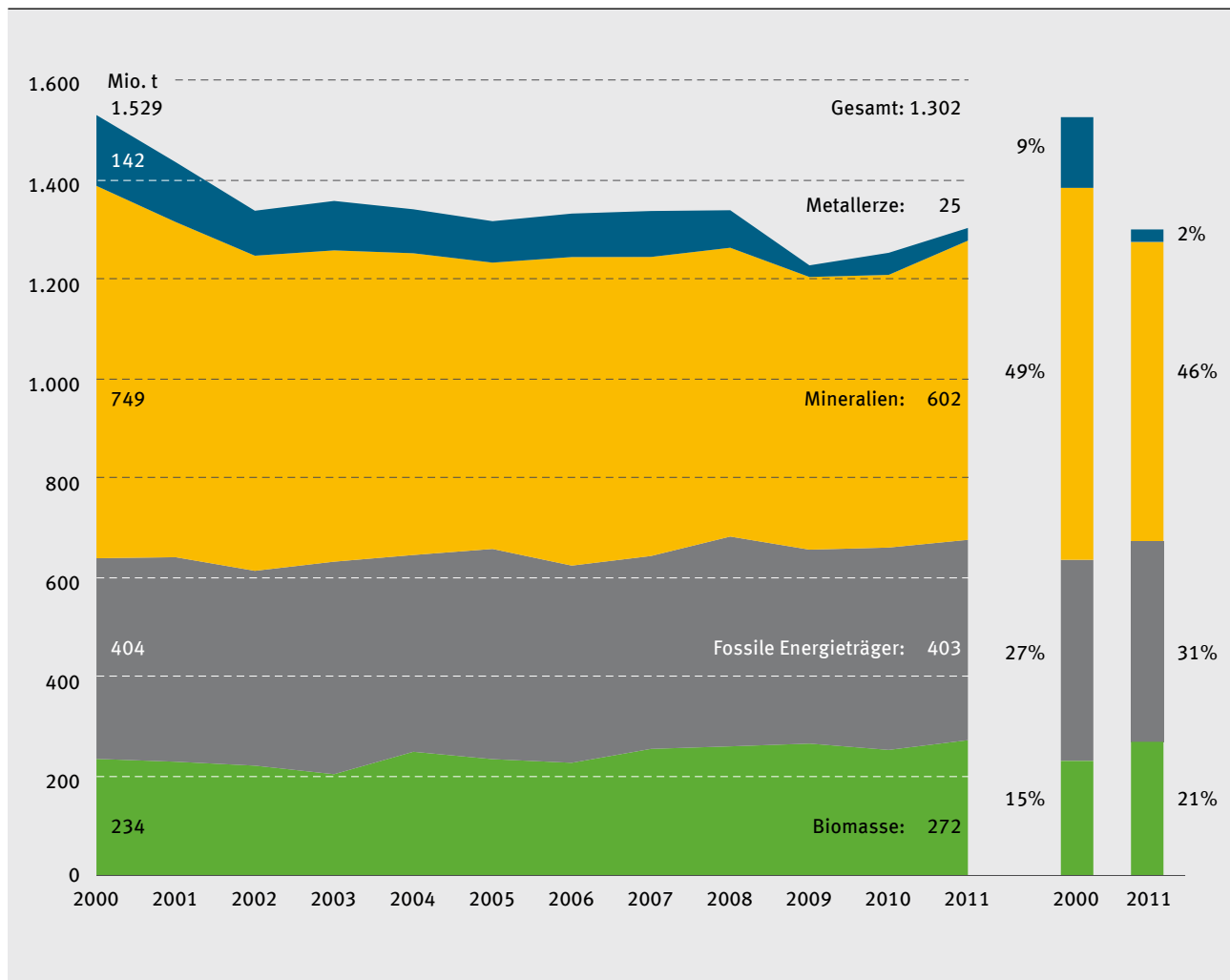


Abbildung 27

Quelle: Destatis, 2015 a

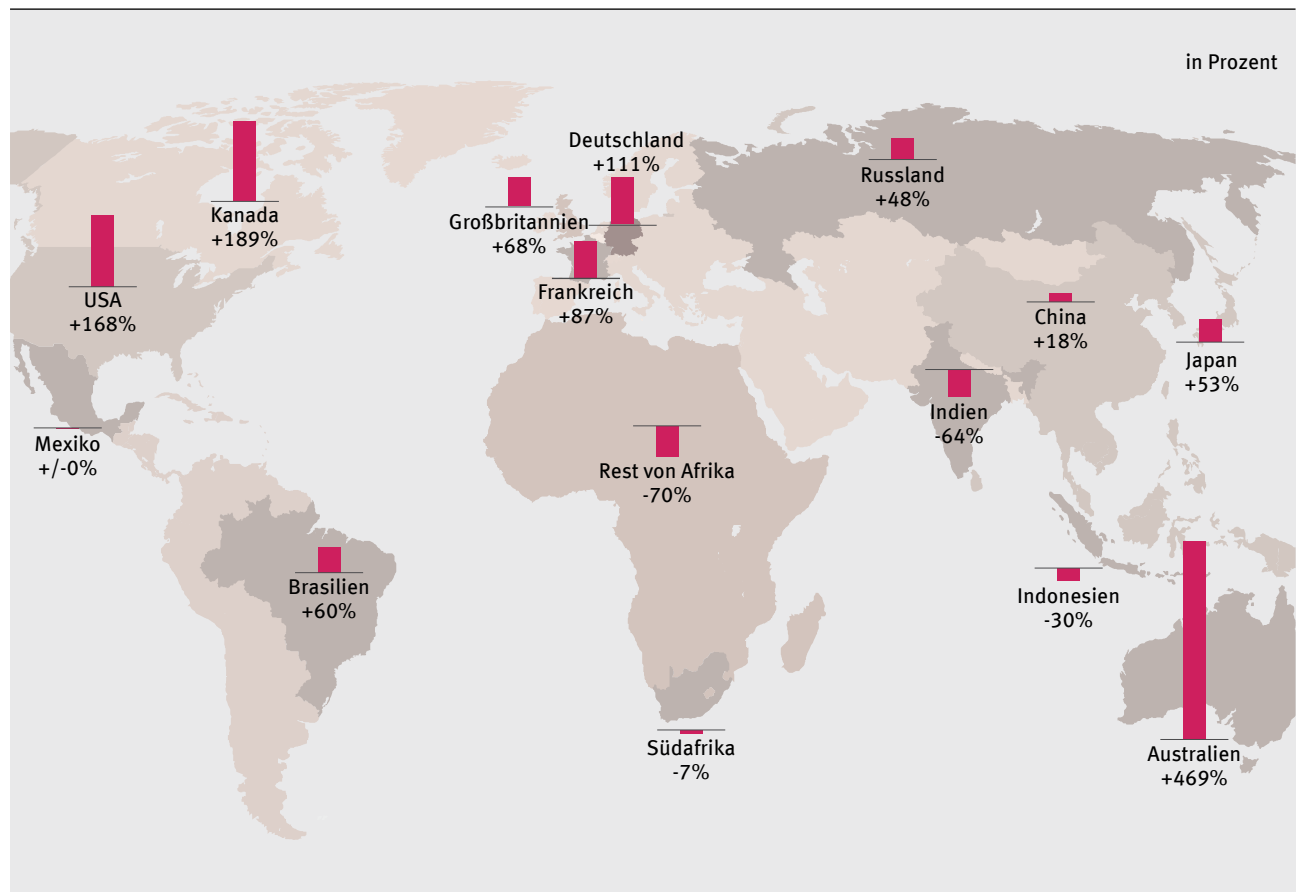
Internationaler Vergleich des Pro-Kopf-Rohstoffkonsums (RMC) mit dem globalen Durchschnitt, 2011*


Abbildung 28

Quelle: WU, 2016 a

* Hinweis: Die in dieser Grafik verwendeten Zahlen des Rohstoffkonsums weichen von den oben genannten Werten ab, da sie auf einer anderen Datengrundlage berechnet wurden (↗, Seite 10, Methodische Grundlagen).

Ländern gewonnen werden. Dies bedeutet, dass der zunehmende internationale Handel zu einer Verlagerung der Rohstoffentnahme ins Ausland geführt hat. Im Jahr 2011 lag der ausländische Anteil am Rohstoffkonsum bereits bei 71 %, mit weiter ansteigender Tendenz (↗, Seite 30, „Abhängigkeit vom Rohstoffimport“).

Deutschlands Pro-Kopf-Konsum mit 16,2 Tonnen liegt im internationalen Vergleich auf einem hohen Niveau. Großbritannien und Frankreich weisen sehr ähnliche Werte auf, während Japan um etwa 30 % unter dem Wert von Deutschland liegt. Die USA hingegen besitzen einen um knapp 30 % höheren Konsum – und Australien konsumiert sogar dreimal so viel. Dabei zeigt sich, dass solch hohe Pro-Kopf-Werte zumeist durch eine hohe Rohstoffausstattung im eigenen Land in Verbindung mit einem rohstoffintensiven Lebensstil bedingt werden (↖, Abbildung 28).

Der Rohstoffkonsum pro Kopf in Schwellenländern wie China oder Indien ist trotz der rasant wachsenden Nachfrage nach Rohstoffen vergleichsweise niedrig. Er lag im Jahr 2011 bei lediglich der Hälfte oder gar nur einem Fünftel des deutschen Niveaus. Auch wenn diese Länder in der Zwischenzeit aufgeholt haben (und sich auch der Unterschied zwischen China und Indien verringert hat), ist eine Steigerung der Effizienz und eine Senkung des Rohstoffkonsums für Deutschland und die Europäische Union also auf jeden Fall notwendig; einerseits hinsichtlich der

Reduktion der Umweltbelastungen, andererseits als Teil einer Welt, in welcher der Zugang zu Rohstoffen „fair“ verteilt und globale Konflikte durch Rohstoffknappheiten vermieden werden sollten. (↗, Seite 38, „Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung“). In aufstrebenden Ökonomien wie Brasilien oder Indien ist die Biomasse jene Gruppe mit dem größten Anteil am Gesamtkonsum. Diese Länder befinden sich mitten im Industrialisierungsprozess, und der Landwirtschaftssektor ist traditionell für den heimischen Markt von großer Bedeutung. Mit zunehmender Entwicklung hin zu einer stärker diversifizierten und industrialisierten Wirtschaft nimmt die Bedeutung des Landwirtschaftssektors – und somit der Biomasse als Rohstoffgrundlage – ab. Der Aufbau von Industrie und (Transport-)Infrastruktur spiegelt sich dann in einem hohen Anteil an mineralischen Rohstoffen im Konsum wider. China ist hierfür das beste Beispiel – fast 60 % des Konsums entfallen hier auf mineralische Rohstoffe. Je nach Verfügbarkeit und gewähltem Energie-Mix haben fossile Energieträger einen höheren oder niedrigeren Anteil am Gesamtkonsum. In Deutschland oder Japan liegt dieser Anteil etwa bei 20 %, in den USA bei 25 %, und in Russland gar bei 30 %. Länder mit einem hohen Anteil an Atomenergie oder Wasserkraft konsumieren weniger fossile Energieträger. In Frankreich oder Österreich machen sie nur etwa 12 % des gesamten Rohstoffkonsums aus.

Rohstoffkonsum: Von der inländischen zur globalen Perspektive

Die Nutzung von Rohstoffen in Deutschland kann mit unterschiedlichen Indikatoren beschrieben werden. Bei einer rein nationalen Betrachtungsweise ist sie deutlich geringer als unter Einbeziehung der indirekten und ungenutzten Entnahmen entlang der Produktionsketten. Der alle Aspekte des Materialkonsums umfassende Indikator – kurz TMC – beträgt mit knapp 43 Tonnen pro Kopf und Jahr fast das Dreifache der inländischen Entnahme. Je nach Thematik gilt es also, den passenden Indikator auszuwählen.

Bereits beim Thema Entkopplung (↖ Seite 38, „Wirtschaftswachstum und Rohstoffnutzung“) wurde gezeigt, dass die Nutzung und Produktivität von Rohstoffen in Deutschland unterschiedlich bewertet werden, je nachdem, wie umfassend der gewählte Indikator ist. Gemeinsam haben alle verwendeten Indikatoren, dass sie einen Rückgang über die letzten zehn bis fünfzehn Jahre zeigen (→ Abbildung 30). Dies gilt für die inländische Entnahme (DEU) und den inländischen Materialkonsum (DMC) als territoriale Indikatoren ebenso wie für den Rohstoffkonsum (RMC) und den gesamten Materialkonsum (TMC), die auch die indirekte Entnahme von Rohstoffen über Zulieferketten berücksichtigen. Der TMC wiederum beinhaltet dabei auch die ungenutzte Entnahme im In- und Ausland (↖ Seite 22,

„Ungenutzte Materialentnahme“). DMC und RMC pro Kopf lagen im Jahr 2010 – dem letzten Jahr, für das alle genannten Indikatoren verfügbar sind – mit 15,2 bzw. 15,3 Tonnen beide ähnlich hoch (auch 2011 mit 16,8 und 16,2). Bezieht man die ungenutzte Entnahme mit ein, so liegt dieser Wert (der TMC) beinahe beim Dreifachen (43,3 Tonnen pro Kopf). Da von Indikator zu Indikator zusätzliche Aspekte miteinbezogen werden, verschieben sich auch die Anteile unterschiedlicher Rohstoffgruppen in der Gesamtbetrachtung (→ Abbildung 29). Dies hängt zum einen mit der Verfügbarkeit unterschiedlicher Rohstoffe im In- und Ausland zusammen (↖ Seite 12, „Die nationale Perspektive: Inländische Rohstoffentnahme“, ↖ Seite 24, „Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel“).

Unterschiedliche Materialflussindikatoren für Deutschland, 2010

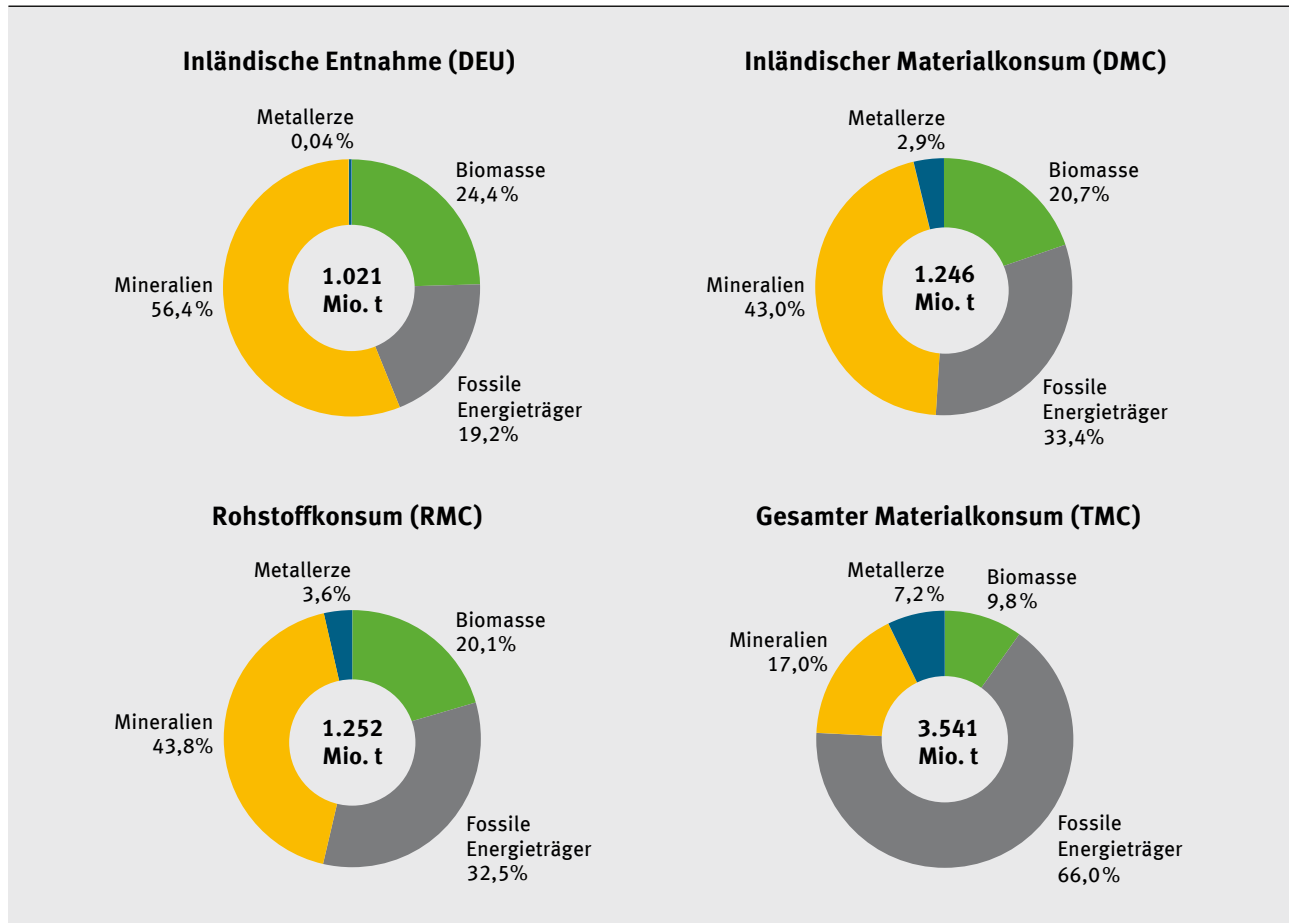


Abbildung 29

Quellen: DEU, DMC, RMC: Destatis, 2015 a; TMC: OECD, 2015

Entwicklung der Pro-Kopf-Rohstoffnutzung in Deutschland nach unterschiedlichen Indikatoren, 2000–2010

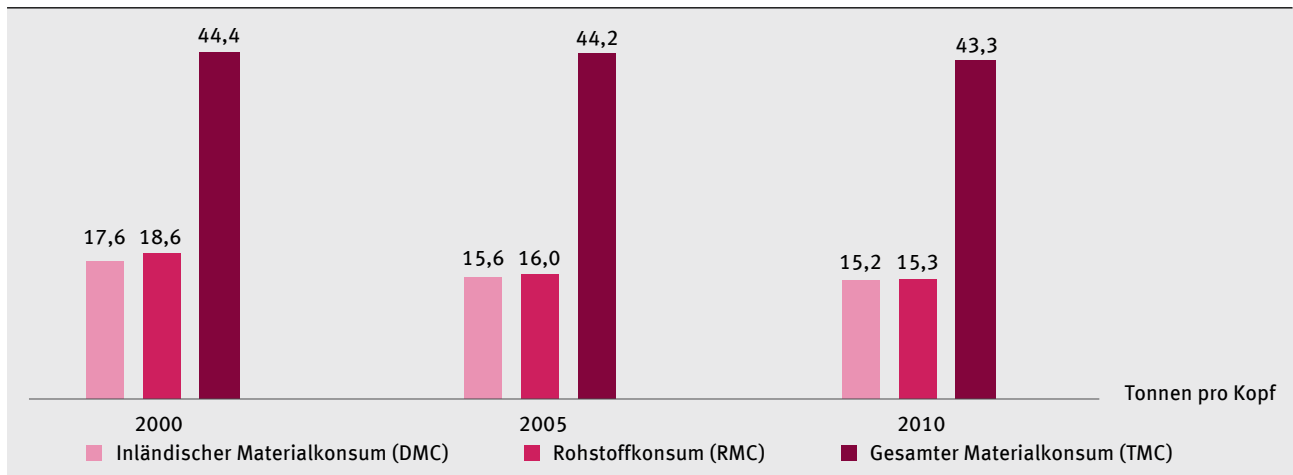


Abbildung 30

Quellen: DMC, RMC: Destatis, 2015 a; TMC: OECD, 2015

Zum anderen spielt eine Rolle, dass die einzelnen Rohstoffgruppen unterschiedliche Verhältnisse zwischen Nettogewicht und Rohstoffäquivalenten bzw. anfallender ungenutzter Entnahme aufweisen (S. Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“). So spielen beispielsweise Metallerze bei der inländischen Entnahme (Indikator: „Inländische verwertete Entnahme“, DEU) in Deutschland nur eine marginale Rolle, während die mineralischen Rohstoffe den größten Anteil bilden (56 %). Dies spiegelt deutlich die Verfügbarkeit unterschiedlicher Rohstoffe wider. Bezieht man auch Importe von Rohstoffen in die Betrachtung mit ein bzw. zieht Exporte ab (Indikator: „Inländischer Materialkonsum“, DMC), so zeigt sich, dass der Einfluss der mineralischen Rohstoffe sinkt, während Metallerze und vor allem fossile Energieträger an Bedeutung gewinnen. Dieses Bild verändert sich nur wenig, wenn auch indirekte Rohstoffflüsse mit einbezogen werden (S. Abbildung 29). Auch wird ersichtlich, dass über die letzten Jahre nur wenige Fortschritte hinsichtlich einer Verringerung der Rohstoffnutzung erzielt wurden. Bei DMC und RMC liegen diese im Bereich von 14 % und 18 %, beim TMC bei lediglich 3 % (S. Abbildung 30).

Je nachdem, welche Betrachtungsweise bzw. welcher Indikator verwendet wird, können auch unterschiedliche Rückschlüsse in Bezug auf Rohstoffmanagement und Umweltschutz gezogen werden. Während Indikatoren wie die inländische Entnahme und der inländische Konsum aufzeigen, welche Rohstoffe von besonderer Bedeutung für die deutsche Wirtschaft sind, zeigt der Rohstoffkonsum (RMC) auf, wie viele Rohstoffe weltweit entnommen wurden, um den heimischen Konsum zu ermöglichen. Der gesamte Rohstoffkonsum wiederum quantifiziert, in welchem Bereich große Umweltauswirkungen durch wirtschaftlich nicht genutzte Rohstoffe entstehen.

Die beiden Indikatoren RMC und TMC bringen somit auch die internationale Dimension mit ins Spiel. Diese Betrachtung ist von Bedeutung, um abschätzen zu können, welche sozialen oder ökologischen Auswirkungen mit dem Konsum bestimmter Produkte zusammenhängen. Bei diesen Indikatoren ist demnach auch der Anteil ausländischer Rohstoffe größer, da hier internationale Versorgungsketten abgebildet werden. Die verschiedenen Indikatoren können somit unterschiedliche Fragen beantworten und sollten daher je nach Zusammenhang erhoben und ausgewertet werden.

Der europäische Aluminiumkonsum als Ursache für die Rodung des Amazonas

Weltweit ist Brasilien der drittgrößte Produzent von Bauxit, das als Rohstoff für die Herstellung von Aluminium verwendet wird. Parallel zur globalen Entwicklung stieg die Aluminiumerzeugung in Brasilien kontinuierlich an und erreichte im Jahr 2013 knapp 38 Millionen Tonnen. Die Aluminiumproduktion in Brasilien ist größtenteils in der Hand ausländischer multinationaler Konzerne. Während das Land also durch den Export von Roherz und daraus hergestellten Primärgütern verdient, wird der größte Teil des Mehrwerts durch die Weiterverarbeitung außerhalb Brasiliens erzielt.

Die Bauxitgewinnung und die Produktion von Aluminium nehmen in Brasilien rund 16.000 Quadratkilometer Fläche in Anspruch. Diese Zahlen sind umso alarmierender, wenn man bedenkt, dass die Bauxitvorkommen im Regenwald des Amazonas liegen. Der Bauxitabbau verursacht daher gravierende Umweltschäden, neben der Rodung des Regenwaldes kommt es zur Verschmutzung von Böden und Wasser. Dadurch werden indigene Gemeinschaften ihrer Lebensgrundlage beraubt und sind gezwungen, ihre traditionelle Lebensweise aufzugeben. Da große Mengen des in Brasilien abgebauten Bauxits indirekt im europäischen Konsum landen, wäre es von großer Bedeutung, in Kooperation zwischen Produzenten- und Konsumenten-Ländern ein nachhaltiges Zulieferketten-Management sicherzustellen und dadurch die negativen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auf ein Mindestmaß zu reduzieren. (SERI et al., 2013)

Zusammensetzung und Trends der Endnachfrage

Der Rohstoffkonsum in Deutschland wird durch unterschiedliche Bereiche der sogenannten Endnachfrage bestimmt, etwa der privaten Haushalte, der öffentlichen Hand oder der Investitionen in Gebäude oder Maschinen. Die privaten Haushalte tragen dabei etwa die Hälfte zum Rohstoffkonsum der Endnachfrage bei. Die meisten Rohstoffe werden über den Konsum von Produkten basierend auf Biomasse – beispielsweise Lebensmittel – in Anspruch genommen, gefolgt von Produkten aus metallischen und mineralischen Rohstoffen, sowie von Produkten des Bauwesens.

Während ein Teil der im Inland produzierten bzw. aus dem Ausland importierten Güter als Vorleistungen in der Produktion verwendet wird, steht der andere Teil für die sogenannte letzte Verwendung – oder Endnachfrage – zur Verfügung. Die Endnachfrage umfasst somit jene Güter, die in der Volkswirtschaft nicht weiterverarbeitet, sondern konsumiert werden. Bei der Analyse der Endnachfrage eines Landes werden normalerweise die Ausgaben nach Verwendungszwecken – Ausgaben privater Haushalte, des Staates, von privaten Organisationen ohne Erwerbszweck (Non-Profit-Organisationen), für Anlageinvestitionen oder Exporte – und nach unterschiedlichen Produktgruppen betrachtet. Für ein zielorientiertes Management des Rohstoffkonsums ist es jedoch sinnvoll, zusätzlich zu den finanziellen Ausgaben auch den Konsum von Rohstoffen nach Produktgruppen und Endnachfrage-Kategorien zu betrachten. Dies ermöglicht es, die Rohstoffintensität verschiedener Konsumbereiche festzustellen.

Vor allem drei Produktgruppen sind für den Rohstoffkonsum der deutschen Endnachfrage verantwortlich: Produkte auf Basis von Biomasse (z. B. Nahrungsmittel), Produkte des Bauwesens und weiterverarbeitete Produkte auf Basis von Metallen und Mineralien. Zusammen machen diese Produkte über 50 % des gesamten Rohstoffkonsums aus. Diese drei Gruppen sind wesentlich rohstoffintensiver als Produkte, die direkt in der Landwirtschaft oder im Bergbau hergestellt und der Endnachfrage zur Verfügung gestellt werden, da diese nur einen geringen Anteil an der Gesamtproduktion dieser Sektoren ausmachen. Dabei spielen bei allen drei Produktgruppen vor allem Mineralien und Biomasse eine wichtige Rolle – sowohl als direkte Rohstoff-Inputs als auch über notwendige Vorleistungen, wie etwa die Errichtung von Gebäuden, in denen Lebensmittel verarbeitet werden (→ Abbildung 31).

Knapp die Hälfte der Rohstoffe, welche direkt und indirekt (über Vorleistungen) notwendig waren, um die in

Rohstoffkonsum der Endnachfrage in Deutschland nach Produktgruppen und Rohstoffgruppen, 2011

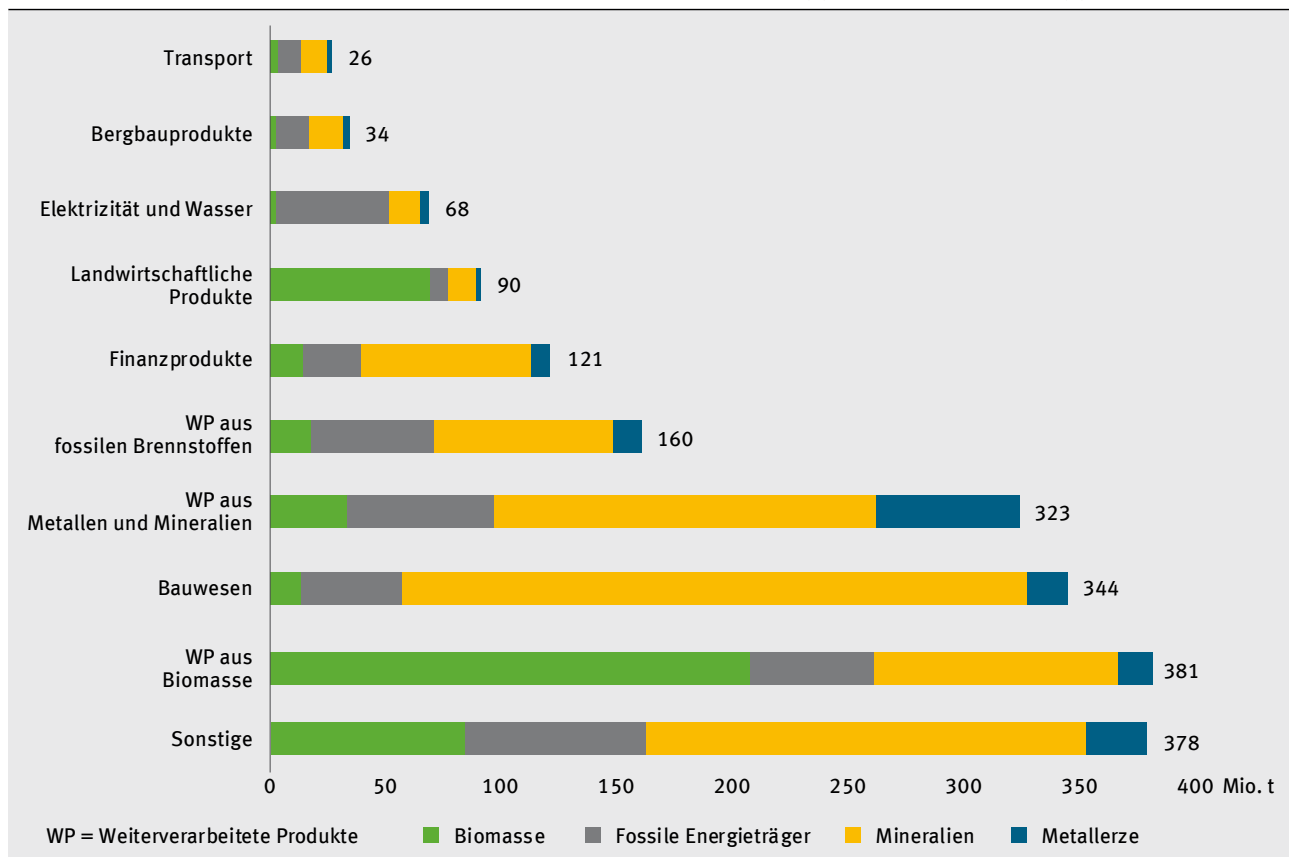


Abbildung 31

Quelle: WU, 2016 a

Rohstoffkonsum der Endnachfrage in Deutschland nach Einzelkategorien, 1995 und 2011

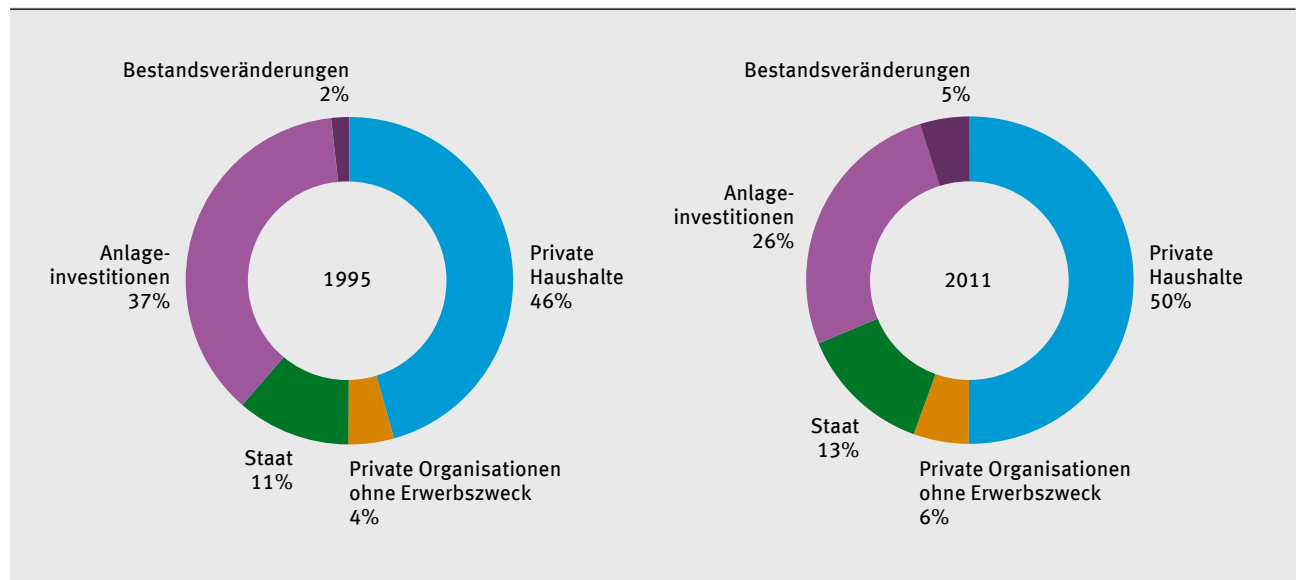


Abbildung 32

Quelle: WU, 2016 a

Deutschland konsumierten Güter zu erzeugen, wurde in Asien entnommen (44 %). Gut ein Drittel hat seinen Ursprung in Deutschland oder der EU. Aber auch Nord- und Südamerika sowie Afrika spielen eine wichtige Rolle als Rohstofflieferanten. In einer Welt immer komplexer werdender Produktionsketten wird es somit schwieriger, mögliche Versorgungsrisiken vorausschauend zu managen sowie die verursachten globalen negativen Auswirkungen in einem verantwortungsvollen Ansatz zu berücksichtigen.

Auch Dienstleistungen nehmen Rohstoffe in Anspruch. So fallen beispielsweise bei Transportmitteln wie Bahn oder Taxi einerseits die zu ihrer Herstellung notwendigen Rohstoffe an, andererseits sind auch für den Betrieb zum Beispiel fossile Energieträger notwendig. Genauso benötigen ein Arzt, eine Bibliothek oder eine Sportstätte entsprechende Geräte, Gebäude oder andere materielle Güter, welchen ein gewisser Rohstoffbedarf zu Grunde liegt. In Deutschland werden viele Rohstoffe auch über Finanz-

produkte konsumiert, die vor allem auf Immobilien-Dienstleistungen (wie Kreditvergaben für Bauprojekte) zurückzuführen sind (← Abbildung 31). Diese werden nicht der Infrastruktur oder dem Bauwesen zugerechnet.

Aufgrund der Zusammensetzung unterschiedlicher Produkte und Dienstleistungen unterscheidet sich die Rohstoffintensität der Endnachfrage signifikant zwischen privatem Konsum, öffentlichem Konsum sowie Investitionen. Der öffentliche Konsum (→ Seite 52) sowie jener von Non-Profit-Organisationen zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Dienstleistungen aus, die relativ gesehen weniger Rohstoffe erfordern und somit eine niedrigere Rohstoffintensität aufweisen. Der Aufbau von Anlageinvestitionen wie etwa Gebäude oder Maschinen ist typischerweise sehr rohstoffintensiv. Der private Konsum mit seinem Mix an Produkten und Dienstleistungen (→ Seite 54) liegt mit seiner Rohstoffintensität im Mittelfeld (→ Abbildung 33).

Trend der Rohstoffintensität der verschiedenen Endnachfragekategorien in Deutschland, 1995 – 2011

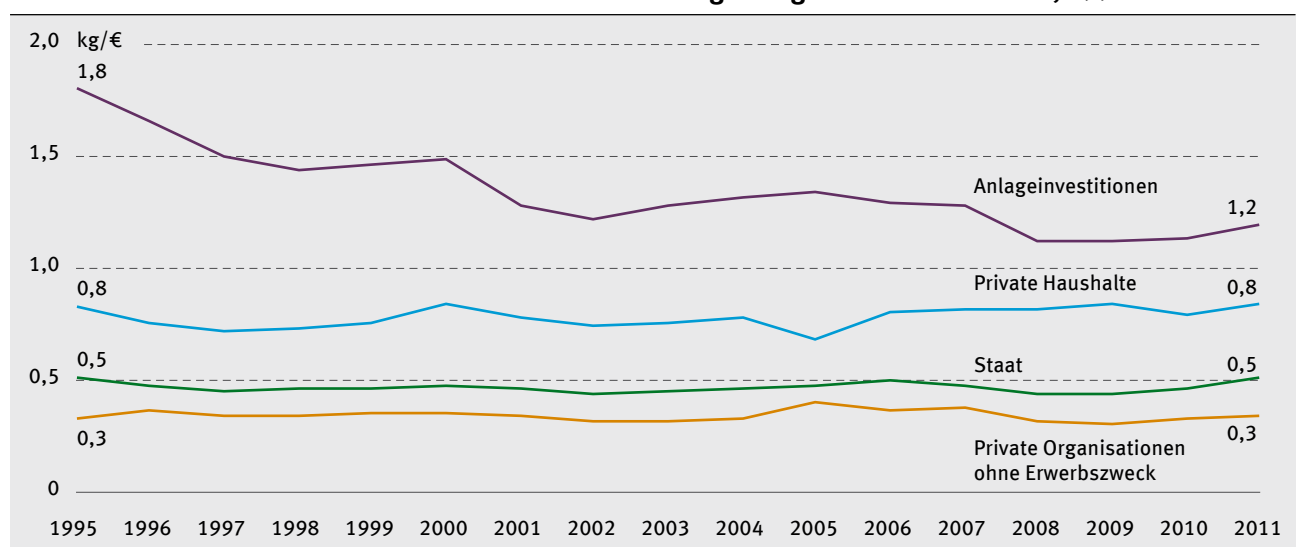


Abbildung 33

Quelle: WU, 2016 a

Öffentlicher Konsum

Der hohe Lebensstandard in Deutschland basiert zu einem großen Teil auch auf einem weitreichenden System von Dienstleistungen der öffentlichen Hand. Auch sie benötigen Rohstoffe, denn in Bereichen wie Gesundheitswesen, Bildung, Verteidigung oder Katastrophenschutz wird eine Vielzahl von Produkten verwendet. Gerade die öffentliche Beschaffung kann daher ein wichtiger Impulsgeber für die Entwicklung und Etablierung von ressourceneffizienten, innovativen Produkten und Technologien sein.

Die öffentliche Hand mit ihren vielfältigen Aufgabenbereichen und Dienstleistungen spielt eine gewichtige Rolle im deutschen Rohstoffkonsum. Im Jahr 2011 konsumierte der öffentliche Sektor direkt und indirekt – also über Vorleistungen – mehr als 250 Millionen Tonnen. Dies entspricht 13% der gesamten Inanspruchnahme der deutschen Endnachfrage. Mit ebenfalls 13 % des Bruttoinlandsprodukts im Jahr hat die öffentliche Beschaffung also einen wesentlichen Einfluss auf die Nachfrage und die Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Dienstleistungen (→ Box).

Besonders rohstoffintensive Bereiche des öffentlichen Konsums sind dabei die drei zentralen staatlichen Dienstleistungssektoren öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherungen (45 % der gesamten Rohstoffinanspruchnahme der öffentlichen Hand), Gesundheitswesen (30%) sowie Bildungsleistungen (8%), (→ Seite 76, Tabelle A 9). Zusätzlich ist der Staat auch direkter Nachfrager von Produkten, wie etwa jener der weiterverarbeiteten Produkte aus fossilen Energieträgern (15%). Letztere spiegelt die Nutzung von Treibstoffen für staatliche Transportleistungen, wie Schulbusse, etc. wider und beinhaltet auch die staatliche Bereitstellung von Produkten an Privatpersonen, etwa im Bereich des Gesundheitssektors (→ Abbildung 34).

Über die Zeit hat sich die Zusammensetzung des Rohstoffkonsums der öffentlichen Hand nur wenig verändert (→ Seite 76, Tabelle A 9). Jedoch gewinnen die Dienstleistungen im Bereich der Gesundheits- und Sozialleistungen immer mehr an stofflicher Bedeutung, was auch als Abbild der allgemeinen Entwicklung der staatlichen Ausgaben gesehen werden kann.

Damit der Staat all diese in sein Kernaufgabengebiet fallenden Dienstleistungen zur Verfügung stellen kann, bedarf es einer großen Menge an Vorleistungen verschiedenster Produkte. Die mengenmäßig bedeutendsten Zulieferindustrien für die öffentliche Hand sind die Bereiche Bergbau und Bauwesen, da für die Bereitstellung aller Dienstleistungen auch entsprechende Infrastruktur, insbesondere Gebäude, benötigt werden. Diese Gruppe an Vorleistungsprodukten machte im Jahr 2011 allein mehr als 100 Millionen Tonnen aus (→ Abbildung 35).

Zweitwichtigste Produktgruppe waren im Jahr 2011 Biomasse-basierte Produkte (über 45 Millionen Tonnen). Diese werden vom Staat entweder direkt aus der Land- und Forstwirtschaft bezogen oder über weiterverarbeitende Industrien, wie der Lebensmittelindustrie oder der Holzverarbeitenden Industrie, angekauft. Große Mengen an Bio-

Rohstoffkonsum des deutschen Staates nach wichtigsten Produktgruppen, 1995 – 2011

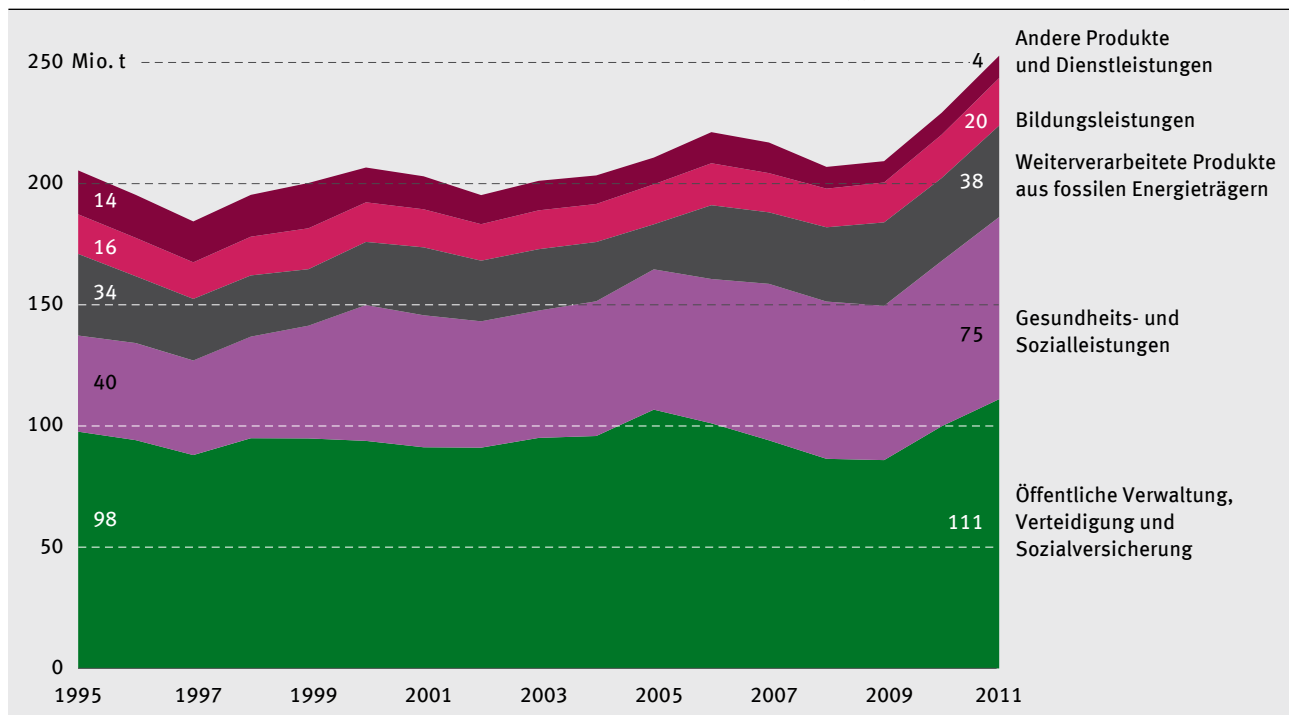


Abbildung 34

Quelle: WU, 2016 a

Vorleistungen des Rohstoffkonsums des deutschen Staates, 2011

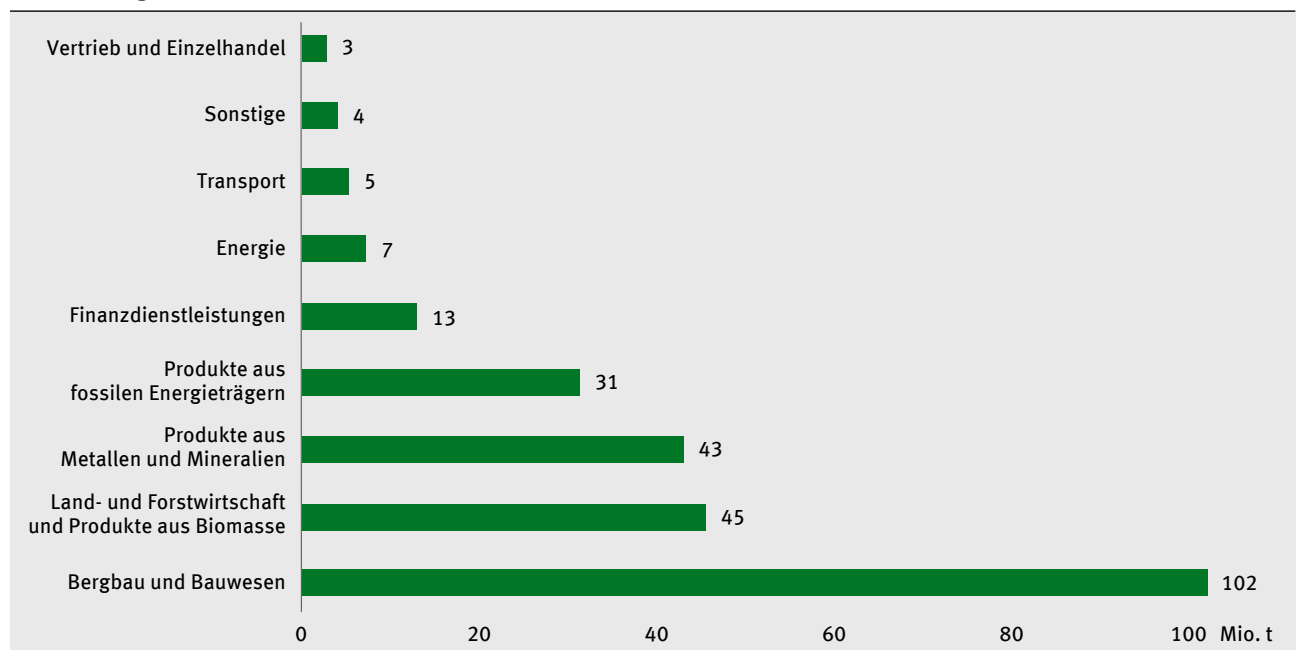


Abbildung 35

Quelle: WU, 2016 a

masse kommen dabei etwa im Bereich der staatlichen Bereitstellung von Essen, wie Kantinen in Spitälern oder Schulen zum Einsatz. Auch die staatliche Nachfrage nach Papier- und Papierprodukten fällt in diese Kategorie. Produkte aus Metallen und Mineralien lagen 2011 an dritter Stelle (43 Millionen Tonnen). Zu diesen zählen eine Vielzahl von Produkten, etwa Fahrzeuge, Maschinen sowie IT-Produkte.

Produkte aus fossilen Energieträgern trugen mit über 30 Millionen Tonnen im Jahr 2011 ebenfalls einen substantiellen Anteil zum Rohstoffkonsum des öffentlichen Sektors bei. Die Bereitstellung von Energie, insbesondere Elektrizität, sowie von Transportleistungen spielte im Jahr 2011 nur eine relativ geringe Rolle als Vorleistungen für den staatlichen Rohstoffkonsum.

Rohstoffeffizienz in der öffentlichen Beschaffung Deutschlands

Am 06. 12. 2010 wurde vom Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung der Bundesregierung das Papier „Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen – Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit“ beschlossen (Deutsche Bundesregierung, 2010). Die darin beschriebenen Maßnahmen umfassen beispielsweise die ausschließliche Anschaffung von Produkten höchster Energieeffizienzklasse, bei Ausschreibungen das Vorschreiben von entsprechenden Umweltstandards und -labels (z. B. „Blauer Engel“), die Verbesserung der Energieeffizienz der Fuhrparks sowie die Schulung des Personals in den Vergabestellen im Sinne einer nachhaltigen Beschaffung. Diese Beispiele von Maßnahmen zeigen deutlich das Bestreben der Bundesregierung auf, ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen durch die öffentliche Beschaffung zu fördern.

Zur Erarbeitung weiterer Vorschläge und Maßnahmen wurde eine Expertengruppe Ressourceneffizienz innerhalb der Allianz für nachhaltige Beschaffung gegründet, welche Handlungsempfehlungen und Leitfäden für die Beschaffungsstellen des Bundes, der Länder und der Kommunen erarbeitet. So wurde beispielsweise ein Leitfaden für die Themenbereiche rezyklierte Baustoffe oder Green-IT entwickelt und über die Website der Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung (KNB), der zentralen Ansprechstelle für alle Bundesressorts, Bundesländer, Kommunen und sonstige öffentliche Beschaffungsstellen im Rahmen der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung, veröffentlicht (www.nachhaltige-beschaffung.info).

Privater Konsum

Der private Konsum von Produkten und Dienstleistungen erfüllt mehrere Zwecke. Grundbedürfnisse wie Ernährung oder Wohnen werden damit befriedigt. Es geht aber auch um andere Bedürfnisse wie etwa Freizeitgestaltung, Reisen oder Unterhaltung. Die rohstoffintensivsten Bereiche des privaten Konsums sind dabei die drei Konsumfelder Wohnen, Ernährung und Freizeit. 75 % des Rohstoffkonsums der privaten Haushalte im Jahr 2011 entfielen auf diese drei Bereiche. Durch intelligente Konzepte und bewussteres Verhalten können im Bereich des privaten Konsums große Einsparungen erzielt werden.

Mit 50 % nimmt der private Konsum mit Abstand den größten Anteil an der inländischen Endnachfrage nach Rohstoffen ein (↖ Seite 50, „Zusammensetzung und Trends der Endnachfrage“). Dabei stieg der Rohstoffkonsum der privaten Haushalte in Deutschland im Zeitraum von 1995 bis 2011 um 16 %. Die einzelnen Konsumfelder (Synonym: Bedarfssfelder), die wir befriedigen wollen, unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Rohstoffintensität. Dabei halten sich die beiden großen Konsumfelder Wohnen und Ernährung mit um die 30 % am gesamten privaten Konsum in etwa die Waage. Die Abdeckung unserer Grundbedürfnisse – ausreichend Ernährung und ein Dach über dem Kopf – ist also auch hinsichtlich der dafür notwendigen Rohstoffe am relevantesten (↗ Seite 76, Tabelle A 9). Aber auch Freizeitgestaltung (knapp 20 %) und Mobilität spielen in Deutschland wie auch in anderen Ländern mit einem hohen Entwicklungsstand eine wichtige Rolle (→ Abbildung 36). Aus Sicht eines nachhaltigen Rohstoffmanagements sind auch hinsichtlich des privaten Konsums eine Senkung des Pro-Kopf-Konsums und eine stärkere Fokussierung auf nachhaltige Produkte und Dienstleistungen notwendig. Dazu bedarf es des Zusammenspiels aller Akteure – Politik, Wirtschaft, und Konsument/-innen.

Die einzelnen Konsumfelder konsumieren unterschiedliche Rohstoffe. So spielen im Bereich Wohnen Mineralien

und fossile Energieträger eine wichtigere Rolle als Biomasse. Umgekehrt verhält es sich im Bereich Ernährung. Hier zeigen sich auch interessante Trends über die Zeit. So ist im Bereich Wohnen im Zeitraum 1995 – 2011 der Einsatz fossiler Energieträger stark zurückgegangen (um etwa 44 %), was unter anderem mit der Änderung des Strom-Mixes – weg von der Kohle – zu tun hat. Beim Konsumfeld Freizeit ist wiederum der Anteil der Mineralien gestiegen. Hier fällt ins Gewicht, dass heute mehr Produkte aus China stammen (Elektronik, etc.) und diese wegen des Infrastruktur-Aufbaus in China einen höheren Anteil an Mineralien als Vorleistungen mitbringen (↗ Seite 76, Tabelle A 9). Über die unterschiedlichen Vorleistungen im Verlauf von immer komplexer werdenden Zulieferketten bei allen Konsumfeldern sind jedoch alle Rohstoffgruppen von Relevanz. So decken wir den Bereich Wohnen zu einem gewissen Teil auch über Biomasse ab, während auch für die Produktion unserer Nahrungsmittel Mineralien notwendig sind (→ Abbildung 36).

Um eine Reduktion des Rohstoffkonsums im Bereich der privaten Haushalte zu erreichen, ist es sinnvoll, neben den Konsumfeldern mit dem höchsten Rohstoffkonsum auch die einzelnen Produktgruppen zu identifizieren, die innerhalb der einzelnen Konsumfelder eine wichtige Rolle spielen. So können in jedem Konsumfeld die „Hotspots“ des höchsten Rohstoffkonsums und somit prioritäre Ansatzpunkte für

Rohstoffkonsum der privaten Haushalte in Deutschland nach Konsumfeldern und Rohstoffkategorien, 1995 und 2011

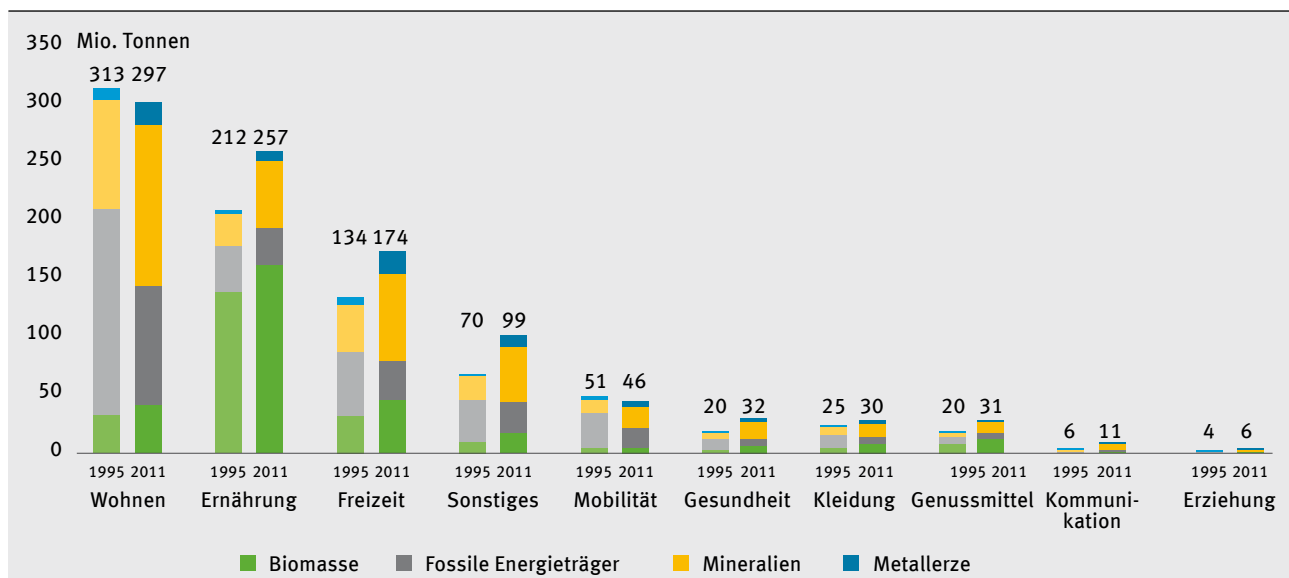


Abbildung 36

Quelle: WU, 2016 a

Monatlicher Rohstoffkonsum und Ausgaben pro Haushalt in Deutschland nach Bedarfsfeldern und Produktgruppen, 2011

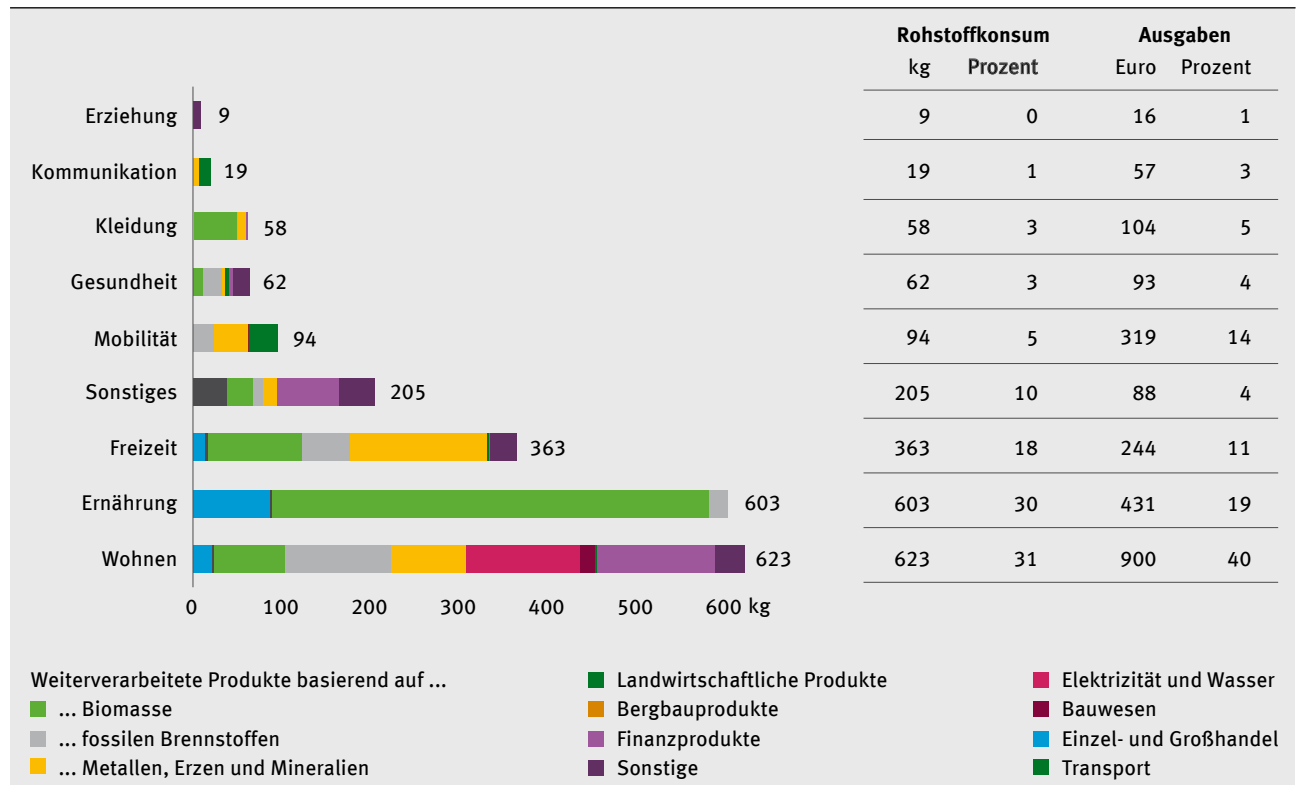


Abbildung 37

Quellen: WU, 2016 a; Destatis, 2015 f

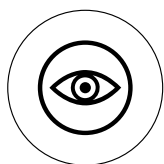
Politikmaßnahmen identifiziert werden. Generell spielen hier weiterverarbeitete Produkte auf Basis von Biomasse, Metallen und Mineralien oder fossilen Energieträgern eine wichtige Rolle. Erstere sind beispielsweise Nahrungsmittel wie Fleisch oder Milchprodukte. Im Bereich Wohnen spielen vor allem Energie für Wärme und Elektrizität aber auch die Wohnraumbeschaffung eine Rolle; in der Freizeit beispielsweise unterschiedliche Fahrzeuge oder Elektronikprodukte. Die Kategorie „Sonstiges“ enthält unterschiedliche Güter und Dienstleistungen wie etwa Leistungen aus den Bereichen Versicherungen und Geldanlage (← Abbildung 37). Über die Zeit hat sich diese Zusammensetzung des Rohstoffkonsums der privaten Haushalte in Bezug auf Produktgruppen nur unwesentlich verändert. Etwaige Konsumtrends sind nur bei Einzelprodukten ablesbar.

Der Rohstoffkonsum für die einzelnen Konsumfelder spiegelt sich nur bis zu einem gewissen Grad in den durchschnittlichen monatlichen Ausgaben der deutschen Haushalte wider. So wird – parallel zum Rohstoffkonsum – mit 40 % bei weitem der größte Teil für Wohnen aufgewendet, während die Ausgaben für Mobilität und Ernährung nur etwa ein Drittel davon ausmachen. Mit einer rohstoffseitigen Einsparung im Bereich Wohnen könnten also auch die größten Einsparungen bei den Haushaltsausgaben erzielt werden und vice versa. Generell zeigt sich, dass in den Bereichen Wohnen, Ernährung, Mobilität und Freizeit große Einsparungspotenziale hinsichtlich Rohstoffkonsum und damit verbundenen Kosten liegen, deren Ausschöpfung dementsprechend zu einer ökonomisch-ökologischen Win-Win-Situation führen würde (→ Box).

Nationales Programm für nachhaltigen Konsum

Am 24.02.2016 hat die deutsche Bundesregierung ein nationales Programm zur Stärkung eines nachhaltigen Konsums beschlossen. Dabei sollen vor allem Bereiche mit einem großen Potenzial für umweltverträgliches Verhalten wie Haushalt und Wohnen, Mobilität, Ernährung, Büro und Arbeit, Bekleidung sowie Tourismus und Freizeit systematisch gestärkt und ausgebaut werden. Im Programm werden Ziele und Maßnahmen für nachhaltigeren Konsum genannt und bereits vorhandene Strategien, Förderprogramme und Regelungen zusammengeführt und weiterentwickelt. Als Teil der Gesamtstrategie der Bundesregierung für mehr Nachhaltigkeit soll im Rahmen des Programms auch eine Plattform für die gesellschaftliche Diskussion über die Weiterentwicklung des Konsumverhaltens geschaffen werden.

Nachhaltiger Konsum wird auch auf der Verwaltungsebene im Rahmen des Maßnahmenprogramms „Nachhaltigkeit“ der Bundesregierung durch nachhaltige Beschaffung gestärkt (→ Seite 52, „Öffentlicher Konsum“, Box). Zusätzlich beschäftigt sich eine Regierungsarbeitsgruppe mit der Entwicklung eines Indikators für nachhaltigen Konsum, der in die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie aufgenommen werden könnte (Deutsche Bundesregierung, 2016 b).



Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick

29
Mrd. m³

**Inländische Wassernutzung,
2013**

360
m³

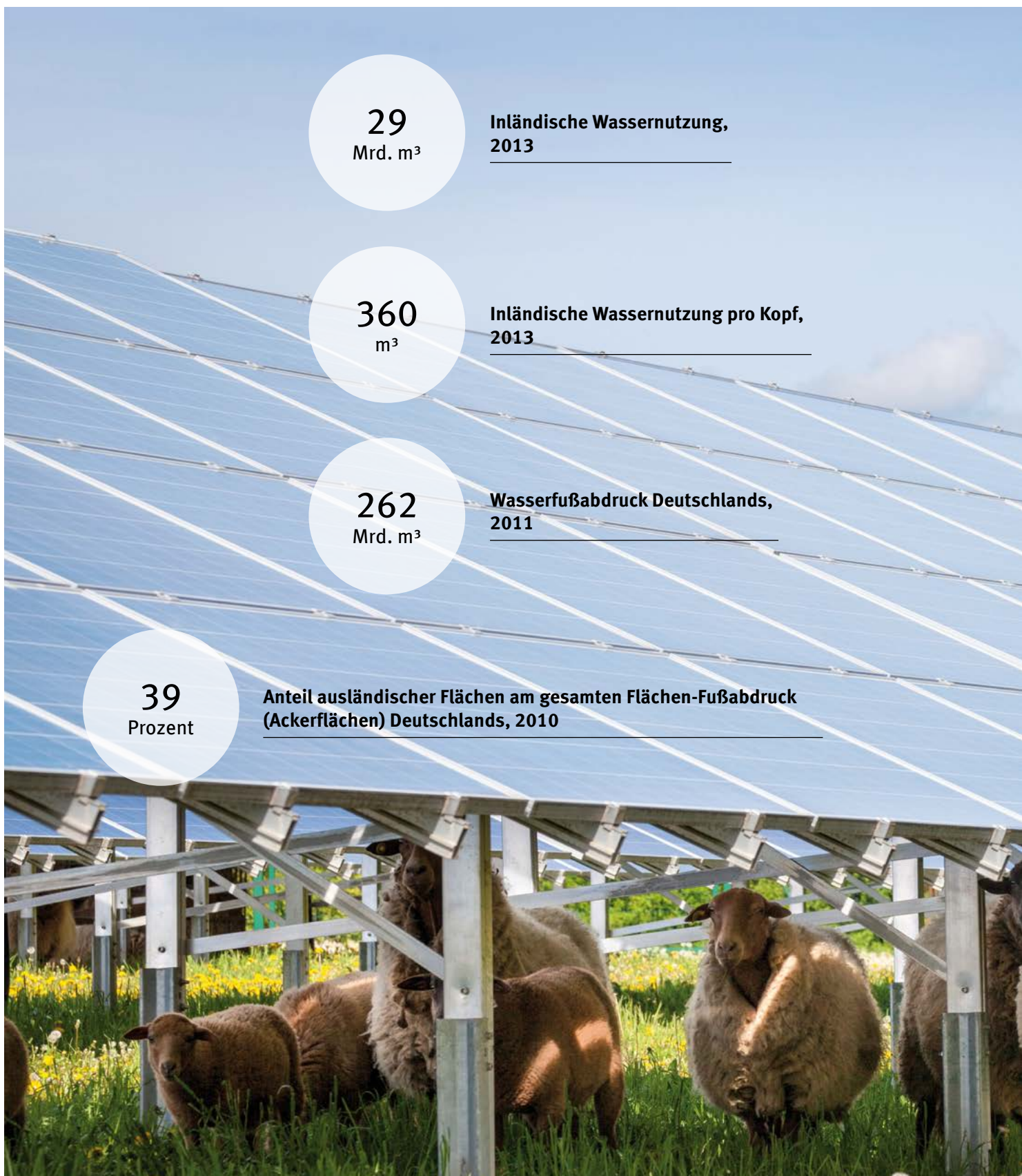
**Inländische Wassernutzung pro Kopf,
2013**

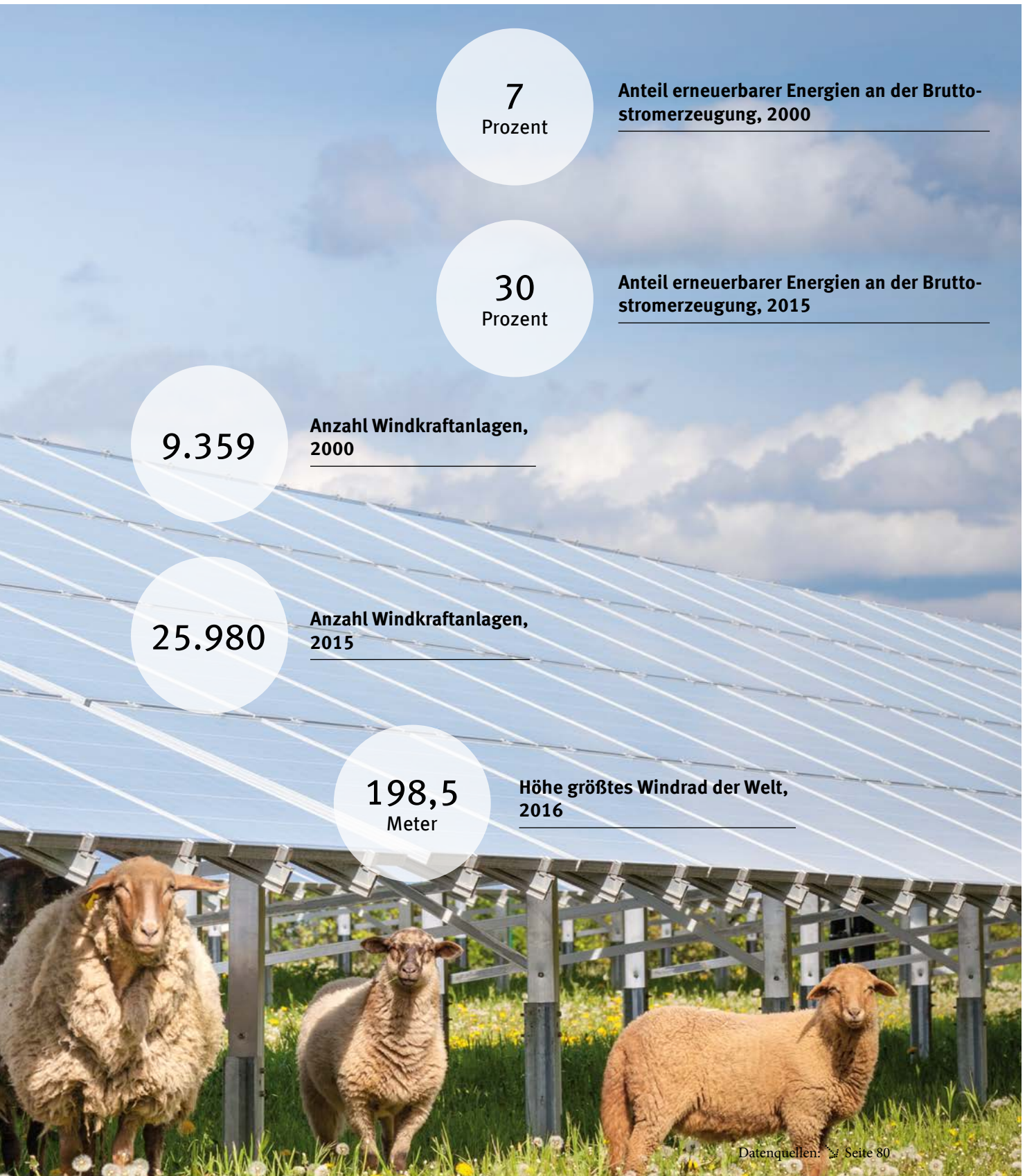
262
Mrd. m³

**Wasserfußabdruck Deutschlands,
2011**

39
Prozent

**Anteil ausländischer Flächen am gesamten Flächen-Fußabdruck
(Ackerflächen) Deutschlands, 2010**





Datenquellen:  Seite 80

Wasser

Die Entnahme, der Handel und die wirtschaftliche Nutzung von Rohstoffen bedingen auch eine Nutzung anderer natürlicher Ressourcen. Wasser wird bei der Gewinnung von Rohstoffen, etwa zur Bewässerung in der Landwirtschaft oder als Lösungs- und Kühlmittel im Bergbau verwendet. Genauso dient es bei der Energiegewinnung und in fast allen Produktionsprozessen als Kühlwasser oder Reinigungsmittel. Die Wassernutzung in privaten Haushalten hat sich seit 1991 um 16 % verringert. Während die direkte Wassernutzung in Deutschland über die Jahre abnimmt, haben indirekte Wasserflüsse, also in konsumierten Produkten enthaltenes Wasser, zugenommen.

Für Gesellschaft und Wirtschaft spielt das auf der Erde verfügbare Wasser eine Schlüsselrolle. Obwohl Wasser eine „erneuerbare“ Ressource ist, kann seine Verfügbarkeit mit großen regionalen Unterschieden über das Jahr gesehen limitiert sein. In vielen Regionen weltweit herrscht – zumindest zeitweise – Wasserknappheit, was dazu führt, dass Grundwasserspiegel sinken, Flüsse nicht mehr ausreichend Wasser führen und natürliche Feuchtgebiete sogar austrocknen. In Ländern Mittel- und Nordeuropas, mit ihrem relativen Wasserreichtum, lag der Fokus des Wassermanagements bislang auf der Wasserqualität und nicht auf der quantitativen Nutzung von Wasser – so auch in Deutschland. Trotzdem wurden auch in Deutschland Anstrengungen unternommen, den Wasserbedarf zu reduzieren – sowohl aus ökonomischen wie aus ökologischen Gründen. Dadurch ist die Wassergewinnung für die verschiedenen Sektoren seit 1991 deutlich, nämlich um knapp 47 % zurückgegangen (→ Abbildung 38).

Die größte Wasserentnahme erfolgte auch 2013 durch die Energieversorgung, obwohl sie im Vergleich zu 2010 um 7 Milliarden m³ abgenommen hat. Das Wasser wird dabei vor allem für Kühlzwecke in Kohle-, Gas- oder Atomkraftwerken verwendet. Weitere Wasserentnahmen erfolgen für

die Öffentliche Wasserversorgung, im verarbeitenden Gewerbe und im Bergbau. Insgesamt werden in Deutschland etwa 14 % der insgesamt potentiell verfügbaren Wasserressourcen von 188 Milliarden m³ genutzt. Dabei verwendete jede/r deutsche Staatsbürger/in 121 Liter pro Tag für die tägliche Hygiene, Waschmaschine, Geschirrspüler oder schlicht als Trinkwasser (→ Abbildung 38).

Mit zunehmendem Handel zwischen Staaten und Kontinenten wird Wasser immer häufiger für die Förderung, Produktion und Weiterverarbeitung von Exportgütern verwendet. In vielen Ländern mit vergleichsweise geringen Süßwasserreserven wird dabei ein beträchtlicher Teil der Vorkommen für die Produktion von Exportgütern für wasserreiche Länder verwendet. Nimmt man bei der Analyse der Wassernutzung in Deutschland eine konsumorientierte Perspektive ein, muss dieses Wasser, welches für importierte Güter genutzt wurde, Deutschland entsprechend zugerechnet werden. Der resultierende Indikator wird als Wasserfußabdruck bezeichnet. Deutschlands Wasserfußabdruck hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen und sich im Zeitraum 1995 – 2011 auf etwa 260 Milliarden Kubikmetern im Jahr 2011 (3.245 m³ pro Kopf) in etwa verdoppelt. Dabei ist der Anteil des im Ausland genutzten Wassers am

Entwicklung der Wasserentnahmen für die Bereiche Öffentliche Wasserversorgung, Bergbau und verarbeitendes Gewerbe sowie Energieversorgung, 1991 – 2013

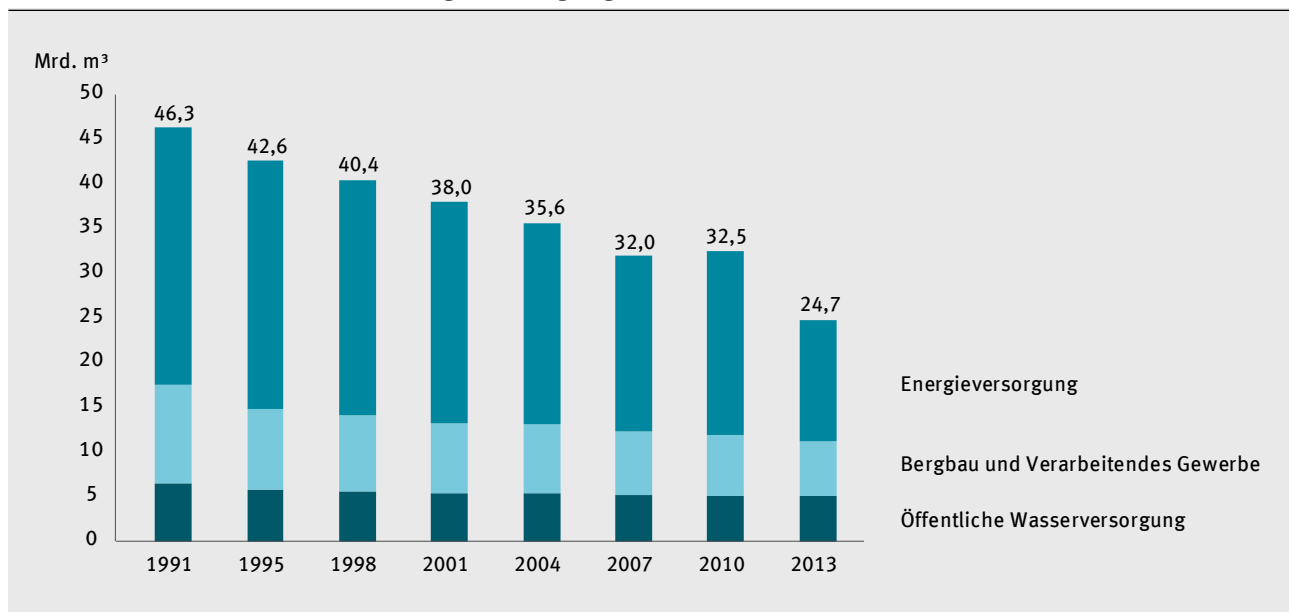


Abbildung 38

Quellen: Destatis, 2015 h, 2016 b

Deutschlands Netto-Importe von blauem und grünem Wasser nach Top-10 Herkunftsländern, 2011

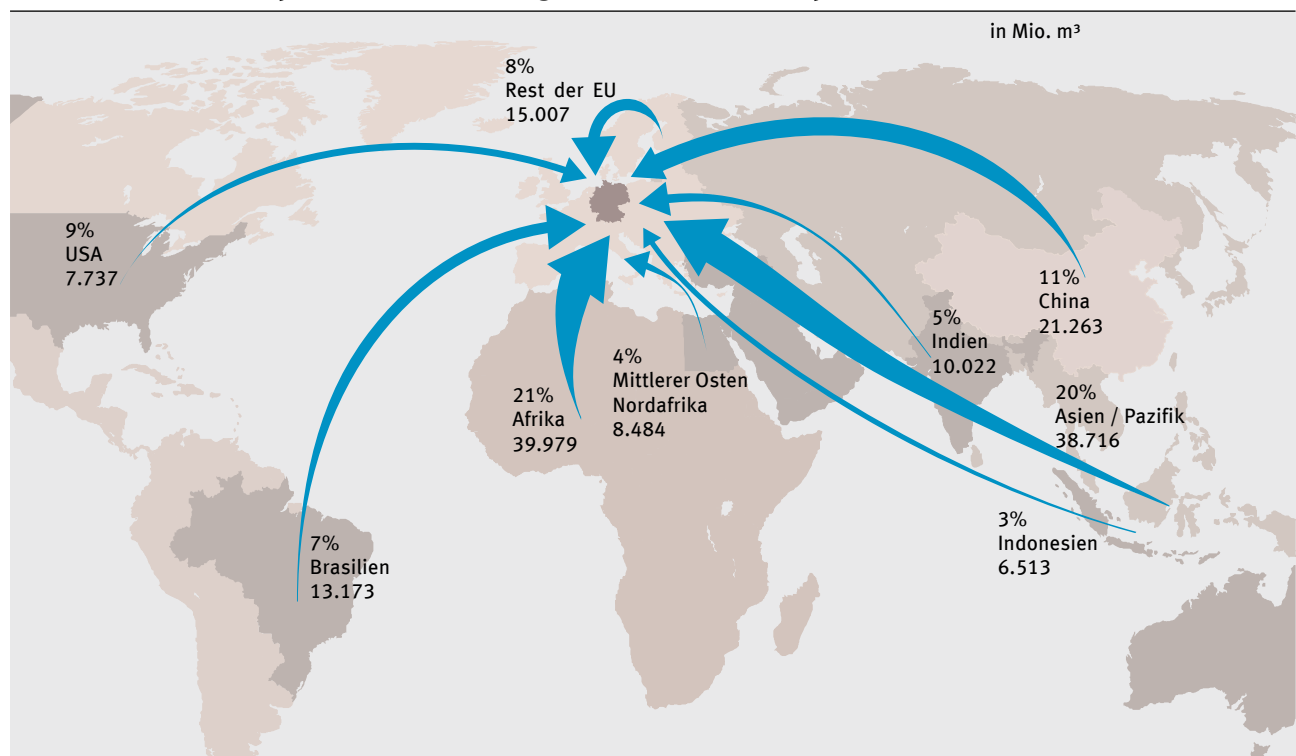


Abbildung 39

Quelle: WU, 2016 a

Gesamt- Wasserfußabdruck Deutschlands auf inzwischen fast 75 % angestiegen (WU, 2016 a). Hier spielt vor allem der asiatische Raum mit China (ca. 20 Mrd. m³) und Indien (ca. 10 Mrd. m³) als Herkunftsregion für in Produkten enthaltenes Wasser eine wichtige Rolle (← Abbildung 39).

Für ein umfassendes Wasser-Management müssen die globalen Zusammenhänge zwischen Ressourcennutzung, Handel, Wirtschaftswachstum und gesellschaftlichem Wohlstand berücksichtigt werden, um Veränderungen im wirtschaftlichen Umgang mit (Wasser-)Ressourcen zu ermöglichen. Für eine Bewertung des direkten und des indirekten

Wasserverbrauchs ist die lokale Verfügbarkeit von Wasser entscheidend. Das Konzept des Wasserfußabdrucks kann dabei den versteckten Wasserhandel zu Lasten wasserarmer Länder transparenter machen. Ziel ist es, Handlungsoptionen für Regionen aufzuzeigen, in denen eine Wasserübernutzung durch den Export von wasserintensiven Produkten zu negativen ökologischen und sozialen Auswirkungen führt, wobei auch die Handelspartner dieser Regionen eine Mitverantwortung für diese Folgen übernehmen sollten.

Relevante Aspekte für die Analyse der Wassernutzung

Direkte und indirekte Wassernutzung: Unter direkter Wassernutzung versteht man die Verwendung von Wasser in Produktionsprozessen, zu Kühlzwecken, im Haushalt oder als Nahrungsmittel. Indirekte Nutzung quantifiziert jene Menge an Wasser, die entlang der Produktionskette eines Gutes notwendig war, um dieses herzustellen. Die Summe der indirekten Wassernutzung für ein Produkt oder zur Befriedigung des Konsums einer Person oder eines Landes wird auch als „Wasserfußabdruck“ bezeichnet.

Drei Arten von Wasser werden unterschieden: „Blaues Wasser“ ist Wasser aus Oberflächengewässern oder Grundwasser, „grünes Wasser“ ist Regenwasser, das – im Unterschied zu Grundwasser – in der obersten Bodenschicht gespeichert und von dort von den Pflanzen aufgenommen wird und verdunstet. Es ist besonders für die Landwirtschaft von Relevanz. „Graues Wasser“ bezieht sich auf während Produktionsprozessen verschmutztes Wasser. Je nach Definition handelt es sich dabei entweder um die Menge des verschmutzten Wassers selbst oder um jene Menge an Wasser, die es braucht, um verschmutztes Wasser wieder auf ein Umweltstandards entsprechendes Maß zu verdünnen.

Räumliche, zeitliche und sektorale Variationen sind besonders bei der Analyse von Wassernutzung und -verfügbarkeit von großer Bedeutung. Räumlich können große Unterschiede innerhalb eines Wassereinzugsgebiets aber vor allem auch zwischen Einzugsgebieten auftreten. Zeitlich treten diese Unterschiede je nach Jahreszeit und Produktionszyklen auf. Und je nach Industriezweig und -anlage können sehr unterschiedliche Wasserintensitäten beobachtet werden.

Fläche

Neben Rohstoffen und Wasser spielt eine weitere Kategorie bei der Betrachtung der Ressourcennutzung in Deutschland eine zentrale Rolle: die Fläche. Landwirtschaft und Bergbau benötigen und verändern Fläche. Ebenso sind riesige Flächen für Betriebsgelände sowie den Handel und Transport von Gütern erforderlich, zum Beispiel für Einkaufszentren oder Straßen. Der Großteil der Fläche Deutschlands wird für wirtschaftliche Zwecke genutzt. Private Zwecke wie Wohnen oder Erholung nehmen einen vergleichsweise geringen Anteil in Anspruch. Da Deutschland steigende Mengen an Gütern importiert, für deren Herstellung Fläche benötigt wird, ist Flächenmanagement sowohl aus einem nationalen wie einem internationalen Blickwinkel zu betrachten.

Ähnlich wie Rohstoffe und Wasser ist die Fläche, die neben Landflächen auch Wasserflächen beinhaltet, eine wichtige Grundlage allen Lebens. Entsprechend variieren nicht nur die sogenannten Flächenbedeckungen – von Wald über Ackerland, bis hin zu Siedlungsgebieten und Abbauland –, auch ihre Nutzungen sind vielfältig und stehen je nach der Verfügbarkeit von Flächen miteinander in Konkurrenz. Neben seinen bedeutenden Umweltfunktionen sind verfügbare Flächen in einer modernen Gesellschaft auch eine wichtige Wirtschaftsgrundlage und besitzen als Landschaftselement eine große Bedeutung.

Deutschland hat eine Größe von knapp 360.000 Quadratkilometern. Etwa die Hälfte, nämlich 52 %, wird für die Landwirtschaft genutzt, gefolgt von der Forstwirtschaft (30%). Siedlungs- und Verkehrsflächen machten 2014 fast 49.000 Quadratkilometer (13,7 % der Gesamtfläche), wobei diese Flächen pro Jahr etwa um 250 Quadratkilometer zunehmen (→ Abbildung 40). Diese jährliche Expansion entspricht etwa 35.000 Fußballfeldern oder 69 Hektar pro Tag. Knapp die Hälfte dieser Flächen ist versiegelt, das heißt bebaut, betoniert, gepflastert oder anderweitig befestigt. Damit gehen wichtige Bodenfunktionen, wie etwa Filter-,

Speicher- und Lebensraumfunktionen verloren. Im Rahmen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie setzte sich die Bundesregierung das Ziel, das Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar pro Tag zu reduzieren (UBA, 2016 b).

Aber auch der Abbau von Mineralien beansprucht Flächen. Im Jahr 2014 kamen pro Tag etwa sieben Hektar Fläche „unter den Bagger“, davon 3,6 Hektar für Baumineralien, 2,2 Hektar für Braunkohle, 0,9 Hektar für Torf und 0,3 Hektar für Industriemineralien (UBA, 2016 c).

Als offene Volkswirtschaft mit intensivem Außenhandel importiert Deutschland steigende Mengen an Rohstoffen und Produkten (→ Seite 24, „Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel“). Für die Produktion dieser Handelsgüter wird Fläche im Ausland benötigt. Deutschland besitzt also außerhalb seiner Grenzen einen „Flächenfußabdruck“ (→ Seite 28, „Indirekte Import- und Exportflüsse“). Dieser hat über die Jahre bedeutende Ausmaße angenommen. Der Anteil von ausländischen Flächen an Deutschlands gesamtem Flächenfußabdruck beträgt etwa zwei Drittel. Davon wird wiederum der größte Anteil für die Herstellung tierischer Produkte verwendet

Aufteilung der Flächennutzung in Deutschland nach Nutzungsarten, 2013

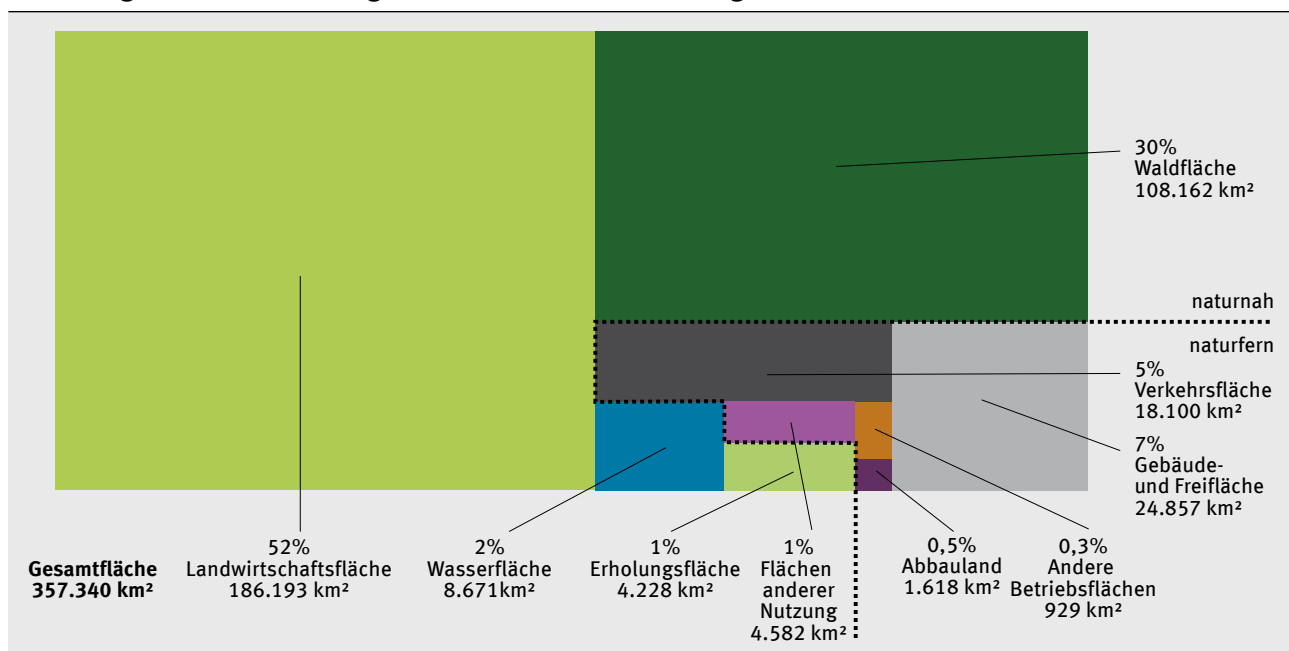


Abbildung 40

Quelle: Destatis, 2015 a

Ausländischer Flächenfußabdruck (Ackerfläche) von in Deutschland konsumierten Nahrungsmitteln nach Herkunftsregionen, 2010

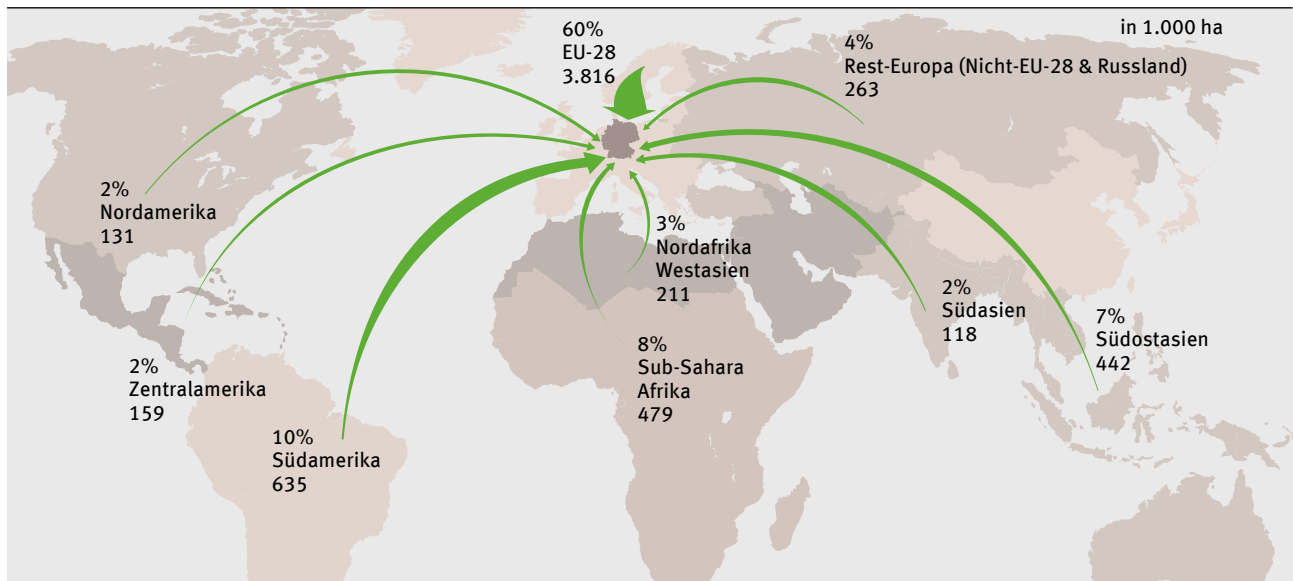


Abbildung 41

Quelle: Fischer et al., 2016

(ca. 50%). Ein Viertel (5,5 Mio Hektar) der für den deutschen Konsum benötigten globalen Ackerflächen werden für Nicht-Ernährungszwecke stofflich genutzt (Grundstoffe für die Industrie, Textilien, Bioenergie). Dieser Bereich verzeichnet auch die stärksten Wachstumsraten (Fischer et al., 2016). Ähnlich wie bei Rohstoffen und bei Wasser zeigt sich also auch bei der Fläche, dass im Zeitalter der Globalisierung und stark vernetzter Wirtschaftssysteme die internationale Dimension – also die Fußabdruck-Perspektive – immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die wachsende Konkurrenz

um verfügbare Flächen gefährdet die Versorgungssicherheit für die lokale Bevölkerung wie auch für jene Länder mit hohen Flächenimporten. Über den Mengenaspekt hinaus sind auch die unterschiedlichen Intensitäten der Flächennutzungen mit den damit einhergehenden Umweltauswirkungen (→ Box) zu berücksichtigen. Das Thema Flächennutzung sollte daher auch in verantwortungsbewussten Strategien zu Ressourcenmanagement und internationalem Handel verstärkt Beachtung finden.

Flächenfußabdruck und ökologischer Fußabdruck

Der Flächenfußabdruck quantifiziert, wie viel Fläche im In- und im Ausland benötigt wird, um die Güter und Dienstleistungen herzustellen, die in einem Land oder einer Region konsumiert werden. Er wird in Hektar oder Quadratmeter tatsächlicher Flächennutzung angegeben und kann für einzelne Länder oder Wirtschaftssektoren berechnet werden. Dabei werden unterschiedliche Kategorien von Flächennutzung unterschieden – etwa Ackerland, forstwirtschaftliche Fläche, Weidefläche oder Industrieland. Der Flächenfußabdruck ist somit auch die Grundlage für wichtige Erweiterungen wie eine Gewichtung von Flächen nach Ertrag, Biokapazität oder anderen ökologischen, sozialen oder wirtschaftlichen Kriterien. (UBA, 2013 a)

Im Unterschied dazu umfasst der Ökologische Fußabdruck den Flächenbedarf sowohl des Ressourceneinsatzes als auch der Bindung von Treibhausgas-Emissionen (THG). Er ist definiert als die Summe aller bioproduktiven Land- und Wasserflächen, die notwendig sind, um jene biotischen Rohstoffe zu produzieren, die in einem Land konsumiert werden, sowie die anfallenden THG aufzunehmen. Im Unterschied zum Flächenfußabdruck wendet der Ökologische Fußabdruck eine Gewichtung verschiedener Flächen gemäß der biologischen Kapazität an. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Kategorien der Landnutzung und THG-Emissionen in einer Einheit – dem sogenannten „globalen Hektar“ – zusammenzuführen. Mit diesem Indikator kann somit die Frage beantwortet werden, in welchem Ausmaß die Bewohner/-innen einzelner Länder die regenerative Kapazität der Biosphäre durch ihren Konsum in Anspruch nehmen und ob damit die nationalen oder globalen Grenzen der Ökosysteme überschritten werden. (Global Footprint Network, 2016)

Beide Indikatoren haben aufgrund der beschriebenen Eigenschaften unterschiedliche Anwendungsgebiete. Der Flächenfußabdruck erlaubt es, die reale Flächennutzung entlang von globalen Produktionsketten zu quantifizieren. Er ist somit ein wichtiger Indikator für die wissenschaftliche Anwendung und die Grundlage für das Design von Politikmaßnahmen. Der Ökologische Fußabdruck hingegen integriert verschiedene Ressourcenkategorien und Umweltauswirkungen in einer Zahl, was die Kommunikation erleichtert. Ein Beispiel für die gute Kommunikationsfähigkeit dieses Indikators ist der „Earth Overshoot Day“, der anzeigt, an welchem Tag im Jahr die jährlich regenerierbare Biokapazität der globalen Ökosysteme verbraucht wurde – im Jahr 2015 fiel dieser Tag bereits auf den 13. August, 2005 war es der 20. Oktober.

Strömende Ressourcen

Strömende Ressourcen, wie Sonnenenergie, Wind oder Wasserströme, spielen insbesondere als Ersatz für fossile Energieträger eine wichtige Rolle. Im Jahr 2015 betrug der Anteil dieser Energieträger an der deutschen Stromproduktion bereits 30 %, wobei die produzierte Strommenge seit 1990 um 18 % anstieg. Den größten Beitrag liefert die Nutzung der Windenergie, gefolgt von der Photovoltaik. Besonders in Zeiten steigenden Energieverbrauchs und zunehmender klimaschädlicher Emissionen stellt der Umstieg auf diese Art natürlicher Ressourcen einen essenziellen Beitrag zum Klimaschutz dar. Jedoch benötigt auch ihr Ausbau verschiedenste Rohstoffe. Dies könnte in Zukunft zu Knappheiten führen.

Sonnenenergie, Wind, Geothermie oder Wasserströme sind den erneuerbaren Ressourcen zuzuordnen. Da sie jedoch nicht oder nur eingeschränkt gesammelt oder gespeichert werden können, wird ihre fließende Eigenschaft als Energiequelle genutzt. Etwa 30 % der Stromproduktion kam 2015 aus erneuerbaren Energiequellen. Im Vergleich dazu kamen etwa 42 % aus Braun- und Steinkohle, und 14 % aus der Kernenergie (AGEB, 2016).

Aufgrund der klimatischen und topografischen Rahmenbedingungen liegt der Fokus in Deutschland vor allem auf der Windenergienutzung sowie der Photovoltaik. Ihre installierten Leistungen betrugen im Jahr 2014 jeweils fast 40 Gigawatt. Damit wurden insgesamt 92 Terawattstunden Strom (zum größeren Teil aus Windenergie) erzeugt. Obwohl die Windenergienutzung in Deutschland eine längere Tradition besitzt, versiebenfachte sich die installierte Leistung im Zeitraum 2000 – 2015, während die Photovoltaik in dieser Periode als neue Technik um den Faktor 60 zunahm (→ Abbildung 42). Die Wasserkraftpotenziale sind mit 5,6 Gigawatt praktisch ausgeschöpft, weshalb der Stromertrag von knapp 20 Terawattstunden langfristig unveränderlich bleibt (BDW, 2016). Die Geothermie spielt bei der Stromproduktion eine untergeordnete Rolle. Sie kommt vor allem in der Wärmeproduktion zur Anwendung. Absolut produzierte Mengen wie auch die Verteilung über die verschiedenen Arten erneuerbarer Ressourcen unterscheiden sich dabei stark zwischen den deutschen Bundesländern.

Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern produzieren absolut gesehen am meisten Strom aus erneuerbaren Quellen. Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt haben einen hohen Anteil an Windkraft, während Bayern aufgrund seiner Topografie neben der Photovoltaik auch einen hohen Anteil an Strom aus Wasserkraft produziert (→ Abbildung 44).

Im Rahmen einer Potenzialanalyse wurde vom Umweltbundesamt (UBA) das Potenzial der Windenergie an Land ermittelt. Unter Berücksichtigung technischer und ökologischer Restriktionen ergibt sich ein Potenzial von 13,8 % der deutschen Landesfläche. Unter Verwendung der ausgewählten Referenzanlagen würde dies einem Leistungspotenzial von 1.200 Gigawatt entsprechen. Obwohl das davon realisierbare Potenzial aufgrund etwa von Widerständen seitens Anrainer/-innen oder von wirtschaftlichen Bedingungen im Einzelfall geringer ausfällt, zeigt diese Potenzialermittlung, dass in Deutschland ein großer Spielraum für den Ausbau der Windenergie an Land besteht (UBA, 2013 b).

Der Umstieg auf strömende Ressourcen wie Windenergie stellt auch einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. So nahm etwa die Anzahl der im Bereich der Windkraft beschäftigten Personen in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2014 von 25.000 auf knapp 149.200 zu (BWE, 2016). Im Bereich der Photovoltaik lag dieser Wert 2014 bei etwa 38.300 Arbeitsplätzen (BSW-Solar, 2016).

Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland, 2000 – 2015

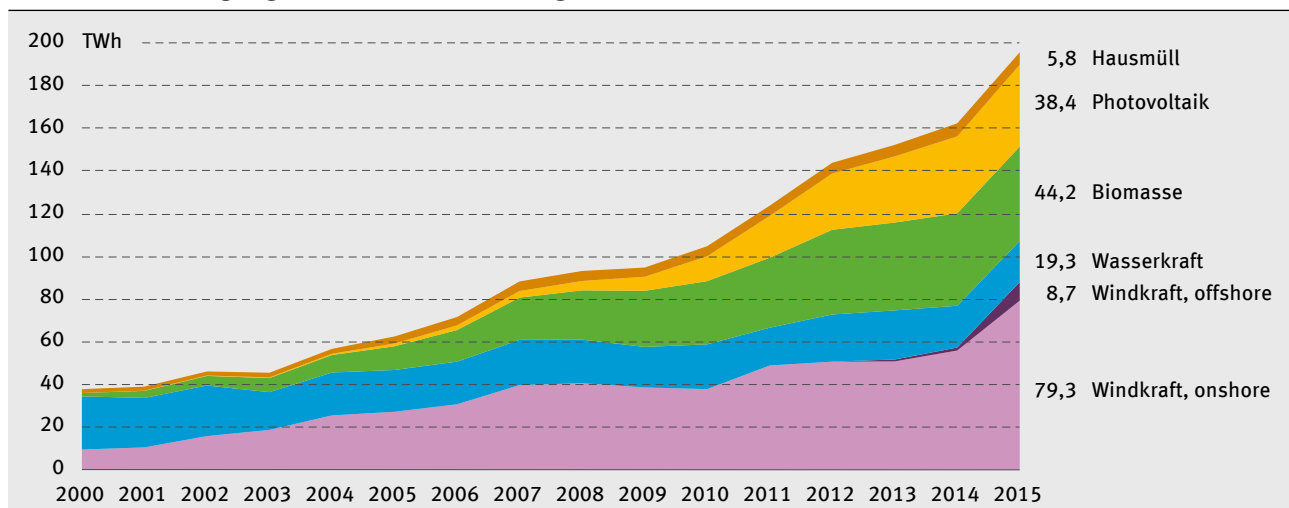


Abbildung 42

Quelle: AGEB, 2016

Trotz zahlreicher Vorteile gegenüber fossilen Energieträgern ist auch die Nutzung erneuerbarer Energien – vor allem die Bioenergie, aber auch die Wasserkraftnutzung – nicht frei von negativen Auswirkungen auf die Umwelt, die in eine sorgsame Planung miteinbezogen und dadurch reduziert werden können. Windenergienutzung und die Photovoltaik weisen einen erheblichen Flächenbedarf auf und können dadurch Ökosysteme beeinträchtigen. Darüber hinaus erfordert die Errichtung solcher Anlagen auch beträchtliche Mengen an metallischen und mineralischen Rohstoffen mit teilweise schwerwiegenden Umweltauswirkungen bei deren Herstellung. Bei Windkraftanlagen zählen dazu seltene Metallerze wie Selen oder Neodym zur Herstellung von Magneten; aber auch große Mengen an gewöhnlichen metallischen Rohstoffen wie Eisen, Aluminium oder Kupfer, sowie Sande und Industriemineralien zur Herstellung von Beton oder Glas. Ein typisches Windrad mit einer Leistung von 2,3 Megawatt enthält mehr als 2.000 Tonnen Materialien (→ Abbildung 43).

Rohstoffeinsatz für ein Windrad*

* Werte für ein 3 Megawatt Windrad der Type Enercon E-82/E2



Abbildung 43

Quelle: Ingenieur.de, 2016

Bruttostromerzeugung und Anteile erneuerbarer Energie in den Bundesländern, 2013

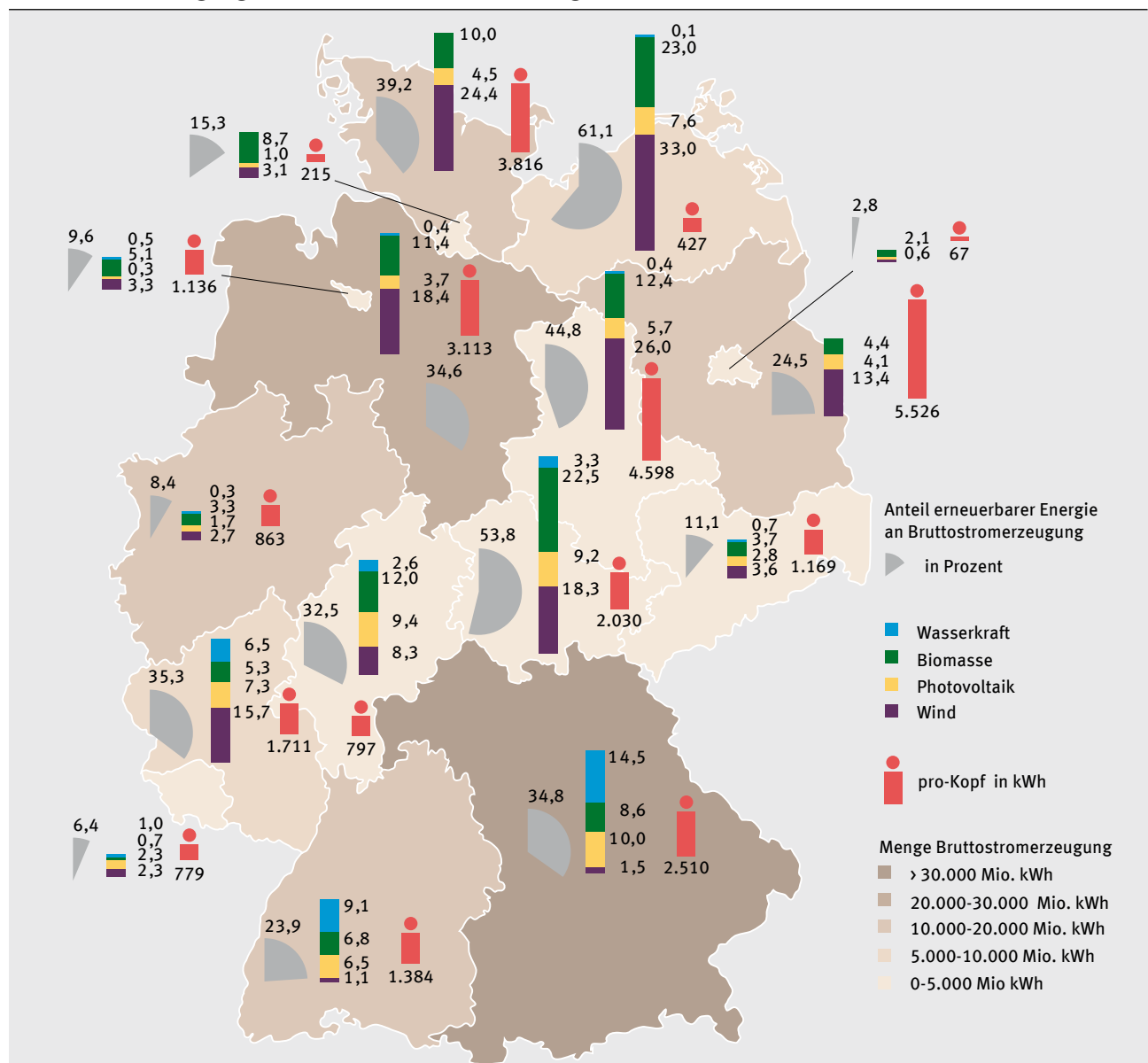


Abbildung 44

Quelle: AEE, 2013

Umwelt als Senke: Eine weitere natürliche Ressource

Die Entnahme und Nutzung von Rohstoffen und anderer natürlicher Ressourcen stellen Eingriffe in die natürlichen Ökosysteme dar. Die Umweltmedien fungieren dabei in zweierlei Hinsicht als natürliche Ressource: Nicht nur als Quelle für Rohstoffe, sondern insbesondere als Senke, die unter anderem Emissionen bindet oder Abwässer filtert. Eine Übernutzung dieser teilweise äußerst knappen Ressource führt zu negativen Umweltauswirkungen, wie beispielsweise die Anreicherung von Nitrat im Wasser oder die Veränderung des Klimas durch den Ausstoß von Treibhausgasen in die Atmosphäre. Dies bedingt Beeinträchtigungen der ökologischen Dienstleistungen.

Eine wichtige Senken-Funktion der Umwelt ist die Aufnahme von Nähr- und Schadstoffen aus Siedlungen, Landwirtschaft oder Industrie. Diese Stoffe können die Selbstregulierung von Ökosystemen überfordern und Lebensgemeinschaften irreversibel schädigen. Beispielsweise kann eine intensive Nitrat- und Phosphornutzung in der Landwirtschaft zu Nährstoffanreicherung (der sogenannten Eutrophierung) führen, den Sauerstoffhaushalt der Gewässer reduzieren und Algenblüten zur Folge haben.

Ein großer Teil der Nährstoffe, insbesondere Phosphate, gelangt über Abschwemmung oder Erosion von Bodenpartikeln von landwirtschaftlich genutzten Äckern und Wiesen in die Oberflächengewässer. Grundwasser wird in erster Linie durch die Auswaschung von Nitrat aus stickstoffhaltigen Düngemitteln gefährdet. Da diese Art der Emissionen nicht

an spezifischen Punkten, sondern flächig auftreten, spricht man in diesem Zusammenhang von „diffusen Emissionen“.

In den letzten Jahrzehnten konnten die diffusen Phosphor- und Stickstofffrachten in Deutschland insgesamt halbiert werden, was vor allem an stark gesunkenen Einleitungen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen und dem Zusammenbruch der Tierproduktion in der ehemaligen DDR nach der Wende lag. Die Stickstoffeinträge aus der Land-

wirtschaft verringerten sich im Zeitraum 1985 – 2011 deutlich weniger, um etwa 18 %. Dies führt dazu, dass in weiten Teilen des Bundesgebiets noch immer die zulässigen Belastungsgrenzen überschritten werden (← Abbildung 45). Dies weist zumindest indirekt auf die Beanspruchung von terrestrischen Ökosystemen hin. Bei Phosphor aus landwirtschaftlicher Nutzung konnte gar kein Rückgang verzeichnet werden. Dazu kommt, dass sich ein sparsamer Einsatz von Stickstoff erst sehr stark verzögert (5 – 30 Jahre) in einer verbesserten Qualität der Fließgewässer widerspiegelt. Das liegt an der hohen Aufenthaltszeit des Stickstoffs in Grundwasserleitern.

Um diffuse Nährstoff- und Schadstoffeinträge aus der Landwirtschaft zu senken, ist es daher von Bedeutung, dass Landwirte die Grundsätze der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft und im Bodenschutz, wie etwa die Vorgaben der Düngemittelverordnung, sowie generelle Maßnahmen gegen Erosion einhalten und insgesamt den Einsatz dieser Stoffe drastisch reduzieren.

Die Entwicklung unserer Gesellschaft von einer traditionellen Agrar- zur modernen Industriegesellschaft stand in engem Zusammenhang mit einem Wechsel der verwendeten Energiequellen. Wurde früher größtenteils Biomasse (insbesondere Holz) eingesetzt, so eröffnete die Verwendung von fossilen Energieträgern vollkommen neue Optionen der Energienutzung, die in Industrie, Verkehr und Haushalten Anwendung fanden. Mit der Nutzung fossiler Energieträger geht jedoch auch die Freisetzung von Treibhausgasemissionen einher. Die in den letzten Jahrzehnten stark angestiegenen anthropogenen Emissionen bedrohen mittlerweile das atmosphärische Gleichgewicht und führen zu einem Anstieg der globalen Temperaturen. Im Jahr 2014 entfielen in Deutschland fast 88 % der freigesetzten Treibhausgase auf Kohlendioxid aus Strom- und Wärmeerzeugung, Haushalten und Kleinverbrauchern, dem Verkehr sowie der industriellen Produktion. Etwa 10 % waren Methan und

Überschreitungen der Stickstoff-Belastungsgrenzen in Deutschland, 2009

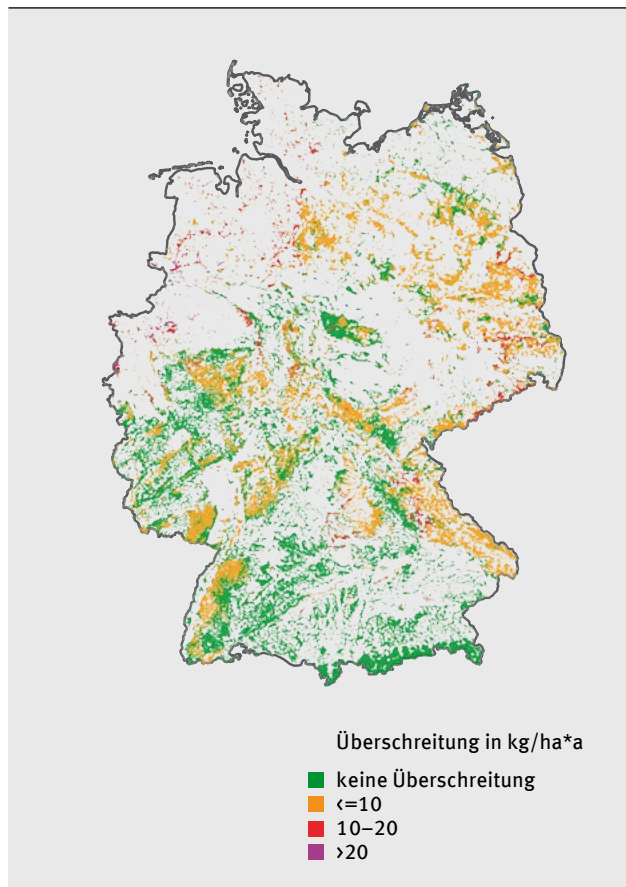


Abbildung 45

Quelle: Schaap et al., 2015

Deutschlands Netto-Importe von Treibhausgasemissionen, Top-10 Herkunftsländer und -regionen, 2011

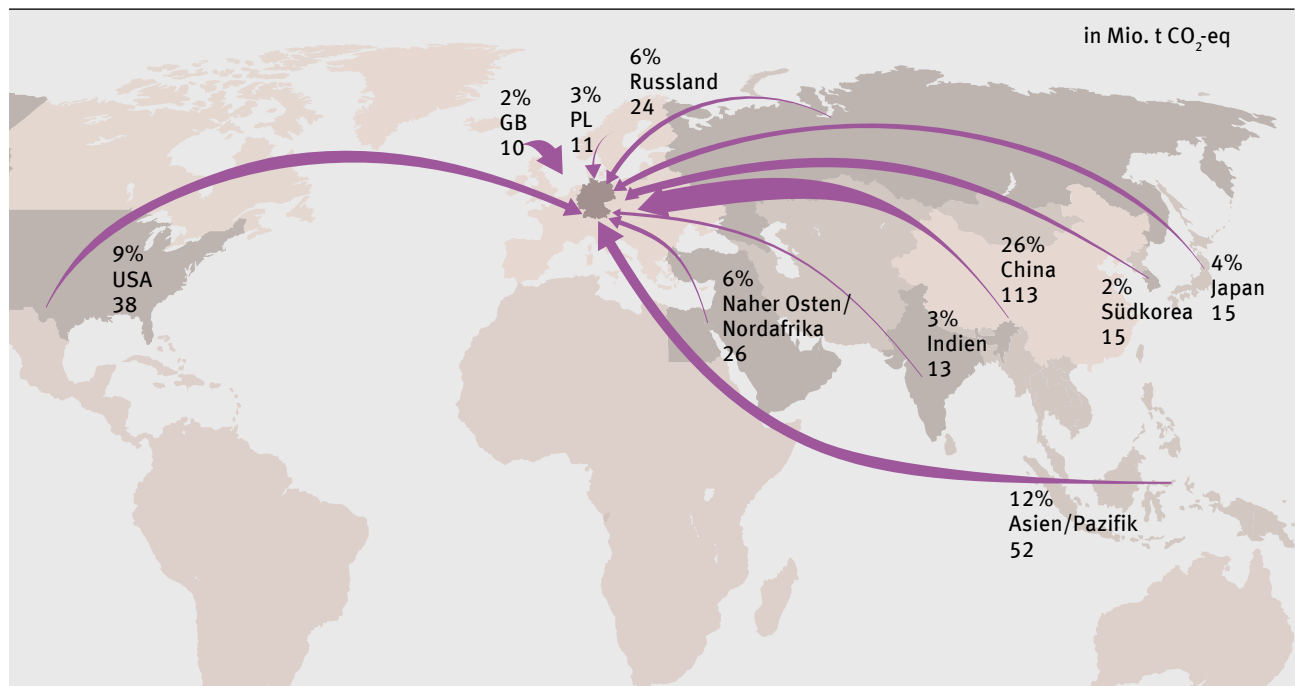


Abbildung 46

Quelle: WU, 2016 a

Lachgas, die vor allem in der Land- und Forstwirtschaft, insbesondere bei der Massentierhaltung entstehen. Der Rest entfiel auf fluoridierte Treibhausgase. Die drei letztgenannten Substanzen besitzen dabei ein größeres Treibhauspotenzial als Kohlendioxid. In Deutschland konnten die Treibhausgas-Emissionen seit 1990 deutlich vermindert werden; sie sanken bis 2014 um 27,7 %. Nach den energiebedingten Emissionen ist die Landwirtschaft mit einem Anteil von etwa 7 % an den Gesamtemissionen der zweitgrößte Emissionssektor. Hier sanken die Emissionen gegenüber 1990 nur um rund 15 %. (UBA, 2016 d).

Ähnlich wie bei Rohstoffen, Wasser oder Fläche ist auch bei Treibhausgasemissionen ein Vergleich der in Deutschland produzierten Emissionen mit jenen Mengen von Interesse, die außerhalb des Landes für die Herstellung von Gütern und Dienstleistungen für den heimischen Konsum anfallen, also der CO₂-Fußabdruck. Hier zeigt sich, dass Deutschlands Bilanz aus einer Konsumperspektive besser ausfällt, denn der CO₂-Fußabdruck liegt um etwa 10 % unter den in Deutschland anfallenden Emissionen. Die größten Mengen an indirekten Emissionen werden dabei indirekt aus China, der übrigen EU und den USA importiert. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland mit einem Pro-Kopf CO₂-Fußabdruck von 13 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Kopf an 17-ter Stelle. Das Land mit dem weltweit höchsten CO₂-Fußabdruck ist Luxemburg (Exiobase 3.1).

Bereits 2006 wies der ehemalige Weltbank-Chefökonom Nicholas Stern darauf hin, dass ein Nicht-Reagieren auf den Klimawandel zwischen 5 und 20 % des jährlichen, globalen BIP kosten würde.

Bei solchen umweltökonomischen Bewertungen werden jene Leistungen und Güter betrachtet, welche der Mensch direkt oder indirekt aus der natürlichen Umwelt bezieht und die für sein wirtschaftliches oder gesundheitliches

Wohlergehen von Nutzen sind – unter anderem die Senkenfunktion. Dabei wird versucht, solchen Ökosystemleistungen einen monetären Wert zuzuweisen. Dies wurde international vor allem im Rahmen der TEEB-Initiative (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) und den dabei veröffentlichten Studien realisiert. Diese Arbeiten werden derzeit im Projekt „Naturkapital Deutschland“ fortgesetzt (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012).

Diese Bewertungsvorhaben unterliegen teilweise der Kritik, eine Einschränkung auf Ökosystemleistungen vorzunehmen und dadurch weniger wirtschaftlich relevante, jedoch trotzdem schützenswerte Bereiche der Natur – wie etwa biologische Vielfalt – zu stark zu vernachlässigen (BUND, 2010). Denn es erscheint problematisch, den Naturschutz betreffende Entscheidungen ausschließlich marktwirtschaftlichen Akteuren zu überlassen. Jedoch wird gerade durch die wirtschaftliche In-Wert-Setzung versucht, den oft verborgenen und nicht ausreichend berücksichtigten Wert der Natur für die Gesellschaft greifbarer und durch ökonomische Argumente für politische, unternehmerische und private Entscheidungen zugänglicher zu machen. Damit wird zusätzlich zu ökologischen und ethischen Argumenten hervorgehoben, dass gesellschaftlicher Wohlstand von Leistungen der Natur abhängt. Bemerkenswert ist dabei insbesondere die Tatsache, dass die Erhaltung von Natur in vielen Fällen kostengünstiger ist als die spätere Wiederherstellung essentieller natürlicher Funktionen. Ein für Deutschland relevantes Beispiel ist die Umwandlung von Grünland oder Auenlandschaften in Ackerflächen. Dies ist für den einzelnen Landwirtschaftsbetrieb von Vorteil, verursacht aber gleichzeitig zukünftige Kosten für die Gesellschaft – etwa für Wasserreinhaltung, Treibhausgas-minderung oder zur Vermeidung von Hochwasserschäden (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012).

Glossar

Das Glossar basiert auf dem Glossar des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms – ProgRess II (Deutsche Bundesregierung, 2016a) sowie dem Glossar zum Ressourcenschutz des Umweltbundesamts (UBA, 2012).

Abraum: Gestein ohne oder mit sehr geringem Wertgehalt (taubes Gestein), das gefördert werden muss, um die Rohstoffe einer Lagerstätte abbauen zu können, jedoch keinen Eingang in das Wirtschaftssystem findet. (UBA)

Biomasse: Kategorie der Materialflussanalyse; umfasst biotische Rohstoffe wie Feldfrüchte, Holz oder Fische, die Eingang in das Wirtschaftssystem finden. (ProgRess II)

Direkter Materialeinsatz (DMI): Ein Materialflussindikator: Massenstrom der direkt in eine Volkswirtschaft eingehenden Materialien, die innerhalb dieser weiterverarbeitet oder konsumiert werden. Zur Berechnung des DMI werden die Massen der im Inland gewonnenen Rohstoffe sowie der importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren summiert. (ProgRess II)

Direkte und indirekte Rohstoffflüsse: Direkte Rohstoffflüsse umfassen das tatsächliche Gewicht entnommener oder gehandelter Rohstoffe oder Produkte. Indirekte Flüsse umfassen zusätzlich die Masse aller über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg eingesetzten Rohstoffe (↗ Rohstoffäquivalente). Eine Betrachtung aller direkten und indirekten Flüsse zur Befriedigung des heimischen Konsums wird auch „Fußabdruck“ genannt.

Effizienz: Verhältnis eines bestimmten Nutzens, Produktes oder einer Serviceleistung zum dafür nötigen Aufwand bzw. Rohstoffeinsatz. (UBA)

Entkopplung – relativ / absolut: Aufhebung oder Verringerung einer quantitativen Abhängigkeit zwischen kausal verknüpften Entwicklungen. Häufig wird sie im Zusammenhang mit der im Vergleich zum Wirtschaftswachstum in geringem Maße steigenden Nutzung natürlicher Ressourcen verwendet. Hier spricht man von relativer Entkopplung. Eine absolute Entkopplung ist adurch gekennzeichnet, dass die Ressourcennutzung bei steigendem Wirtschaftswachstum nicht zunimmt oder sogar abnimmt. (UBA)

Entnahme: Gewinnung von Rohstoffen aus der Umwelt oder dessen räumlicher Verlagerung innerhalb der Umwelt infolge menschlicher Aktivitäten. Man unterscheidet zwischen verwerteter (oder genutzter) und nicht verwerteter (oder ungenutzter) Entnahme. Als verwertet werden Entnahmen bezeichnet, wenn das entnommene Material wirtschaftlich genutzt wird, beispielsweise in einem Aufbereitungsprozess. Bei nicht verwerteter Entnahme verbleibt das Material in der Umwelt wie z. B. deponierter Abraum bei der Kohlegewinnung. (UBA)

Erneuerbare Energien: Energieformen, die nicht auf endliche Ressourcen zurückgreifen, wie zum Beispiel Energie aus Biomasse, Wasserkraft, Wind- oder Solarenergie.

Erneuerbarer Primärrohstoff: Rohstoff, der durch Entnahme aus der Natur gewonnen wird und das Potenzial hat, sich in bestimmten Zeiträumen zu erneuern. Hierzu zählen vor allem biotische Rohstoffe. Ab welchem Zeitraum ein Rohstoff nicht mehr als erneuerbar gilt, ist nicht einheitlich festgelegt. Die Grenze zwischen „erneuerbar“ und „nicht erneuerbar“ liegt üblicherweise zwischen 100 und 1.000 Jahren. (UBA)

Fossiler Energieträger: In Lagerstätten vorkommender Energierohstoff tierischer oder pflanzlicher Herkunft, der sich in geologischen Zeiträumen gebildet hat, also nicht erneuerbar ist. (ProgRess II)

Gesamter Materialeinsatz (TMR): Materialflussindikator, zusammengesetzt aus der Gesamtmasse der im Inland gewonnenen Primärrohstoffe (inklusive ungenutzter Entnahme) sowie der importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren, ausgedrückt in Rohstoffäquivalenten zuzüglich der ungenutzten Entnahme. (UBA)

Gesamter Materialkonsum (TMC): Materialflussindikator, der aus der Gesamtmasse der im Inland gewonnenen Primärrohstoffe (inklusive ungenutzter Entnahme) sowie der importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren, ausgedrückt in Rohstoffäquivalenten zuzüglich der ungenutzten Entnahme, abzüglich der exportierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren, ausgedrückt in Rohstoffäquivalenten zuzüglich der ungenutzten Entnahme, berechnet wird. (UBA)

Gesamtrohstoffproduktivität: Preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt zuzüglich der preisbereinigten Ausgaben für Importe (BIP+IMP) geteilt durch die Masse der inländischen genutzten Entnahme von Rohstoffen zuzüglich der Masse der Importe ausgedrückt in Rohstoffäquivalenten (RMI); dient als produktionsbezogener Indikator für die Rohstoffeffizienz der deutschen Volkswirtschaft. (ProgRess II)

Inländischer Materialkonsum (DMC): Materialflussindikator, der den Massenstrom jener Materialien beschreibt, die direkt in ein ökonomisches System eingehen und darin konsumiert werden. Wird als Summe aus inländisch verwerteter Entnahme zuzüglich der Masse direkt importierter Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren abzüglich der Masse direkt exportierter Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren berechnet. (UBA)

Inländische verwertete Entnahme (DEU): Gewinnung von Rohstoffen aus der Natur oder deren räumliche Verlagerung innerhalb der Natur infolge menschlicher Aktivitäten. DEU ist ein Materialflussindikator, der die gesamte Menge an (1) geernteter Biomasse, (2) abgebauten Mineralien und Metallerzen und (3) geförderten fossilen Energieträgern umfasst, die Eingang in das Wirtschaftssystem finden (und denen also ein wirtschaftlicher Wert zugeteilt wird). Häufige Synonyme: „inländische Entnahme“ oder „Extraktion“.

Kreislaufwirtschaft: Vermeidung und Verwertung von Abfällen durch Rückführung / Wiedernutzung von Rohstoffen aus Abfällen, die in neue Produktions- und Konsumprozesse eingehen. (UBA)

Letzte Verwendung / Endnachfrage: Güter, die in der Volkswirtschaft nicht weiter verarbeitet werden und zirkulieren. Sie beinhalten also Güter für den Konsum privater Haushalte, öffentliche Investitionen oder Exporte in andere Länder.

Metallerze: Kategorie der Materialflussanalyse; umfasst alle metallischen Rohstoffe. Werden im Bericht auch als „Metallerze“ bezeichnet.

Mineralien: Kategorie der Materialflussanalyse; umfasst Industriemineralien wie Tonminerale, Quarz oder Kaolin sowie Baumineralien wie Sand, Schotter, etc. Werden im Bericht auch als „mineralische Rohstoffe“ bezeichnet.

Natürliche Ressourcen: Alle Bestandteile der Natur. Dazu gehören die biotischen und die abiotischen Rohstoffe, der physische Raum (z. B. Fläche), die Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), die strömenden Ressourcen (z. B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie alle lebenden Organismen in ihrer Vielfalt. (ProgRess II)

Netto-Importe: Differenz aus Importen und Exporten.

Nicht-erneuerbare Primärrohstoffe: Rohstoffe, die durch Entnahme aus der Natur gewonnen werden und nicht das Potenzial haben, sich in bestimmten Zeiträumen zu erneuern. Hierzu zählen mineralische, metallische und fossile Rohstoffe. Ab welchem Zeitraum ein Rohstoff nicht mehr als erneuerbar gilt, ist nicht einheitlich festgelegt. Die Grenze zwischen „erneuerbar“ und „nicht erneuerbar“ liegt üblicherweise zwischen 100 und 1.000 Jahren. (UBA)

Physische Handelsbilanz: Materialflussindikator, der sich aus dem Gewicht der Importe abzüglich des Gewichts der Exporte berechnet. Er zeigt den physischen Handelsbilanzüberschuss bzw. das physische Handelsbilanzdefizit einer Volkswirtschaft an. (UBA)

Primärrohstoffe: Rohstoffe, die durch Entnahme aus der Natur gewonnen werden. (UBA)

Primärrohstoffeinsatz (RMI): Ein Materialflussindikator, der sich aus der Gesamtmasse der im Inland entnommenen Primärrohstoffe und der, in Rohstoffäquivalente umgerechneten, importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren berechnet. (ProgRess II)

Reboundeffekt: Beschreibt den Effekt, dass aufgrund von Effizienzsteigerungen erreichte Kosteneinsparungen nicht zu einem in gleichem Maße geringeren Ressourceneinsatz führen, da es durch diese Einsparungen zu vermehrter Nachfrage und Nutzung kommt. (UBA)

Recycling: Jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Metallerzeugnissen, Materialien oder Stoffen – entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke – aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind. (UBA)

Rohstoffäquivalente (RME): Bei der Berechnung der RME wird für die betrachteten Güter die Masse aller für ihre Herstellung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg eingesetzten Rohstoffe einbezogen. Ungenutzte Entnahmen wie Abraum, Bergematerial oder Bodenaushub, die wirtschaftlich nicht verwertet werden, fließen nicht ein. (ProgRess II)

Rohstoffbedarf für inländischen Konsum und Investitionen / Rohstoffkonsum (RMC): Materialflussindikator, der aus der Gesamtmasse der im Inland gewonnenen Primärrohstoffe sowie der – in Rohstoffäquivalente umgerechneten – importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren, abzüglich der – in Rohstoffäquivalente umgerechneten – exportierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren berechnet wird (ProgRess II). Er stellt somit die Summe aus direkten und indirekten Rohstoffflüssen für den deutschen Endverbrauch dar.

Rohstoffe: Stoffe oder Stoffgemische in un- oder gering bearbeitetem Zustand, die in einen Produktionsprozess eingehen. Man unterscheidet Primär- und Sekundärrohstoffe. (UBA)

Rohstoffnutzung: Überbegriff für die Verwendung von Rohstoffen durch die Gesellschaft. Sie umfasst sowohl die Produktions- als auch die Konsumperspektive.

Rohstoffproduktivität: Sie ist in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie definiert als Quotient aus dem preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt (BIP) und des abiotischen direkten Materialeinsatzes (abiotischer DMI). Gebräuchliche Einheit ist Euro pro Tonne. Zum abiotischen Primärmaterial zählen die genutzte inländischen Entnahme von abiotischen Rohstoffen sowie alle importierten abiotischen Materialien (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren). Sie dient in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie als Indikator für die Rohstoffeffizienz der deutschen Wirtschaft. (ProgRess II)

Sekundärrohstoffe: Rohstoffe, die aus Abfällen oder Produktionsrückständen gewonnen werden. (UBA)

Senke: Endpunkt von Stoffströmen, insbesondere Boden, Wasser und Luft. Im Kontext natürlicher Ressourcen wird unter Senken die Aufnahmefunktion der Natur, z. B. für Schadstoffe, verstanden. (UBA)

Strömende Ressourcen: Wind-, geothermische, Gezeiten- und Solarenergie. Diese Ressourcen können sich nicht erschöpfen, für ihre Nutzung sind aber andere Ressourcen erforderlich. Beispielsweise sind Energie, Rohstoffe und Raum nötig, um Windturbinen oder Solarzellen zu bauen. (ProgRess II)

Ungenutzte Entnahme (UDE): Menge an Material, das bewegt werden muss, um Zugang zu den schlussendlich genutzten Materialien zu erhalten. Beispiele sind Abraum im Bergbau oder Beifang in der Fischerei. Die ungenutzte Entnahme findet keinen Eingang in das ökonomische System und hat somit auch keinen Preis.

Wasserfußabdruck: Die Summe der indirekten Wassernutzung für ein Produkt oder zur Befriedigung des Konsums einer Person oder eines Landes.

Datentabellen

Tabelle A1: Abiotische und biotische Entnahme in 1.000 t; Tonnen pro Kopf

Datenquellen: Genutzte Entnahme:
Destatis, Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen,
Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Tabelle 5.1
Ungenutzte Entnahme:
Statistische Ämter der Länder, Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, Tabellen 2.1.1–2.1.16

ABIOTISCHE ENTNAHME	1994	2000	2006	2011	2013	Änderung 1994–2013	Pro-Kopf 1994	Pro-Kopf 2013
GENUTZTE ENTNAHME								
Energieträger	277.980	220.661	215.657	202.062	202.052	-27%	3,4	2,5
Steinkohle	52.405	33.591	20.882	12.059	7.566	-86%	0,6	0,1
Braunkohle	207.086	167.694	176.324	176.595	182.754	-12%	2,5	2,3
Erdöl	2.937	3.119	3.514	2.679	2.638	-10%	0,0	0,0
Erdgas, Grubengas und Erdölgas	15.033	15.742	14.617	10.335	8.652	-42%	0,2	0,1
Sonstige Energieträger	519	515	320	396	442	-15%	0,01	0,0
Mineralien	829.934	739.001	645.405	631.433	595.934	-28%	10,2	7,4
Erze	146	462	426	489	418	187%	0,0	0,0
Baumineralien	765.934	679.201	580.780	566.752	534.537	-30%	9,4	6,6
Industriemineralien	63.854	59.338	64.200	64.191	60.979	-5%	0,8	0,8
GESAMT	1.107.914	959.661	861.063	833.495	797.987	-28%	13,6	9,9
UNGENUTZTE ENTNAHME								
Abraum und Bergematerial von Energieträgern	1.913.656	1.560.748	1.690.881	1.703.194	1.639.825	-14%	23,5	20,3
Bergematerial mineralischer Rohstoffe	136.421	130.259	120.109	114.991	111.310	-18%	1,7	1,4
GESAMT	2.050.077	1.691.006	1.810.991	1.818.185	1.751.136	-15%	25,2	21,7

BIOTISCHE ENTNAHME	1994	2000	2006	2011	2013	Änderung 1994–2013	Pro-Kopf 1994	Pro-Kopf 2013
GENUTZTE ENTNAHME								
Pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft	194.912	221.375	204.202	252.515	232.057	19%	2,4	2,9
Getreide	36.329	45.271	43.475	41.920	47.757	31%	0,4	0,6
Hülsen- und Hackfrüchte	36.684	42.685	31.609	41.920	32.951	-10%	0,5	0,4
Handelsgewächse	3.243	3.690	5.435	3.969	5.858	81%	0,04	0,1
Gemüse und Obst	7.047	9.024	8.048	8.267	7.606	8%	0,1	0,1
Zwischenfrüchte	4.215	2.990	2.190	2.154	2.173	-48%	0,05	0,0
Futterpflanzen	106.844	117.172	112.855	153.763	135.213	27%	1,3	1,7
andere pflanzliche Biomasse	551	543	590	521	499	-9%	0,0	0,0
Pflanzliche Biomasse aus der Forstwirtschaft	16.802	24.503	29.800	28.993	27.635	64%	0,2	0,3
Nadelholz	12.406	18.487	22.043	19.254	17.971	45%	0,2	0,2
Laubholz und Rinde	4.396	6.016	7.757	9.739	9.664	120%	0,1	0,1
Biomasse von Tieren	222	249	311	279	272	23%	0,003	0,0
GESAMT	211.936	246.127	234.313	281.786	259.963	23%	2,6	3,2
UNGENUTZTE ENTNAHME								
Nicht verwertete Biomasse	201.378	209.382	208.595	202.782	203.031	1%	2,5	2,5

GESAMTE INLÄNDISCHE ENTNAHME	1994	2000	2006	2011	2013	Änderung 1994–2013	Pro-Kopf 1994	Pro-Kopf 2013
Genutzt	1.319.850	1.205.789	1.095.376	1.115.281	1.057.950	-20%	16,2	13,1
Ungenutzt	2.251.455	1.900.389	2.019.586	2.020.967	1.954.166	-13%	27,7	24,2

Tabelle A2: Entnahme Bundesländer in 1.000 t, Tonnen pro Kopf

Datenquelle: Statistische Ämter der Länder, Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, Tabellen 2.1.1–2.1.16

		1994	2000	2006	2011	2013	Änderung 1994–2013	Pro-Kopf 1994	Pro-Kopf 2013
Baden- Württemberg	Energieträger	384	340	322	397	442	15%	0,04	0,04
	Mineralien	119.989	118.252	92.761	87.078	86.421	-28%	11,71	8,15
	Biomasse	20.456	28.459	20.070	22.668	21.816	7%	2,00	2,06
	GESAMT	140.829	147.051	113.152	110.143	108.678	-23%	13,74	10,25
Bayern	Energieträger	179	98	85	38	54	-70%	0,02	0,00
	Mineralien	142.829	127.454	99.271	102.648	101.872	-29%	12,01	8,11
	Biomasse	50.003	53.284	54.521	60.913	51.034	2%	4,21	4,06
	GESAMT	193.012	180.835	153.876	163.599	152.960	-21%	16,23	12,18
Branden- burg	Energieträger	47.692	40.329	39.055	35.682	37.606	-21%	18,81	15,35
	Mineralien	27.388	27.568	25.975	26.026	23.458	-14%	10,80	9,58
	Biomasse	9.243	11.047	11.407	14.599	15.861	72%	3,65	6,48
	GESAMT	84.323	78.944	76.438	76.307	76.925	-9%	33,26	31,41
Hessen	Energieträger	151	156	0	0	0	-100%	0,03	0,00
	Mineralien	44.744	43.960	35.683	36.334	33.474	-25%	7,49	5,55
	Biomasse	9.887	10.744	10.501	11.067	11.531	17%	1,66	1,91
	GESAMT	54.783	54.860	46.184	47.401	45.005	-18%	9,17	7,46
Mecklen- burg-Vor- pommern	Energieträger	27	12	5	5	5	-82%	0,01	0,00
	Mineralien	22.173	13.802	16.540	15.649	13.409	-40%	12,07	8,39
	Biomasse	9.921	13.932	13.641	17.148	17.165	73%	5,40	10,74
	GESAMT	32.121	27.746	30.186	32.801	30.579	-5%	17,49	19,13
Nieder- sachsen	Energieträger	18.786	20.109	15.843	11.998	9.982	-47%	2,45	1,28
	Mineralien	61.166	52.980	40.216	43.073	42.360	-31%	7,97	5,44
	Biomasse	39.514	45.898	43.869	59.730	53.388	35%	5,15	6,86
	GESAMT	119.466	118.987	99.929	114.801	105.730	-11%	15,56	13,58
Nordrhein- Westfalen	Energieträger	145.091	119.496	113.393	106.448	106.080	-27%	8,16	6,04
	Mineralien	150.591	135.177	136.790	131.454	123.418	-18%	8,47	7,03
	Biomasse	24.404	26.737	24.339	28.196	27.166	11%	1,37	1,55
	GESAMT	320.086	281.409	274.522	266.098	256.664	-20%	18,00	14,61
Rheinland- Pfalz	Energieträger	121	78	41	172	211	74%	0,03	0,05
	Mineralien	49.566	53.640	48.210	46.602	43.583	-12%	12,59	10,92
	Biomasse	8.867	9.638	9.893	10.111	10.313	16%	2,25	2,58
	GESAMT	58.554	63.356	58.144	56.885	54.107	-8%	14,87	13,55
Saarland	Energieträger	8.676	6.018	4.029	1.544	117	-99%	8,01	0,12
	Mineralien	5.256	4.062	2.637	2.921	2.459	-53%	4,85	2,48
	Biomasse	649	772	710	835	872	34%	0,60	0,88
	GESAMT	14.581	10.853	7.376	5.300	3.448	-76%	13,46	3,47
Sachsen	Energieträger	43.680	23.429	33.540	34.939	36.875	-16%	9,50	9,11
	Mineralien	87.656	60.199	59.941	53.248	43.838	-50%	19,07	10,83
	Biomasse	9.124	10.340	9.406	11.805	10.336	13%	1,99	2,55
	GESAMT	140.460	93.969	102.887	99.992	91.049	-35%	30,56	22,49
Sachsen- Anhalt	Energieträger	12.468	9.010	6.314	9.007	9.111	-27%	4,50	4,05
	Mineralien	60.535	57.677	48.781	49.143	45.258	-25%	21,86	20,10
	Biomasse	11.693	13.743	12.182	16.598	15.335	31%	4,22	6,81
	GESAMT	84.696	80.429	67.277	74.747	69.704	-18%	30,59	30,95
Schleswig- Holstein	Energieträger	448	1.345	2.979	1.701	1.539	244%	0,17	0,55
	Mineralien	14.309	15.484	16.528	17.445	18.292	28%	5,30	6,51
	Biomasse	9.176	11.336	11.174	16.381	15.800	72%	3,40	5,62
	GESAMT	23.933	28.164	30.681	35.527	35.631	49%	8,86	12,67
Thüringen	Energieträger	53	41	22	20	13	-76%	0,02	0,01
	Mineralien	40.980	36.145	33.018	28.375	24.636	-40%	16,23	11,38
	Biomasse	8.165	8.698	9.066	9.763	9.282	14%	3,23	4,29
	GESAMT	49.198	44.884	42.106	38.159	33.931	-31%	19,49	15,67

Tabelle A3: Direkter Handel in 1.000 t

Datenquelle: Destatis 2015, Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Tabelle 5.2–5.3

	1994	2000	2006	2011	2013	Änderung 1994–2013
IMPORTE						
GESAMT	463.150	520.990	599.500	613.004	624.344	35%
Rohstoffe	277.263	305.517	337.102	334.210	352.740	27%
Fossile Energieträger	172.460	194.532	232.577	222.254	244.772	42%
Erze	47.030	51.851	49.599	47.127	45.181	-4%
Mineralien	35.689	34.110	26.593	28.956	23.286	-35%
Biomasse	22.084	25.023	28.332	35.873	39.501	79%
Halbwaren, von ...	105.624	112.250	121.984	131.092	129.349	22%
... fossilen Energieträgern	48.514	53.506	54.729	56.759	58.104	20%
... Erzen	9.583	13.001	19.425	20.164	18.273	91%
... Mineralien	27.875	23.005	17.499	19.180	17.051	-39%
... Biomasse	19.653	22.737	30.331	34.989	35.921	83%
Fertigwaren, vorwiegend von	80.263	103.224	140.414	147.702	142.256	77%
... fossilen Energieträgern	15.532	20.263	28.391	30.469	30.962	99%
... Erzen	30.562	42.142	59.073	62.541	58.171	90%
... Mineralien	5.247	7.525	9.659	11.266	10.781	105%
... Biomasse	28.922	33.293	43.290	43.426	42.341	46%
EXPORTE						
GESAMT	223.181	289.245	379.632	378.449	384.498	72%
Rohstoffe	55.297	74.396	82.008	86.792	90.211	63%
Fossile Energieträger	4.967	13.424	11.412	21.705	30.900	522%
Erze	171	215	158	259	318	86%
Mineralien	34.708	37.881	47.889	46.060	37.080	7%
Biomasse	15.450	22.876	22.548	18.769	21.913	42%
Halbwaren, von ...	86.064	98.623	134.665	121.826	125.294	46%
... fossilen Energieträgern	23.814	26.945	39.949	27.737	35.520	49%
... Erzen	14.982	14.737	16.731	20.024	18.135	21%
... Mineralien	28.607	31.370	45.188	36.424	35.149	23%
... Biomasse	18.662	25.570	32.797	37.642	36.490	96%
Fertigwaren, vorwiegend von ...	81.819	116.226	162.959	169.831	168.993	107%
... fossilen Energieträgern	20.648	26.753	36.951	37.952	38.451	86%
... Erzen	36.763	52.537	72.733	74.967	72.890	98%
... Mineralien	5.525	9.188	12.978	14.254	14.269	158%
... Biomasse	18.883	27.749	40.297	42.657	43.382	130%

Tabelle A 4: Indirekter Handel in 1.000 t

Datenquellen: Destatis 2015, Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Tabelle 5.4
 Globalisierungsindikatoren, Kennzahlen zur Außenwirtschaft
 Importe:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html>
 Exporte:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>

RME: Raw Material Equivalents Rohstoffäquivalente

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	Änderung 2000–2011
RME DER IMPORTE								
GESAMT	1.443.000	1.351.000	1.481.000	1.697.000	1.677.000	1.712.000	1.675.000	16%
Fossile Energieträger	454.000	471.000	505.000	587.000	580.000	556.000	551.000	21%
Erze	740.000	634.000	711.000	804.000	780.000	826.000	807.000	9%
Mineralien	138.000	133.000	131.000	144.000	143.000	148.000	149.000	8%
Biomasse	111.000	113.000	134.000	162.000	174.000	181.000	168.000	51%
RME DER EXPORTE								
GESAMT	1.132.000	1.137.000	1.259.000	1.468.000	1.430.000	1.479.000	1.488.000	31%
Fossile Energieträger	271.000	307.000	336.000	406.000	367.000	345.000	350.000	29%
Erze	598.000	544.000	623.000	717.000	705.000	782.000	782.000	31%
Mineralien	140.000	163.000	160.000	175.000	180.000	175.000	178.000	27%
Biomasse	123.000	123.000	140.000	170.000	178.000	178.000	178.000	45%

Tabelle A 5: Rohstoffkonsum und Rohstoffintensitäten einzelner SektorenDatenquelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu

in 1.000 t	1995	2000	2005	2011	Änderung 1995–2011
Landwirtschaft	78.214	99.641	85.759	81.146	4%
Bergbau	49.257	27.569	24.809	34.001	-31%
Fertigung von Produkten aus Biomasse	290.076	358.155	266.617	380.935	31%
Fertigung von Produkten aus fossilen Energieträgern	184.992	134.197	104.857	160.194	-13%
Fertigung von Produkten aus Metallen und Mineralien	229.280	296.275	186.837	322.643	41%
Energieproduktion	75.150	57.737	64.228	67.631	-10%
Bauwesen	530.441	417.583	352.390	343.867	-35%
Vertrieb und Einzelhandel	11.683	20.483	9.546	647	-94%
Transport	19.935	24.948	27.840	26.441	33%
Finanzdienstleistungen	99.333	111.311	137.112	120.562	21%
Sonstige	262.679	297.872	333.448	378.361	44%
GESAMT	1.831.039	1.845.773	1.593.442	1.916.427	5%

in kg/€	1995	2000	2005	2011	Änderung 1995–2011
Landwirtschaft	3,6	4,6	4,9	3,0	-15%
Bergbau	5,1	2,9	2,6	2,3	-55%
Fertigung von Produkten aus Biomasse	1,4	1,7	1,6	1,5	13%
Fertigung von Produkten aus fossilen Energieträgern	2,3	1,5	1,3	1,4	-41%
Fertigung von Produkten aus Metallen und Mineralien	0,8	0,9	0,8	0,9	13%
Energieproduktion	3,0	2,7	2,0	1,6	-47%
Bauwesen	2,3	2,1	1,9	1,9	-19%
Vertrieb und Einzelhandel	0,1	0,2	0,1	0,0	-96%
Transport	0,4	0,4	0,4	0,4	-2%
Finanzdienstleistungen	0,4	0,4	0,4	0,3	-9%
Sonstige	0,4	0,4	0,4	0,4	1%

2011, in 1.000 t	Biomasse	Metallerze	Mineralien	Fossile Energieträger	Anteil an Gesamt
Landwirtschaft	60.272	1.945	11.432	7.497	4%
Bergbau	2.252	2.671	14.590	14.488	2%
Fertigung von Produkten aus Biomasse	206.860	15.476	105.341	53.258	20%
Fertigung von Produkten aus fossilen Energieträgern	16.967	12.176	77.943	53.108	8%
Fertigung von Produkten aus Metallen und Mineralien	33.179	61.668	164.784	63.011	17%
Energieproduktion	2.287	3.177	13.093	49.074	4%
Bauwesen	13.231	17.423	270.203	43.009	18%
Vertrieb und Einzelhandel	284	25	263	75	0%
Transport	3.432	2.183	10.874	9.952	1%
Finanzdienstleistungen	13.520	8.324	73.034	25.684	6%
Sonstige	83.906	26.374	189.925	78.156	20%
GESAMT	436.189	151.444	931.483	397.311	100%

Tabelle A6: Entkoppelung in 1.000 t, Mio. Euro

Datenquellen: Berechnungen der WU Wien basierend auf:
 Destatis 2015, Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen,
 Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Tabelle 5.1–5.4
 Destatis 2015, Globalisierungsindikatoren, Kennzahlen zur Außenwirtschaft

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html>
 Exporte:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>
 Destatis, 2015, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktsberechnung

DMI:	Direct Material Input	Direkter Materialeinsatz
DMI_{abiot}:	Abiotic Direct Material Input	Abiotischer direkter Materialeinsatz
DMC:	Domestic Material Consumption	Inländischer Materialkonsum
RMI:	Raw Material Input	Rohstoffeinsatz
RMC:	Raw Material Consumption	Rohstoffkonsum

ABSOLUT	1994	2000	2003	2006	2009	2011	2013
DMI	1.797.560	1.739.430	1.633.401	1.701.676	1.583.672	1.728.286	1.682.294
DMI _{abiot}	1.514.966	1.412.249	1.337.710	1.365.409	1.211.618	1.332.211	1.304.567
DMC	1.574.380	1.450.185	1.314.936	1.322.044	1.245.196	1.349.837	1.297.796
RMI		2.661.440	2.526.616	2.799.176	2.459.025	2.790.281	
RMC		1.529.440	1.357.616	1.331.176	1.227.025	1.302.281	

BIP (preisber.): Preisbereinigtes Bruttoinlandprodukt
BIP/DMI_{abiot}: Rohstoffproduktivität

TREND	1994	2000	2003	2006	2009	2011	2013
BIP/DMI _{abiot}	100,0	120,0	127,9	132,4	147,0	144,2	148,3

BIP+IMP: Bruttoinlandsprodukt plus Importe
(BIP+IMP)/RMI: Gesamtrohstoffproduktivität

TREND	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011
(BIP+IMP)/RMI	100,0	108,6	106,8	106,6	113,7	114,3	117,1

Tabelle A7: Konsumindikatoren in 1.000 t, Tonnen pro Kopf

Datenquellen: Berechnungen der WU Wien basierend auf:
 DMC, RMC – Entnahme, direkte Importe und Exporte:
 Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1-5.4
 RMC – RME der Importe/Exporte:
 Destatis 2015, Globalisierungsindikatoren, Kennzahlen zur Außenwirtschaft
 Importe:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html>
 Exporte:
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>

DMC: Domestic Material Consumption Inländischer Materialkonsum
RMC: Raw Material Consumption Rohstoffkonsum

DMC	Biomasse	Fossile Energieträger	Mineralien	Metallerze	Gesamt
2000	250.986	421.841	737.392	39.966	1.450.185
2001	242.522	427.084	665.631	30.423	1.365.661
2002	235.867	434.164	631.582	30.400	1.332.013
2003	218.200	445.271	620.745	30.720	1.314.936
2004	262.258	438.214	592.172	36.061	1.328.704
2005	250.006	438.595	564.557	33.512	1.286.670
2006	240.625	443.042	599.476	38.902	1.322.044
2007	273.443	430.710	571.090	43.492	1.318.736
2008	268.210	435.272	566.837	37.024	1.307.343
2009	275.027	412.797	536.768	20.603	1.245.196
2010	258.434	415.968	535.767	35.676	1.245.846
2011	297.007	424.151	593.608	35.071	1.349.837
Änderung 2000–2011	18%	-19%	-12%	1%	-7%
Pro-Kopf 2000	3,1	5,1	9,0	0,5	17,6
Pro-Kopf 2011	3,7	5,3	7,4	0,4	16,7

RMC	Biomasse	Fossile Energieträger	Mineralien	Metallerze	Gesamt
2000	234.127	403.661	749.191	142.462	1.529.440
2001	228.448	411.412	674.374	120.407	1.435.641
2002	220.554	391.883	634.032	90.419	1.336.888
2003	203.383	427.532	626.272	99.429	1.357.616
2004	248.468	395.859	607.064	88.412	1.339.802
2005	233.594	422.882	576.043	83.362	1.317.881
2006	226.313	396.657	620.780	87.426	1.331.176
2007	254.274	388.045	601.615	92.434	1.336.368
2008	259.353	422.050	581.059	75.463	1.337.925
2009	264.935	390.106	548.617	23.368	1.227.025
2010	252.214	407.064	548.598	44.394	1.252.270
2011	271.786	403.062	601.944	25.489	1.302.281
Änderung 2000–2011	16%	0%	-20%	-82%	-15%
Pro-Kopf 2000	2,8	4,9	9,1	1,7	18,6
Pro-Kopf 2011	3,4	5,0	7,5	0,3	16,1

Tabelle A8: Rohstoffkonsum der Endnachfrage nach Rohstoffkategorie, in ProzentDatenquelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu

1995	Private Haushalte	Private Organisationen ohne Erwerbszweck	Staat	Anlageinvestitionen	Bestands- veränderungen
Biomasse	71%	4%	8%	16%	2%
Metallerze	51%	6%	11%	31%	1%
Mineralien	25%	4%	11%	58%	2%
Energieträger	59%	6%	13%	21%	2%
GESAMT	46%	4%	11%	37%	2%

2011	Private Haushalte	Private Organisationen ohne Erwerbszweck	Staat	Anlageinvestitionen	Bestands- veränderungen
Biomasse	67%	6%	11%	7%	8%
Metallerze	45%	5%	12%	34%	5%
Mineralien	40%	5%	14%	37%	3%
Energieträger	57%	6%	13%	20%	4%
GESAMT	50%	5%	13%	26%	5%

Veränderung d. absoluten Mengen 1995–2011	Private Haushalte	Private Organisationen ohne Erwerbszweck	Staat	Anlageinvestitionen	Bestands- veränderungen
Biomasse	29%	103%	95%	-36%	576%
Metallerze	176%	182%	219%	251%	1245%
Mineralien	78%	55%	42%	-28%	103%
Energieträger	-39%	-35%	-35%	-39%	61%
GESAMT	16%	27%	23%	-25%	188%

Tabelle A9: Rohstoffkonsum des Staates und der privaten Haushalte, in 1.000 tDatenquelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu

Öffentlicher Konsum	Biomasse		Fossile Energieträger		Mineralien		Metallerze		Gesamt		Veränderung 1995–2011
	1995	2011	1995	2011	1995	2011	1995	2011	1995	2011	
Öffentl. Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung	9.218	16.896	26.930	19.020	59.546	67.951	1.984	7.229	97.677	111.096	-23%
Gesundheits- und Sozialleistungen	7.910	20.916	16.350	14.978	14.090	33.970	1.307	5.264	39.657	75.128	-5%
Weiterverarbeitete Produkte aus fossilen Energieträgern	2.939	4.403	21.115	10.058	8.474	20.486	1.127	2.789	33.655	37.735	-42%
Bildungsleistungen	2.283	4.190	8.171	5.412	5.420	8.550	483	1.461	16.357	19.613	-83%
Sonstige Produkte	1.101	671	2.682	774	3.073	966	211	310	7.067	2.720	-8%
Sonstige Dienstleistungen	1.371	1.271	4.928	1.828	4.336	2.883	393	511	11.027	6.493	2.192%
GESAMT	24.823	48.347	80.176	52.069	94.939	134.805	5.504	17.563	205.442	252.785	-100%

Privater Konsum	Biomasse		Fossile Energieträger		Mineralien		Metallerze		Gesamt		Veränderung 1995–2011
	1995	2011	1995	2011	1995	2011	1995	2011	1995	2011	
Ernährung	134.990	161.534	39.986	30.748	27.720	56.709	2.333	8.009	205.030	257.000	25%
Genussmittel	7.154	12.096	6.631	4.992	3.716	9.906	449	1.583	17.950	28.576	59%
Kleidung	5.227	8.003	9.747	5.337	7.160	12.215	865	2.171	22.999	27.726	21%
Wohnen	33.626	40.601	175.196	99.383	92.630	136.003	9.154	19.265	310.606	295.252	-5%
Gesundheit	3.011	6.412	8.709	6.164	5.278	14.779	640	2.260	17.638	29.614	68%
Mobilität	4.883	4.674	30.272	16.841	10.696	17.151	2.913	5.756	48.765	44.422	-9%
Kommunikation	326	1.069	1.552	2.040	1.528	4.668	200	1.089	3.605	8.866	146%
Freizeit	30.898	45.045	55.549	33.736	39.821	74.700	5.667	18.515	131.935	171.996	30%
Erziehung	256	872	915	1.127	607	1.780	54	304	1.831	4.083	123%
Restaurants und Hotels	2.396	168	2.508	44	1.892	154	124	14	6.921	380	-95%
Sonstiges	9.024	17.777	37.016	24.584	19.902	46.399	2.078	8.519	68.020	97.279	43%
GESAMT	231.791	298.251	368.080	224.993	210.950	374.463	24.476	67.486	835.298	965.194	16%

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- Seite 14: *Abbildung 1 – Genutzte Rohstoffentnahme in Deutschland, 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1
- Seite 14: *Abbildung 2 – Genutzte Entnahme nicht-erneuerbarer Rohstoffe in Deutschland, 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1
- Seite 15: *Abbildung 3 – Vergleich der Entnahme fossiler Energieträger in ausgewählten Ländern, 2013* – Quelle: WU Global Material Flow Database, 2016 version, www.materialflows.net
- Seite 16: *Abbildung 4 – Genutzte Entnahme nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1
- Seite 17: *Abbildung 5 – Entwicklung der Erträge ausgewählter Getreide in Deutschland, 1965 – 2013* – Quelle: FAOSTAT 2015
- Seite 17: *Tabelle 1 – Nutztierwirtschaft in Deutschland, 2014/2015* – Quelle: Destatis – <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/TiereundtierischeErzeugung.html#Tabellen>
- Seite 18: *Abbildung 6 – Entwicklung der genutzten Rohstoffentnahme in Deutschland, 1994 – 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1
- Seite 19: *Abbildung 7 – Entwicklung der Entnahme ausgewählter Mineralien, fossiler Energieträger und nachwachsender Rohstoffe, 1994 – 2013, auf das Jahr 1994 indexiert* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1
- Seite 20: *Abbildung 8 – Rohstoffentnahme pro Kopf in den deutschen Bundesländern (ohne Stadtstaaten), 2013* – Quelle: Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder 2015, Band 1, Tabellen 1.6, 2.1.1–2.1.16
- Seite 21: *Abbildung 9 – Rohstoffentnahme in den deutschen Bundesländern (ohne Stadtstaaten), 2013* – Quelle: Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder 2015, Band 1, Tabellen 2.1.1–2.1.16
- Seite 22: *Abbildung 10 – Anteile von genutzter und ungenutzter Materialentnahme in Deutschland, 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1 & Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder 2015, Band 1, Tabellen 2.1.1–2.1.16
- Seite 23: *Abbildung 11 – Genutzte und ungenutzte Materialentnahme in Deutschland, 1994 und 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1 & Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder 2015, Band 1, Tabellen 2.1.1–2.1.16
- Seite 26: *Abbildung 12 – Direkte Handelsströme Deutschlands in physischer und monetärer Betrachtung, 2013* – Quellen: Destatis UGR 2015, Außenhandelsstatistik 2015, Physisch: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.2–5.3, Monetär: Importe: Destatis, Außenhandel, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Aussenhandel/lrahl02.html>, Exporte: Destatis, Außenhandel <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Aussenhandel/lrahl03.html>
- Seite 27: *Abbildung 13 – Entwicklung der physischen Importe und Exporte Deutschlands, 1994 und 2013* – Quelle: Destatis Außenhandelsstatistik 2015, Teil 4, Tabelle 5.2–5.3
- Seite 27: *Abbildung 14 – Größte Handelspartner Deutschlands für physische Importe (oben) und Exporte (unten), 2013* – Quelle: Destatis Außenhandelsstatistik 2015, https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/link/tabellen/51000*
- Seite 28: *Abbildung 15 – Vergleich Eigengewicht versus indirekte Flüsse der Importe und Exporte Deutschlands, 2010* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.2–5.4
- Seite 29: *Tabelle 2 – Vergleich Eigengewicht und gesamter Rohstoffbedarf für ausgewählte Produkte, 2010* – Quelle: Schmidt-Bleek, F., 2008. Nutzen wir die Erde richtig? Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen. Fischer Verlag, Frankfurt am Main.
- Seite 30: *Abbildung 16 – Inländischer und ausländischer Anteil am Rohstoffbedarf Deutschlands nach Primärrohstoffen, 2010* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.4
- Seite 31: *Abbildung 17 – Importabhängigkeit des Rohstoffkonsums (RMC) verschiedener Länder, 2010* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 32: *Abbildung 18 – Geografischer Ursprung der Rohstoffgrundlage Deutschlands nach Rohstoffgruppen und Weltregionen, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, www.exiobase.eu
- Seite 36: *Abbildung 19 – Rohstoffeinsatz für die in Deutschland produzierten Endnachfragegüter, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 37: *Abbildung 20 – Rohstoffintensitäten einzelner Sektoren der deutschen Wirtschaft, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 37: *Abbildung 21 – Rohstoffeinsatz einzelner Sektoren der deutschen Wirtschaft nach Materialgruppen, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 38: *Abbildung 22 – Entwicklung der Rohstoffproduktivität und der Gesamtrohstoffproduktivität in Deutschland, 2000–2011* – Quellen: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1, RME-Zeitreihe: Destatis 2015, Globalisierungsindikatoren, Kennzahlen zur Außenwirtschaft, Importe: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html>, Exporte: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktsberechnung 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Seite 39: *Abbildung 23 – Verhältnis BIP zu RMC für ausgewählte Länder, 2011* – Quellen: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu, Monetär: Weltbank, World Development Indicators <http://data.worldbank.org/data-catalog/GDP-PPP-based-table>
- Seite 42: *Abbildung 24 – Beseitigung und Verwertung von Abfall in Deutschland nach Abfallarten, 2013* – Quelle: Destatis, Abfallbilanz 2013, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/TabellenAbfallbilanzKurzuebersicht.html>
- Seite 43: *Abbildung 25 – Anteil sekundärer Rohstoffe an der Produktion ausgewählter Metalle in Deutschland, 2013* – Quelle: BGR 2014, Deutschland – Rohstoffsituation 2013. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- Seite 43: *Abbildung 26 – CO₂-Einsparungen durch Recycling, 2008* – Quelle: BIR (Bureau of international recycling) – Report on the Environmental Benefits of Recycling 2009
- Seite 46: *Abbildung 27 – Entwicklung des Rohstoffkonsums (RMC) in Deutschland, 2000–2011* – Quellen: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1, RME-Zeitreihe: Destatis 2015, Globalisierungsindikatoren, Kennzahlen zur Außenwirtschaft Importe: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html> Exporte: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>
- Seite 47: *Abbildung 28 – Internationaler Vergleich des Pro-Kopf-Rohstoffkonsums (RMC) mit dem globalen Durchschnitt, 2011* – Quellen: RMC: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu, Bevölkerung: FAOSTAT 2015, <http://faostat.fao.org/site/550/default.aspx#ancor>
- Seite 48: *Abbildung 29 – Unterschiedliche Materialflussindikatoren für Deutschland, 2010* – Quellen: DEU, DMC, RMC: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1–5.4, BIP: Destatis UGR 2015, Teil 1, Tabelle 2.1, TMC: OECD, <http://stats.oecd.org/>, Bevölkerung: Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder, Tabelle 1.6
- Seite 49: *Abbildung 30 – Entwicklung der Pro-Kopf-Rohstoffnutzung in Deutschland nach unterschiedlichen Indikatoren, 2000–2010* – Quellen: DMC, RMC: Destatis UGR 2015, TMC: OECD – DEU, DMC, RMC: Destatis UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1–5.4, TMC: OECD, <http://stats.oecd.org/>, Bevölkerung: Statistische Ämter der Länder, UGR der Länder, Tabelle 1.6

- Seite 50: *Abbildung 31 – Rohstoffkonsum der Endnachfrage in Deutschland nach Produktgruppen und Rohstoffgruppen, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 51: *Abbildung 32 – Rohstoffkonsum der Endnachfrage in Deutschland nach Einzelkategorien, 1995 und 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 51: *Abbildung 33 – Trend der Rohstoffintensität der verschiedenen Endnachfragekategorien in Deutschland, 1995 – 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 52: *Abbildung 34 – Rohstoffkonsum des deutschen Staates nach wichtigsten Produktgruppen, 1995 – 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 53: *Abbildung 35 – Vorleistungen des Rohstoffkonsums des deutschen Staates, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 54: *Abbildung 36 – Rohstoffkonsum der privaten Haushalte in Deutschland nach Konsumfeldern und Rohstoffkategorien, 1995 und 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 55: *Abbildung 37 – Monatliche Rohstoffkonsum und Ausgaben pro Haushalt in Deutschland nach Bedarfsebenen und Produktgruppen, 2011* – Quellen: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu, Destatis Webseite – https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Konsumausgaben/Tabellen/PrivateKonsumausgaben_D.html
- Seite 58: *Abbildung 38 – Entwicklung der Wasserentnahmen für die Bereiche Öffentliche Wasserversorgung, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe sowie Energieversorgung, 1991 – 2013* – Quellen: Destatis 2015, Fachserie 19 Reihe 2.1.1; Destatis 2016, Fachserie 19 Reihe 2.2
- Seite 59: *Abbildung 39 – Deutschlands Netto-Importe von blauem und grünem Wasser nach Top-10-Herkunftsländern, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 60: *Abbildung 40 – Aufteilung der Flächennutzung in Deutschland nach Nutzungsarten, 2013* – Quelle: Destatis UGR 2015, Teil 5, Tabelle 9.1
- Seite 61: *Abbildung 41 – Ausländischer Flächenfußabdruck (Ackerfläche) von in Deutschland konsumierten Nahrungsmitteln nach Herkunftsregionen, 2010* – Quelle: Fischer, G., Tramberend, S., Bruckner, M., Lieber, M., 2016. Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid accounting model. German Federal Environment Agency, Dessau.
- Seite 62: *Abbildung 42 – Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland, 2000 – 2015* – Quellen: AGEB – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) und Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB). Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. AG Energiebilanzen e. V., Berlin
- Seite 63: *Abbildung 43 – Rohstoffeinsatz für ein Windrad* – Quelle: Ingenieur.de, 2016: Windkraftanlagen sind Materialfresser. Ingenieur.de, Düsseldorf. Abgerufen am 02.02.2016 von <http://www.ingenieur.de/Branchen/Energiewirtschaft/Windkraftanlagen-Materialfresser>
- Seite 63: *Abbildung 44 – Bruttostromerzeugung und Anteile erneuerbarer Energie in den Bundesländern, 2013* – Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien Bundesländer-Übersicht zu Erneuerbaren Energien, http://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW|BY|B|BB|HB|HH|HE|MV|NI|NRW|RLP|SL|SN|ST|SH|TH|D/kategorie/strom/auswahl/510-anteil_erneuerbarer_/#goto_510
- Seite 64: *Abbildung 45 – Überschreitungen der Stickstoff-Belastungsgrenzen in Deutschland, 2009* – Quelle: Schaap, M., Wichink Kruit R. J., Hendriks C., Kranenburg R., Segers A., Bultjes P., Banzhaf S. and Scheuschner T. (2015). Atmospheric decomposition to German natural and semi-natural ecosystems during 2009. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Seite 65: *Abbildung 46 – Deutschlands Netto-Importe von Treibhausgasemissionen, Top-10 Herkunftsländer und -regionen, 2011* – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- Seite 68: Tabelle A1: Abiotische und biotische Entnahme
- Seite 69: Tabelle A2: Entnahme Bundesländer
- Seite 70: Tabelle A3: Direkter Handel
- Seite 71: Tabelle A4: Indirekter Handel
- Seite 72: Tabelle A5: Rohstoffkonsum und Rohstoffintensitäten einzelner Sektoren
- Seite 73: Tabelle A6: Entkoppelung
- Seite 74: Tabelle A7: Konsumindikatoren
- Seite 75: Tabelle A8: Rohstoffkonsum der Endnachfrage nach Rohstoffkategorie
- Seite 76: Tabelle A9: Rohstoffkonsum des Staates und der privaten Haushalte

Quellenverzeichnis der im Text genannten Quellen

- AGEB, 2016: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. AG Energiebilanzen e.V., Berlin.
- BDW, 2016: Installierte Leistung und Stromproduktion. Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke, Berlin. Abgerufen am 02.02.2016 von <http://www.wasserkraft-deutschland.de/kontakt/impressum.html>
- BGR, 2014: Deutschland – Rohstoffsituation 2013. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Brand Eins, 2015: Erntehelfer in der Cloud. Abgefragt am 20.10.2015 von <http://www.brandeins.de/archiv/2015/maschinen/landwirtschaft-automatisierung-erntehelfer-in-der-cloud/>
- BIR, 2009: Bureau of international recycling – Report on the Environmental Benefits of Recycling 2009
- BUND, 2010: TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Internationale Diskussion um eine Ökonomie der Ökosysteme und der Biologischen Vielfalt, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin.
- BUND, 2016: Braunkohlentagebau und Gewässerschutz. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Düsseldorf. Abgerufen am 20.05.2015 von http://www.bund-nrw.de/themen_und_projekte/braunkohle/braunkohle_und_umwelt/braunkohlentagebau_und_gewaesserschutz/
- BSW, Solar 2016: Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik). Bundesverband Solarwirtschaft e. V., Berlin. Verfügbar unter: https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2013_2_BSW_Solar_Faktenblatt_Photovoltaik.pdf
- BWB, 2016: Virtuelles Wasser. Berliner Wasserbetriebe, Berlin. Abgerufen am 20.05.2016 von <http://www.bwb.de/content/language1/html/7715.php>
- BWE, 2016: Beschäftigte in der Windindustrie. Bundesverband WindEnergie. Abgerufen am 05.02.2016 von <https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/beschaeftigte-der-windindustrie>

- DERA, 2014: DERA-Rohstoffliste 2014. Angebotskonzentration bei mineralischen Rohstoffen und Zwischenprodukten – potenzielle Preis- und Lieferisiken. DERA Rohstoffinformation 24. Berlin.
- Destatis, 2014: Statistisches Jahrbuch 2014. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 a: Umweltgesamtrechnung 2015 – UGR 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 b: Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Tabelle 5.4. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 c: Land- & Forstwirtschaft 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 d: Außenhandelsstatistik 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 e: Globalisierungsindikatoren 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 f: Konsumausgaben 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 g: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktsberechnung 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2015 h: Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Wasserversorgung 2013. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis, 2016 a: GENESIS Datenbank. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden; verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de> sowie <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Handelswaren/Tabellen/EinfuhrAusfuhrGueterabteilungen.html>
- Destatis 2016 b: Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung 2013. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis 2016 c: Abfallbilanz 2014. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Deutsche Bundesregierung, 2002: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin.
- Deutsche Bundesregierung, 2010: Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen – Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit, Berlin.
- Deutsche Bundesregierung, 2016 a: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) II: Fortschrittsbericht 2012–2015 und Fortschreibung 2016–2019. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Berlin.
- Deutsche Bundesregierung, 2016 b: Nationales Programm für nachhaltigen Konsum, Berlin.
- EITI, 2016: What is the EITI? Extractive Industries Transparency Initiative, Oslo. Abgerufen am 13.02.2016 von <https://eiti.org/eiti>
- Europäische Kommission, 2014: Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials. Brüssel, Mai 2014.
- Exiobase 3.1, 2016. A global, detailed multi-regional environmentally extended supply and use / input output database. www.exiobase.eu
- FAOSTAT, 2015: <http://faostat.fao.org>
- Fischer et al., 2016: Fischer, G., Tramberend, S., Bruckner, M., Lieber, M., 2016. Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid accounting model. Umweltbundesamt Deutschland, Dessau-Roßlau.
- Global Footprint Network, 2016: Der Footprint im Überblick. Global Footprint Network, Oakland/Basel/Brüssel. Abgerufen am 20.04.2016 von http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/
- Grüne Liga, 2013: Neue Tagebaue und Wasser. Grüne Liga, Cottbus. Abgerufen am 20.05.2016 von <http://www.kein-tagebau.de/index.php/de/argumente/wasser>
- Ingenieur.de, 2016: Windkraftanlagen sind Materialfresser. Ingenieur.de, Düsseldorf. Abgerufen am 02.02.2016 von <http://www.ingenieur.de/Branchen/Energiewirtschaft/Windkraftanlagen-Materialfresser>
- LMBV, 2009: Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. Nachhaltige Bergbausanierung. Herausgeber: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH. Senftenberg, 2009.
- LMBV, 2014: Bergbauliche Grundsanierung. Ökologie und forstliche Rekultivierung. Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Senftenberg. Abgerufen am 20.05.2016 von <https://www.lmbv.de/index.php/grundsanierung.html>
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012: Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- OECD, 2012: Mapping Global Value Chains, Policy Dialogue on Aid for Trade. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OECD, 2015: OECD.Stat. <http://stats.oecd.org>
- SERI et al., 2013: SERI, GLOBAL 2000, Friends of the Earth Europe, 2013. Kein Land in Sicht. Wie viel Land benötigt Europa weltweit zur Deckung seines Konsums?, Wien/Brüssel.
- Statistische Ämter der Länder 2015. UGR der Länder 2015. www.statistik-portal.de
- Tukker et al., 2013: Tukker, A., de Koning, A., Wood, R., Hawkins, T., Lutter, S., Acosta, J., Rueda Cantuche, J. M., Bouwmeester, M., Oosterhaven, J., Drosowski, T., 2013. EXIOPOL – Development and illustrative analyses of detailed global MR EE SUT/IOT. Economic Systems Research 25, 50–70.
- UBA, 2012: Glossar zum Ressourcenschutz. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA, 2013 a: Globale Landflächen und Biomasse. nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA, 2013 b: Potential der Windenergie an Land. Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotentials der Windenergienutzung an Land. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA, 2014: Monitoring von Klärschlammmonverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotentiale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA, 2016 a: Gesamter Materialaufwand Deutschlands. Verwertete und nicht verwertete inländische Materialentnahmen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Abgerufen am 20.05.2016 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/rohstoffe-als-ressource/gesamter-materialaufwand-deutschlands>
- UBA, 2016 b: Bodenversiegelung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Abgerufen am 08.03.2016 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/bodenbelastung-land-oekosysteme/bodenversiegelung>
- UBA, 2016 c: Flächenverbrauch für Rohstoffabbau. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Abgerufen am 08.03.2016 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechennutzung/flaechenverbrauch-fuer-rohstoffabbau>
- UBA, 2016 d: Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Abgerufen am 08.03.2016 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>
- USGS, 2015: Mineral Commodity Summaries 2015. US Geological Survey, Virginia.
- VDI, i. E.: Richtlinie VDI 4800, Blatt 2: Ressourceneffizienz – Bewertung des Rohstoffaufwands. Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Berichts noch im Gründruck.
- WWF, 2016: Eine tödliche Verschwendung. World Wildlife Fund, Berlin. Abgerufen am 23.05.2016 von <http://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/fischerei/beifang/>
- WU 2016 a: Berechnungen basierend auf Exiobase 3.1 im Rahmen des UBA Projektes „Wissenschaftliche Konzeption und Ausarbeitung eines Berichts „Ressourcennutzung in Deutschland““ (Forschungskennzahl 3714 93 105 0). Wirtschaftsuniversität Wien.
- WU, 2016 b: Global Material Flow Database. 2016 version. www.materialflows.net, Wirtschaftsuniversität Wien

Quellen Intro-Seiten

Seite 4/ 5: Deutschlands Konsum basiert auf natürlichen Ressourcen

- 9,5 Mrd. Liter Bierproduktion, 2014 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/29616/umfrage/bierproduktion-der-brauereien-in-deutschland-seit-1991/>
- 4,9 Mio. Tonnen Fleischkonsum, 2014 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36573/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-fleisch-in-deutschland-seit-2000/>
- 387 Mio. Absatz von Büchern, 2014 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/416380/umfrage/absatz-von-buechern-in-deutschland/>
- 2,0 Mio. Flugbewegungen, 2015 – Quelle: Destatis, 2016. Verkehr: Luftverkehr auf Hauptverkehrsflughäfen 2015. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- 147,304 Genehmigung Errichtung neuer Gebäude, 2015 – Quelle: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Bauen/Bautaetigkeit/Tabellen/Baugenehmigungen.html>
- 3,2 Mio. Neuzulassungen PKW, 2015 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/74433/umfrage/neuzulassungen-von-pkw-in-deutschland/>
- 24,1 Mio. Verkaufte Smartphones, 2014 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/28305/umfrage/absatzzahlen-fuer-pdas-und-smartphones-seit-2005/>
- 20,4 Mio. Verkaufte PCs, 2014 – Quelle: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36518/umfrage/pc-absatz-in-deutschland-nach-stationaeren-und-mobilen-pcs/>
- Rohstoffkonsum: 272 Mio. Tonnen Biomasse, 403 Mio. Tonnen Fossile Energieträger, 602 Mio. Tonnen Mineralien, 25 Mio. Tonnen Metallerze, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Destatis, 2015. UGR 2015, Globalisierungsindikatoren 2015.

Seite 12/ 13: Die nationale Perspektive: Inländische Entnahme

- 1,1 Mrd. Tonnen genutzte inländische Rohstoffentnahme, 2013 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1.
- 13,1 Tonnen genutzte inländische Rohstoffentnahme pro Person, 2013 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1.
- 65 Prozent Anteil wirtschaftlich ungenutzter Materialien an der gesamten Materialentnahme, 2013 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 5, Tabelle 9.1.
- 3.700 Anzahl der Kölner Dome, die mit den entnommenen mineralischen Rohstoffen errichtet werden könnten, 2013 – Quelle: Berechnungen der WU Wien.
- 0,5 Prozent Anteil Abbaufächen im Bergbau an Gesamtfläche Deutschlands, 2013 – Quelle: Destatis, 2015. Fachserie 3, Reihe 5.1. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Tabelle 1.1.
- 52 Prozent Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche an Gesamtfläche Deutschlands, 2013 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 5, Tabelle 9.1.
- 1,3 Prozent Anteil der Rohstoffentnahmesektoren am gesamten Produktionswert der deutschen Wirtschaft, 2010 – Quelle: Destatis, 2014. VGR des Bundes. Input-Output-Rechnung. Fachserie 18, Reihe 2.

Seite 24/ 25: Die internationale Verflechtung: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel

- 1,1 Mrd. Tonnen genutzte inländische Rohstoffentnahme, 2013 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.1.
- 0,6 Mrd. Tonnen direkte Importe, 2010 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.2.
- 1,7 Mrd. Tonnen direkte und indirekte Importe, 2010 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.4.
- 1,5 Mrd. Tonnen direkte und indirekte Exporte, 2010 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.4.
- 99,7 Prozent Anteil der Importe am Gesamtbedarf an Metallerzen, 2010 – Quelle: Destatis, 2015. UGR 2015, Teil 4, Tabelle 5.4.
- 248 Mrd. € Exportüberschuss, 2015 – Quelle: Destatis, 2016. Außenhandel. Kennzahlen 2015. Abgerufen am 15.05.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Aussenhandel.html>
- 40 Prozent Anteil der Exporte am BIP, 2015 – Quelle: Destatis, 2016. Außenhandel. Kennzahlen 2015. Abgerufen am 15.05.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Aussenhandel.html>
- 78 Prozent Anteil der auf der Straße transportierten Waren am gesamten physischen Warentransport, 2014 – Quelle: Destatis, 2016. Verkehrsleistung. Abgerufen am 15.05.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Gueterverkehr/Tabellen/Gueterverkehrsleistung.html>
- 24.110 Container, die täglich in Hamburg be-/entladen werden, 2015 – Quelle: Port of Hamburg. Statistiken. Abgerufen am 12.06.2016 von <https://www.hafen-hamburg.de/de/statistiken>

Seite 34/ 35: Die Rolle der Wirtschaft: Wertschöpfung aus Rohstoffen

- 1,9 Mrd. Tonnen indirekte Nutzung von Rohstoffen in Deutschlands Wirtschaft, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 20 Prozent Anteil Fertigung von Produkten aus Biomasse am gesamten Rohstoffkonsum, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 1,3 € Wertschöpfung pro kg eingesetztem Rohstoff, 2010 – Quelle: Destatis, 2016. UGR 2015. Teil 4, Tabelle 5.4; Destatis, 2016. GENESIS Datenbank, Wiesbaden. Abgerufen am 15.05.2016 von <https://www-genesis.destatis.de>
- 48,3 Prozent Steigerung der Rohstoffproduktivität, 1994–2013 – Quelle: Deutsche Bundesregierung, 2012. Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht 2012, Berlin.
- 46 Prozent Anteil sekundärer Rohstoffe an der Rohstahl-Produktion, 2013 – Quelle: BGR, 2014. Deutschland – Rohstoffsituation 2013. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- 79 Prozent Gesamte Verwertungsquote aller Abfälle, 2014 – Quelle: Destatis, 2016. Abfallbilanz 2014. Abgerufen am 12.06.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/TabelleAbfallbilanzKurzübersicht.html>

Seite 44/ 45: Die Nachfrage-Seite: Rohstoffe für den Konsum

- 1,3 Mrd. Tonnen Rohstoffkonsum der deutschen Endnachfrage, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Destatis, 2016. UGR 2015. Teil 4, Tabelle 5.1; Destatis, 2016. Kennzahlen der Außenwirtschaft. Abgerufen am 14.04.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html> und <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>
- 16,2 Tonnen Rohstoffkonsum pro Kopf und Jahr der deutschen Endnachfrage, 2011 – Quellen: Berechnungen der WU Wien basierend auf Destatis, 2016. UGR 2015. Teil 4, Tabelle 5.1; Destatis, 2016. Kennzahlen der Außenwirtschaft. Abgerufen am 14.04.2016 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/36.html> und <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Globalisierungsindikatoren/Tabellen/37.html>
- 13 Prozent Anteil des staatlichen Konsums am Rohstoffkonsum der deutschen Endnachfrage, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 50 Prozent Anteil privater Haushalte am Rohstoffkonsum der deutschen Endnachfrage, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 58 Prozent Anteil der Konsumfelder Wohnen und Ernährung am gesamten Rohstoffkonsum privater Haushalte, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 33 Kilogramm Rohstoffkonsum der privaten Haushalte pro Kopf und Tag, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 1,7 Kilogramm Menge Haushaltsabfall Kopf und Tag, 2013 – Quelle: Destatis, 2015.
- 0,6 Kilogramm Menge Lebensmittelabfälle privater Haushalte pro Kopf und Tag, 2015 – Quelle: WWF Deutschland, 2015. Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. World Wildlife Funde Deutschland, Berlin.

Seite 56/ 57: Ressourcennutzung: Ein komplementärer Blick

- 29 Mrd. m³ Inländische Wassernutzung, 2013 – Quelle: Destatis, 2016. UGR 2015. Teil 4, Tabelle 6.2.
- 360 m³ pro Kopf und Jahr inländische Wassernutzung, 2013 – Quelle: Destatis, 2016. UGR 2015. Teil 4, Tabelle 6.2.
- 262 Mrd. m³ Wasserfußabdruck Deutschlands, 2011 – Quelle: Berechnungen der WU Wien basierend auf Exiobase 3.1, 2016, www.exiobase.eu
- 39 Prozent Anteil ausländischer Flächen am gesamten Flächen-Fußabdrucks (Ackerflächen) Deutschlands, 2010 – Quelle: Fischer, G., Tramberend, S., Bruckner, M., Lieber, M., 2016. Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid accounting model, Umweltbundesamt Deutschland. Dessau-Roßlau.
- 7 Prozent Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung, 2000 – Quelle: AGEb, 2016. Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. AG Energiebilanzen e.V., Berlin.
- 30 Prozent Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung, 2015 – Quelle: AGEb, 2016. Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. AG Energiebilanzen e.V., Berlin.
- 9.359 Anzahl Windkraftanlagen, 2000 – Quelle: BWE, 2016. Anzahl der Windenergieanlagen in Deutschland. Bundesverband WindEnergie, Berlin. Abgerufen am 05.02.2016 von <https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/windenergieanlagen-deutschland>
- 25.980 Anzahl Windkraftanlagen, 2015 – Quelle: BWE, 2016. Anzahl der Windenergieanlagen in Deutschland. Bundesverband WindEnergie, Berlin. Abgerufen am 05.02.2016 von <https://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken/deutschland/windenergieanlagen-deutschland>
- 198,5 Meter Höhe größtes Windrad der Welt, 2015 – Quelle: Energienpoint.de, 2016. Größte Windkraftanlage der Welt – die E-126, Reutlingen. Abgerufen am 02.03.2016 von <http://www.energienpoint.de/erneuerbare-energien/windenergie/e-126/>



 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt

► **Diese Broschüre als Download**
www.umweltbundesamt.de/Ressourcenbericht2016