

TEXTE

118/2023

Die Nutzung natürlicher Ressourcen in Deutschland. Ressourcenbericht 2022

Begleitmaterialien - Begleittext

Stephan Lutter, Julia Kreimel, Stefan Giljum
Wirtschaftsuniversität Wien

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 118/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 31 105 0
FB001106

Die Nutzung natürlicher Ressourcen in Deutschland. Ressourcenbericht 2022

Begleitmaterialien - Begleittext

von

Stephan Lutter, Julia Kreimel, Stefan Giljum
Wirtschaftsuniversität Wien

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Wirtschaftsuniversität
Wien Welthandelsplatz 1
1020 Wien
Österreich

Abschlussdatum:

November 2022

Redaktion:

Fachgebiet 1.1 „Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien,
Ressourcenschonung“
Christopher Manstein

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Die Nutzung natürlicher Ressourcen in Deutschland. Ressourcenbericht 2022

Das Umweltbundesamt veröffentlicht seit dem Jahr 2016 einen Bericht „Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Ressourcenbericht für Deutschland“. In diesem Ressourcenbericht werden die vielfältigen Zusammenhänge zwischen Ressourcenentnahme, Ressourcenkonsum und wirtschaftlicher Entwicklung untersucht und für ein fachlich interessiertes - aber nicht unbedingt spezialisiertes - Lese-Publikum aufbereitet. Ziel ist eine stärkere Sensibilisierung relevanter Stakeholder-Gruppen für das Thema Ressourcennutzung und -schonung sowie die Unterstützung entsprechender Politikprozesse wie z. B. das deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes; BMU 2012) und seine Fortschreibungen (ProgRes II und ProgRes III; BMU 2016, 2020) sowie die Aktivitäten rund um die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie.

Nach den ersten beiden Ressourcenberichten aus den Jahren 2016 und 2018 (UBA 2016, 2018) wurde im Jahr 2022 die dritte Ausgabe veröffentlicht (UBA 2022). Ziel des Vorhabens war die Weiterentwicklung des bestehenden Konzepts der Ressourcenberichtsreihe sowie die Erarbeitung des Ressourcenberichts 2022. Ein getrennt veröffentlichter Forschungsbericht (Lutter et al. 2022) dokumentiert die begleitenden wissenschaftlichen Arbeiten (www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht).

Ziel des vorliegenden Begleittextes ist es, ausgewählte Inhalte aus dem Ressourcenbericht zusammenzufassen, z. B. um die Nutzung im Lehrbetrieb oder anderen Bildungseinrichtungen zu unterstützen. Der Begleittext ist Teil der Begleitmaterialien zum Ressourcenbericht, die weiterhin aus einer PowerPoint Präsentation (PPP) bestehen. PPP und Begleittext folgen modularartig derselben inhaltlicher Struktur und somit gemeinsam verwendet werden können. Die Struktur orientiert sich dabei inhaltlich an den Hauptkapiteln des Ressourcenberichts und umfasst 6 Module und 2-9 Unterkapitel.

Die Power Point Präsentation zeigt für jedes thematische Unterkapitel die relevanten Grafiken und Diagramme des Ressourcenberichts 2022 und die wichtigsten aus den jeweiligen Abbildungen abzulesenden Kernaussagen. Jede Seite der PPP mit einer Abbildung wird ergänzt durch eine Seite, die zusätzliche Erläuterungen zur Abbildung sowie zum Themenfeld insgesamt enthält. Der Fokus liegt dabei nicht auf der Wiederholung von Zahlen aus den Abbildungen, sondern auf der Beschreibung von Trends und Entwicklungen und der Einordnung in den thematischen Kontext. Zudem wird auf inhaltlich zusammenhängende Kapitel im Bericht und auf externe Quellen verwiesen. Die externen Verweise beinhalten insbesondere Online-Tools oder interaktive Websites, um die Inhalte mit weiterführenden Übungen zu vertiefen.

Der im vorliegenden Dokument zusammengestellte Begleittext erläutert die PPP in größerem Detail. Die Texte orientieren sich dabei am Ressourcenbericht 2022 und zeigen die Zusammenhänge der Themen mit Verweisen auf. Zusätzlich werden Fragestellungen zur Anregung von Diskussionen angeführt. Dazu werden auch Antwortmöglichkeiten sowie die auch in der PPP enthaltenen weiterführenden Links zu Websites und Online-Tools für eine praktische Auseinandersetzung mit den Themen bereitgestellt.

Download: Folien und Hintergrundmaterial stehen unter folgendem Link zum Download zur Verfügung: <http://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht>

Zitiervorschlag: Umweltbundesamt (2022): Die Nutzung natürlicher Ressourcen in Deutschland. Ressourcenbericht 2022. Begleitmaterialien - Begleittext. Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht>

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
1 Einführung in das Thema Ressourcennutzung.....	9
1.1 Seiten 1 bis 4: Titel, Vorbemerkungen und Gliederung.....	9
1.2 Seiten 5 und 6: Ressourcennutzung: Der gesellschaftliche Metabolismus	9
1.3 Seiten 7 und 8: Was sind Ressourcen?	10
2 Woher stammen Ressourcen und Rohstoffe?	11
2.1 Seiten 9 und 10: Rohstoffgewinnung in Deutschland (Inländische Entnahme)	11
2.2 Seiten 11 und 12: Rohstoffgewinnung in den deutschen Bundesländern.....	12
2.3 Seiten 13 und 14: Wassernutzung in Deutschland	14
2.4 Seiten 15 und 16: Flächennutzung in Deutschland.....	15
2.5 Seiten 17 und 18: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel.....	16
2.6 Seiten 19 und 20: Rohstoffrucksäcke von gehandelten Gütern	17
2.7 Seiten 21 und 22: Die Herkunft der Rohstoffe.....	18
2.8 Seiten 23 und 24: Deutschlands Wasserfußabdruck	19
2.9 Seiten 25 und 26: Deutschlands Flächenfußabdruck.....	21
3 Wer nutzt Rohstoffe?	22
3.1 Seiten 27 und 28: Rohstoffeinsatz in der Wirtschaft	22
3.2 Seiten 29 und 30: Gesamtrohstoffproduktivität.....	23
3.3 Seiten 31 und 32: Sekundärrohstoffe in einer zirkulären Wirtschaft	24
3.4 Seiten 33 und 34: Rohstoffe für den Konsum	25
3.5 Seiten 35 und 36: Zusammensetzung des Rohstoffkonsums	26
4 Der Rohstoff-Nexus	28
4.1 Seiten 37 und 38: Ernährung und der Nexus zu Rohstoffen, Wasser, Land und Emissionen.....	28
5 Auswirkungen der Rohstoffnutzung.....	30
5.1 Seiten 39 und 40: Umweltgefährdungspotenziale im Bergbau	30
5.2 Seiten 41 und 42: Rohstoffnutzung und Klimawandel	31
5.3 Seiten 43 und 44: Rohstoffnutzung innerhalb planetarer Grenzen.....	33
6 Zukünftige Rohstoffnutzung.....	35
6.1 Seiten 45 und 46: Rohstoffkonsum der Zukunft	35
6.2 Seiten 47 und 48: Zukünftige Rohstoffnutzung und Klimaschutz	36
7 Quellenverzeichnis	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus	9
Abbildung 2: Die verschiedenen Ressourcen-Kategorien	10
Abbildung 3: Entwicklung der genutzten Rohstoffentnahme in Deutschland, 1994– 2020	11
Abbildung 4: Genutzte Entnahme in den deutschen Bundesländern nach Rohstoffgruppen, 2015 und 2019	12
Abbildung 5: Wassergewinnung nach Wirtschaftsbereichen in Deutschland sowie Anteil am gesamten Wasserdargebot, 1991–2016	14
Abbildung 6: Flächennutzung in Deutschland nach Nutzungsarten, 2020	15
Abbildung 7: Direkte Handelsströme Deutschlands in physischer und monetärer Betrachtung, 2015 und 2020	16
Abbildung 8: Entwicklung von direkten und indirekten Rohstoffimporten und - exporten Deutschlands nach Rohstoffgruppen, 2010–2020....	17
Abbildung 9: Anteil der Importe am Rohstoffeinsatz (RMI) Deutschlands nach Rohstoffgruppen, 2019.....	18
Abbildung 10: Beiträge einzelner Flusseinzugsgebiete zum blauen Wasserfußabdruck Deutschlands sowie deren Auswirkungen auf lokalen Wasserstress, 2021	19
Abbildung 11: Entwicklung des Ackerland-, Grünland- und Waldfußabdrucks von Deutschland, 1990–2018.....	21
Abbildung 12: Rohstoffeinsatz (RMI) in Deutschland nach Rohstoffgruppen, 2010–2020.....	22
Abbildung 13: Entwicklung der Gesamtrohstoffproduktivität in Deutschland im Vergleich zweier Methoden, 2010–2019	23
Abbildung 14: Direkte Rohstoffflüsse durch die deutsche Wirtschaft nach Rohstoffgruppen, 2019.....	24
Abbildung 15: Entwicklung des Rohstoffkonsums (RMC) in Deutschland nach Rohstoffgruppen, 2008–2020.....	25
Abbildung 16: Rohstoffkonsum (RMC) nach Unterkategorien sowie Rohstoffkonsum privater Haushalte und des Staates nach Bedarfsfeldern, 2019	26
Abbildung 17: Wassereinsatz, CO ₂ -Emissionen und Flächenversiegelung unterschiedlicher Lebensmittel (über den gesamten Lebenszyklus).....	28
Abbildung 18: Umweltgefährdungspotenzial (UGP) und Umweltregulierung in den Abbauländern, nach Rohstoffen.....	30
Abbildung 19: Treibhausgas-Fußabdruck und Rohstoffkonsum (RMC) pro Kopf in verschiedenen Ländern, 2017	31
Abbildung 20: Das Konzept der planetaren Grenzen weltweit und für Deutschland.....	33

Abbildung 21: Deutschlands Rohstoffkonsum (RMC) pro Kopf, 2019 und 2030
sowie jahresdurchschnittliche Veränderung der
Gesamtrohstoffproduktivität in unterschiedlichen Szenarien .35

Abbildung 22: Minderung der Treibhausgasemissionen und des Rohstoffkonsums
(RMC) in Deutschland gegenüber 1990 bzw. 2010 unter
verschiedenen Szenarien.....36

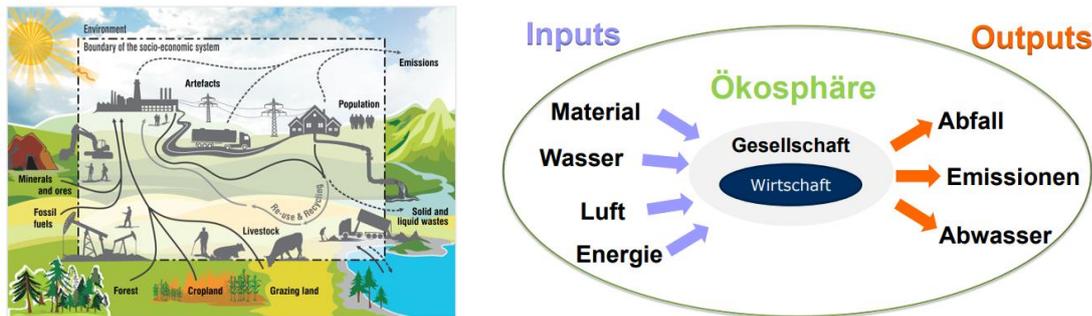
1 Einführung in das Thema Ressourcennutzung

1.1 Seiten 1 bis 4: Titel, Vorbemerkungen und Gliederung

Diese beiden Seiten sollen einen Überblick über die im Folgenden behandelte Thematik geben.

1.2 Seiten 5 und 6: Ressourcennutzung: Der gesellschaftliche Metabolismus

Abbildung 1: Das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus



Quelle: <https://boku.ac.at/wiso/sec/forschung/gesellschaftlicher-stoffwechsel>; eigene Darstellung

Aktuelle Umweltprobleme wie der Klimawandel sind eine Folge der Qualität und Quantität des gesellschaftlichen Stoffwechsels mit der Natur.

Der sog. „gesellschaftliche Metabolismus“ (gr. „Stoffwechsel“) bezeichnet – analog zum biologischen Stoffwechsel – die Beziehung zwischen der menschlichen Gesellschaft und ihrer materiellen Umwelt. Unsere Gesellschaft agiert innerhalb planetarer Grenzen. (s. Ressourcenbericht, S. 62/63)

Um ihre Bedürfnisse zu befriedigen – beispielsweise das Wirtschaftssystem am Laufen zu halten – werden Ressourcen wie Rohstoffe, Wasser oder Flächen benötigt. Gleichzeitig verursachen wir durch die Nutzung von Ressourcen z.B. Emissionen oder Abwasser, die von der Gesellschaft an die Umwelt abgegeben werden. Je größer der Ressourcen-Einsatz, desto größer auch die Rückflüsse und somit die Umweltbelastung.

Weiterführende Informationen:

Planetare Grenzen: Ressourcenbericht 2022, S. 62/63

Website Stockholm Resilience Centre zu den planetaren Grenzen:

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/the-nine-planetary-boundaries.html>

1.3 Seiten 7 und 8: Was sind Ressourcen?

Abbildung 2: Die verschiedenen Ressourcen-Kategorien



Quelle: eigene Darstellung

Eine „Ressource“ ist ein Mittel, das die Natur bereitstellt und das für den Menschen einen Nutzen stiftet.

Dazu zählen erneuerbare und nicht-erneuerbare Rohstoffe, der physische Raum (oder die Fläche), die strömenden Ressourcen (z. B. Wind, Geothermie, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft) und Ökosysteme.

Der EU-Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa identifiziert v.a. vier Ressourcengruppen als essentiell, um Politikmaßnahmen umfassend hinsichtlich ihrer ökologischen Tauglichkeit zu analysieren: Rohstoffe, Wasser, Land und THG-Emissionen.

Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm fokussiert auf die Entnahme und Nutzung von Rohstoffen, daher stehen Rohstoffe auch in der Ressourcenberichtsreihe im Fokus. Rohstoffnutzung steht jedoch eng im Zusammenhang mit der Nutzung anderer natürlicher Ressourcen. Deshalb wird im Ressourcenbericht der Nexus, also die Verbindung von Rohstoff- und Ressourcennutzung aufgezeigt. (s. Ressourcenbericht, S. 76/66 bzw. 78/79)

Zur Beschreibung der Rohstoffnutzung werden Rohstoffe in vier Rohstoffgruppen unterteilt: „Biomasse“, „Metallerze“, „nicht-metallische Mineralien“ und „fossile Energieträger“. Zusammen gehören die Kategorien „Metallerze“, „nicht-metallische Mineralien“ und „fossile Energieträger“ zu den „nicht-nachwachsenden Rohstoffen“ oder „abiotischen Rohstoffen“. „Biomasse“ spricht man auch von „nachwachsenden“ oder „abiotischen Rohstoffen“. (s. Ressourcenbericht, Glossar ab S. 92)

Weiterführende Informationen:

Link EU-Roadmap:

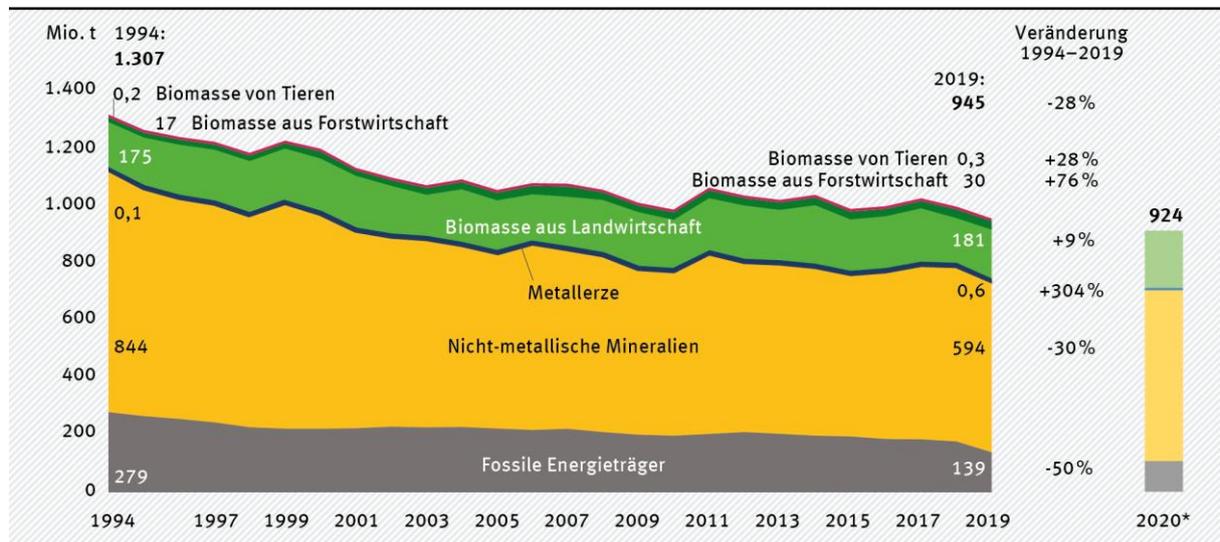
https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm

Link Deutsches Ressourceneffizienzprogramm: <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm>

2 Woher stammen Ressourcen und Rohstoffe?

2.1 Seiten 9 und 10: Rohstoffgewinnung in Deutschland (Inländische Entnahme)

Abbildung 3: Entwicklung der genutzten Rohstoffentnahme in Deutschland, 1994–2020



* Abschätzung anhand der Trends der Inländischen Entnahme nach Eurostat, 2021.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die inländische Entnahme von Rohstoffen geht seit 1994 zurück. Jedoch: jene von nicht-nachwachsenden Rohstoffen sank um 35 %, jene nachwachsender Rohstoffe stieg um 15 %.

Natürliche Rohstoffe sind die Grundlage unserer Wirtschaft. Sie werden entweder im Land selbst der Natur entnommen oder aber importiert. In Deutschland liegt die Entnahme bei jährlich knapp einer Milliarde Tonnen (2019: 945 Mio. Tonnen). Das sind zum Großteil nicht-nachwachsende Rohstoffe, besonders Baumineralien (Thema Sand: s. Ressourcenbericht, S. 22/23).

Der Rückgang der inländischen Entnahme von Rohstoffen seit 1994 geht vor allem auf die sinkende Entnahme nicht-nachwachsender Rohstoffe, insbesondere von nicht-metallischen Mineralien und fossilen Energieträgern zurück.

Die in Deutschland entnommenen Rohstoffe reichen jedoch nicht aus, um die Nachfrage der Wirtschaft zu befriedigen. Daher wird eine große Menge importiert – entweder direkt als Einsatzstoff für Produktionsprozesse, oder indirekt über Güter, für deren Herstellung Rohstoffe notwendig waren. (s. Ressourcenbericht, S. 26/27 bzw. 28/29)

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Welche Gründe könnten hinter der rückläufigen Entwicklung der inländischen Rohstoffentnahme stecken?

Anstieg der Importe und Auslagerung der Rohstoffgewinnung ins Ausland (Ressourcenbericht, S. 26/27 bzw. 28/29 bzw. 30/31); Effizienzsteigerungen in der Verarbeitenden Industrie (Ressourcenbericht S. 38/39); Rückgang von Rohstoffnutzung bzw. -konsum

► Wie ist das Verhältnis zwischen Entnahme und direkten Importen?

Direkte Importe und Exporte: Ressourcenbericht S. 26/27

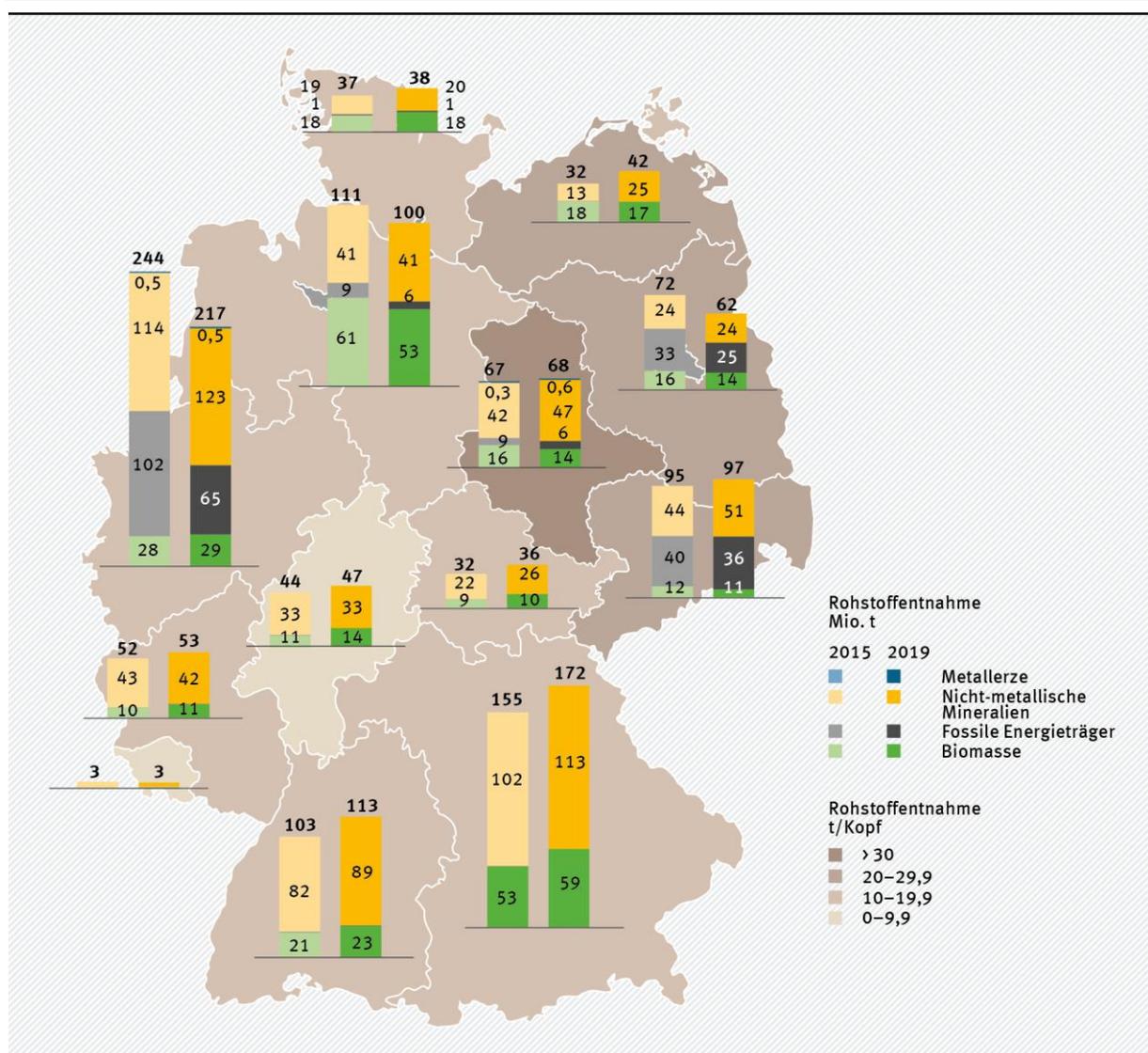
Weiterführende Informationen:

Thema Sand: s. Ressourcenbericht, S. 22/23

Online-tool für Informationen und Visualisierungen zur Rohstoffgewinnung weltweit und nach Ländern: <http://www.materialflows.net/>

2.2 Seiten 11 und 12: Rohstoffgewinnung in den deutschen Bundesländern

Abbildung 4: Genutzte Entnahme in den deutschen Bundesländern nach Rohstoffgruppen, 2015 und 2019



Ohne Stadtstaaten, da die Rohstoffentnahme dort sehr gering ist. Die statistischen Ämter der Länder haben die bundesweit vorgenommenen methodischen Anpassungen in den Daten zur Rohstoffnutzung nicht umgesetzt. Die Summen der Bundesländer weichen daher um etwa 10% von den nationalen Werten ab.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die inländische Rohstoffentnahme ist unterschiedlich auf die deutschen Bundesländer verteilt. Bestimmende Faktoren sind Fläche, geologische Gegebenheiten sowie Erschließbarkeit und Siedlungsdichte.

Große Mengen nicht-nachwachsender Rohstoffe werden nur in einigen wenigen Bundesländern gewonnen. Nordrhein-Westfalen entnahm im Jahr 2019 mit 217 Mio. Tonnen die meisten Rohstoffe – mehr als ein Fünftel (21 %) der deutschen Gesamtmenge. In Nordrhein-Westfalen ist neben der Entnahme nicht-metallischer Mineralien (123 Mio. Tonnen im Jahr 2019) besonders der Abbau von fossilen Energieträgern wichtig (65 Mio. Tonnen im Jahr 2019).

Alternativ zur Betrachtung der gesamten Rohstoffentnahme in absoluten Werten können auch pro Kopf-Werte herangezogen werden. Dabei verzeichnete z. B. Sachsen-Anhalt 2019 die höchste Pro-Kopf-Entnahme (31,0 t), mehr als das Doppelte des nationalen Durchschnitts von 15,9 Tonnen.

Setzt man die gesamte Rohstoffentnahme in Bezug zu seiner Fläche, stechen vor allem jene Bundesländer hervor, die große Mengen an nicht-nachwachsenden Rohstoffen fördern. Demnach haben die Bundesländer Nordrhein-Westfalen (6,3 kg/m²) und Sachsen (5,3 kg/m²) besonders hohe Werte (s. Ressourcenbericht, S. 20/21, Abb. 11).

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Welche Rohstoffe spielen in den einzelnen Bundesländern eine wichtige Rolle, und wie hängt das mit Politikstrategien zusammen?

Tabellenband zur umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder verfügbar unter:
<https://www.statistikportal.de/de/ugrdl>

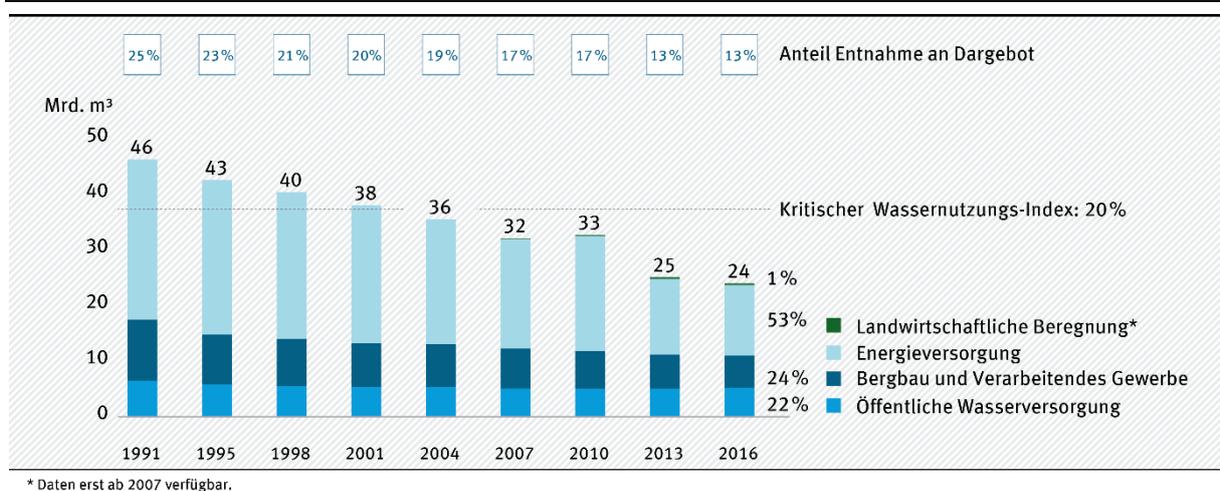
- ▶ Kann man Unterschiede in den Politikmaßnahmen der jeweiligen Bundesländer feststellen?

Weiterführende Informationen:

Flächennutzung in Deutschland: Ressourcenbericht S. 70/71

2.3 Seiten 13 und 14: Wassernutzung in Deutschland

Abbildung 5: Wassergewinnung nach Wirtschaftsbereichen in Deutschland sowie Anteil am gesamten Wasserdargebot, 1991–2016



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Zwischen 1991 und 2016 halbierte sich die Wassergewinnung in Deutschland. Hauptnutzer war der Energiesektor zur Kühlung von Wärmekraftwerken genutzt.

Neben Rohstoffen spielt Wasser eine wichtige Rolle bei der Ressourcennutzung in Deutschland. Insgesamt sank die Wassergewinnung von 1991 bis 2016 um 48 % auf 24 Mrd. Kubikmeter.

Wasser wird in Deutschland vor allem durch den Energiesektor zur Kühlung von Wärmekraftwerken (53 %), im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe (24 %), von der öffentlichen Wasserversorgung (22 %) sowie für die Bewässerung in der Landwirtschaft (1 %) entnommen.

Ein entscheidendes Kriterium für eine nachhaltige Wassernutzung ist der Anteil der gesamten Entnahme am langjährigen Wasserdargebot, auch „kritischer Wassernutzungsindex“ (s. Ressourcenbericht, Glossar S. 93) genannt. Dieser Index lag im Jahr 2016 für Deutschland bei 13 % und blieb somit unter dem Grenzwert für Wasserstress von 20 %.

In Deutschland sind im Durchschnitt ausreichende Wasserressourcen verfügbar. Allerdings sind die Wasserressourcen regional unterschiedlich verteilt und unterliegen witterungsbedingt starken Schwankungen – sowohl im Jahresverlauf als auch im jährlichen Durchschnitt.

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Wie könnte sich der Klimawandel zukünftig auf die Wassernutzung in Deutschland auswirken? S. Ressourcenbericht, S. 66/67, Box.

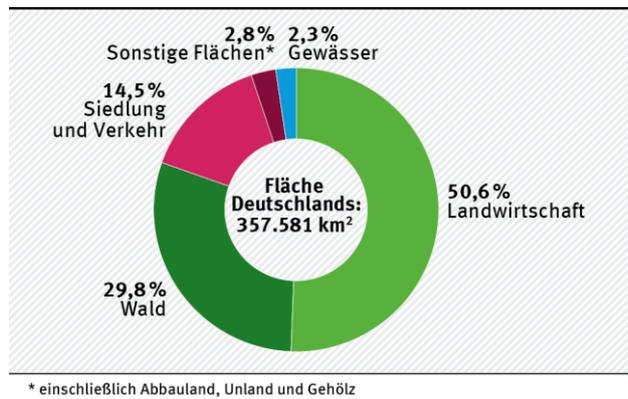
UBA-Website zu Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten, verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten>

Weiterführende Informationen:

Die erste nationale Wasserstrategie des BMU untersucht diese Herausforderungen für die Wasserwirtschaft: <https://www.bmu.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/binnengewasser/nationale-wasserstrategie>

2.4 Seiten 15 und 16: Flächennutzung in Deutschland

Abbildung 6: Flächennutzung in Deutschland nach Nutzungsarten, 2020



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

In Deutschland wird etwa die Hälfte der Fläche für landwirtschaftliche Zwecke genutzt. Täglich zunehmende Siedlungs- und Verkehrsflächen wiederum gehen zu Lasten von landwirtschaftlichen Flächen – mit weitreichenden Folgen für die Umwelt.

Die Belegung von Landflächen ist eine weitere Art der Ressourcennutzung. In Deutschland wird etwa die Hälfte der Fläche für landwirtschaftliche Zwecke genutzt. An zweiter Stelle folgt der Wald mit knapp einem Drittel. (s. Ressourcenbericht, S. 70/71)

Die Nutzung der Flächen ist je nach Bundesland unterschiedlich verteilt (s. Ressourcenbericht, S. S. 70, Abb. 61).

Über einen längeren Zeitraum betrachtet nehmen Deutschlands Agrarflächen zugunsten von Flächen für Siedlung und Verkehr ab. Die Inanspruchnahme neuer Siedlungs- und Verkehrsflächengenging zurück, bleibt aber mit 58 Hektar pro Tag (im Jahr 2020) zu hoch (s. Ressourcenbericht, S. S. 71, Abb. 62).

Die Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsflächen hat zahlreiche negative Folgen, beispielsweise Zersiedelung, Verfall von Ortskernen, steigendes Verkehrsaufkommen sowie Bodenversiegelung.

Fragen zur Diskussion:

- Wo liegt Deutschland im europäischen Vergleich bzgl. Siedlungs- und Verkehrsflächen?

Für einen Vergleich auf EU-Ebene bietet sich der Indikator „Artificial areas“ (= Gebäude, Straßen, etc.) von Eurostat an, verfügbar unter:

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rd110/default/table?lang=en

2018 lag Deutschland mit seinem Anteil der „Artificial areas“ an der Gesamtfläche auf Platz 4.

- Wie liegt Deutschland im europäischen Vergleich bzgl. ökologischem Landbau?

Für einen Vergleich auf EU-Ebene bieten sich die „Organic farming statistics“ von Eurostat an, verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Organic_farming_statistics#Key_messages

Deutschland lag mit seinem Anteil von Ökolandbau-Flächen an der gesamten Landwirtschaftsfläche im Jahr 2020 auf Platz 13 – nur knapp über dem EU-Durchschnitt.

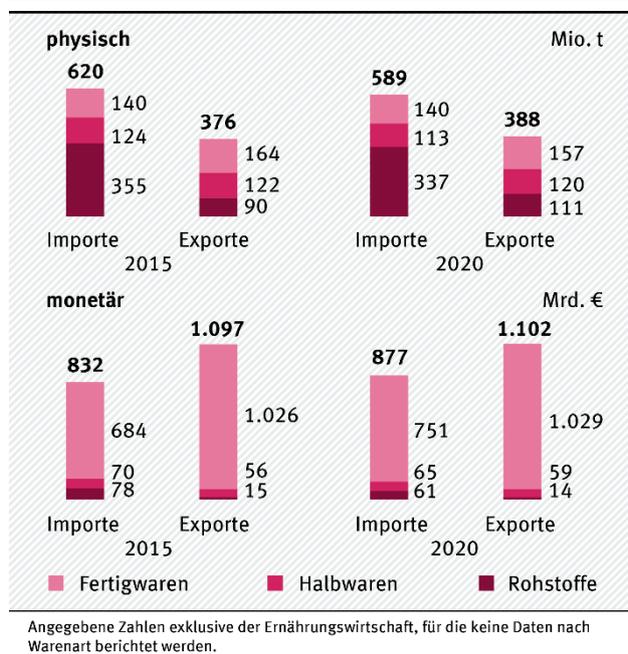
Weiterführende Informationen:

Thema Siedlungs- und Verkehrsflächen auf Website des Umweltbundesamtes:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung>

Thema ökologischer Landbau auf Website des Umweltbundesamtes:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/oekologischer-landbau>

2.5 Seiten 17 und 18: Deutschlands Anteil am globalen Rohstoffhandel

Abbildung 7: Direkte Handelsströme Deutschlands in physischer und monetärer Betrachtung, 2015 und 2020



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Deutschland profitiert vom globalen Rohstoffhandel. Während mehr Rohstoffe und Güter importiert werden, zeigt die monetäre Handelsbilanz ein deutliches Plus.

Deutschland profitiert vom globalen Rohstoffhandel. Sowohl im Jahr 2015, als auch im Jahr 2020 wurden insgesamt mehr Rohstoffe und Güter physisch importiert als exportiert. Der physische Importüberschuss betrug rund 200 Mio. Tonnen.

Gleichzeitig zeigte die monetäre Handelsbilanz ein deutliches Plus. Das heißt, es wurde durch den Export mehr erwirtschaftet, als für den Import aufgewendet wurde. Der monetäre Exportüberschuss betrug 225 Mrd. Euro.

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Was ist die Ursache für die Differenz zwischen monetärer und physischer Handelsbilanz?

Ursache ist der unterschiedliche Verarbeitungsgrad von Import- und Exportgütern: Deutschland importiert materialintensive Güter und exportiert höherwertige Güter.

- In welchen Bereichen profitiert Deutschland besonders von dieser „Veredelung“?

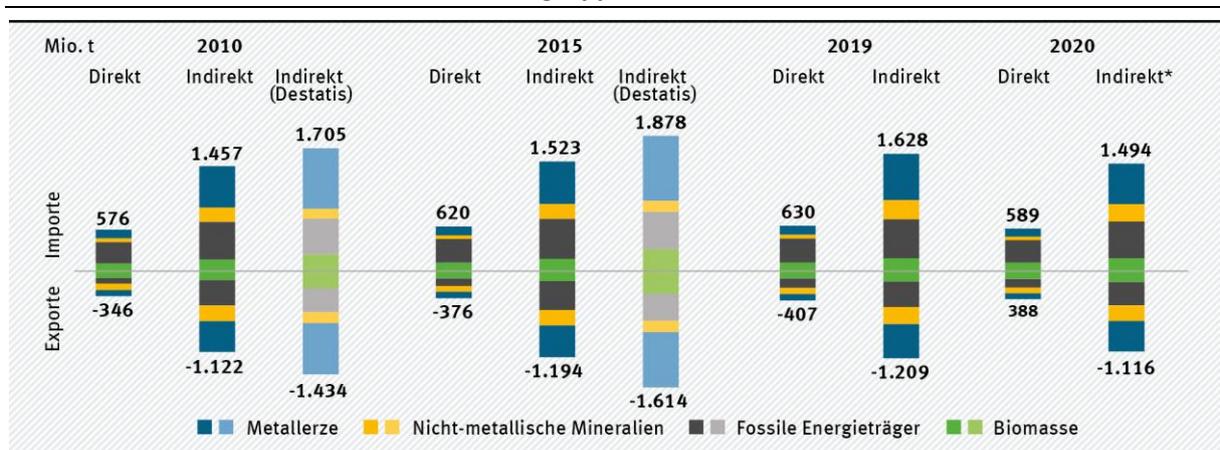
Autos, Maschinen, Pharmaindustrie, etc.

- Mit welchen Ländern hat Deutschland eine positive/negative physische/monetäre Handelsbilanz?

Beispiele: s. Ressourcenbericht, S. 27, Abb. 16;

2.6 Seiten 19 und 20: Rohstoffrucksäcke von gehandelten Gütern

Abbildung 8: Entwicklung von direkten und indirekten Rohstoffimporten und -exporten Deutschlands nach Rohstoffgruppen, 2010–2020



Die Berechnungen nach Destatis bzw. EU-Standardmethode im Vergleich zeigen aufgrund konzeptueller Unterschiede verschiedene Ergebnisse. Der Gesamtwert der direkten Importe und Exporte beinhaltet auch „sonstige Waren“. Die Anteile der Rohstoffgruppen beziehen sich jedoch auf die Importe und Exporte ohne „sonstige Waren“.
 * Vorläufige Schätzung anhand der Veränderungen der direkten Materialflüsse auf der Basis von Eurostat, 2021.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Berücksichtigt man die Rohstoffrucksäcke von Importen und Exporten, vergrößert sich Deutschlands physisches Handelsvolumen um rund einen Faktor 3.

Deutschland handelt mit vielen höherverarbeiteten Produkten. Die für deren Herstellung benötigten Rohstoffe lassen sich in sogenannten „Rohstoffäquivalenten“ (RME; engl. Raw Material Equivalents) (Ressourcenbericht, Glossar) oder „indirekten Flüssen“ bzw. „Rohstoffrucksäcke“ quantifizieren. Das ist die Summe aller Rohstoffe, die im Lebenszyklus eines Produkts bis zu seiner Verwendung zum Einsatz kommen. Dabei zeigt sich: Die Herstellung von Halb- und Fertigwaren erfordert weitaus mehr Rohstoffe, als es ihr Gewicht vermuten lässt.

Auch bei den Rucksäcken ist die physische Handelsbilanz positiv. Zudem sieht man, dass der Handel mit Rohstoffrucksäcken stark zunimmt. Die gehandelten Güter basieren also immer weniger auf inländischen Rohstoffen.

Im Jahr 2019 hatten die direkten Importe ein Eigengewicht von 630 Mio. Tonnen. Berücksichtigt man die Rohstoffrucksäcke entlang aller vorgelagerten Lieferketten, vergrößert sich das Gewicht der Importe auf 1.628 Mio. Tonnen.

Einzelne Rohstoffe wie Metalle haben besonders große Rohstoffrucksäcke, da zu ihrer Herstellung große Mengen Erz mit niedrigem Metallgehalt extrahiert und aufwendig

(energieintensiv) weiterverarbeitet wurden. Die Rohstoffäquivalente von Ein- und Ausfuhren sind daher über fünfmal größer als das Eigengewicht.

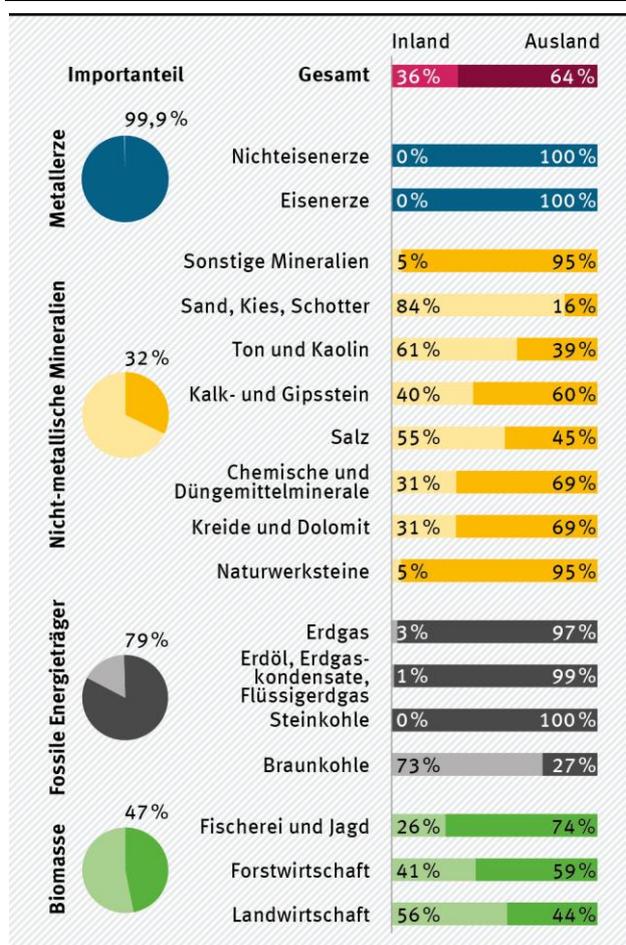
Fragen zur Diskussion:

- ▶ Wie groß (in Tonnen) ist der Rohstofffrucksack eines durchschnittlichen Pkw mit einem Eigengewicht von 1,5 Tonnen?

Der Rohstofffrucksack eines durchschnittlichen Pkw mit einem Eigengewicht von 1,5 Tonnen hat einen Rohstofffrucksack von ca. 15 Tonnen (Müller et al., 2017).

2.7 Seiten 21 und 22: Die Herkunft der Rohstoffe

Abbildung 9: Anteil der Importe am Rohstoffeinsatz (RMI) Deutschlands nach Rohstoffgruppen, 2019



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Deutschland ist auf die Nutzung von ausländischen Rohstoffen angewiesen. Bei manchen Rohstoffen wie Metallerzen ist Deutschland nahezu vollständig von Importen abhängig.

Deutschland ist auf die Nutzung von ausländischen Rohstoffen angewiesen. Analysiert man die Rohstofffrucksäcke des heimischen Rohstoffbedarfs für Wirtschaft, erkennt man, dass bei einigen Rohstoffgruppen wie Metallerze und Erdgas besonders große Abhängigkeiten bestehen.

Einige der wirtschaftlich besonders wichtigen Branchen, beispielsweise die metallverarbeitende oder die Kunststoffindustrie verarbeiten sogar fast ausschließlich Rohstoffe oder darauf basierende Halbwaren, die im Inland nicht oder nur selten vorkommen und aus verschiedenen Regionen der Welt importiert werden müssen.

Gerade deshalb stehen Länder wie Deutschland in der Pflicht, auch im Ausland für ökologische und sozial verträgliche Bedingungen bei der Rohstoffgewinnung Sorge zu tragen (s. S. 56/57).

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Was sind die wichtigsten Ursprungsregionen bzw. -länder für einzelne Rohstoffgruppen?

Beispiele: s. Ressourcenbericht, S. 31, Abb. 21 und Abb. 22

- ▶ Welche Rohstoffe werden als besonders kritisch für die deutsche Wirtschaft betrachtet?

Liste mit kritischen Rohstoffen der EU: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>

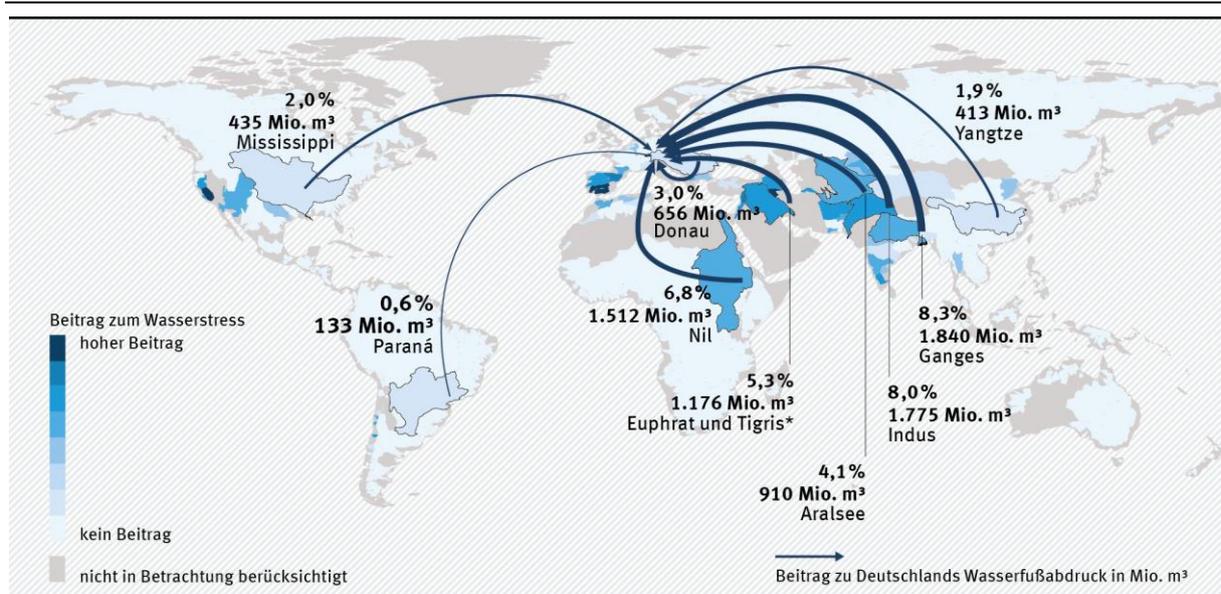
Kritische Rohstoffe für Deutschland von DERA Rohstoffinformationen: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-49.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Weiterführende Informationen:

Beispiele für nachteilige Auswirkungen von Rohstoffentnahme für Export nach Deutschland: s. Ressourcenbericht, S. 56/57: Umweltgefährdungspotenziale der bergbaulichen Rohstoffgewinnung

2.8 Seiten 23 und 24: Deutschlands Wasserfußabdruck

Abbildung 10: Beiträge einzelner Flusseinzugsgebiete zum blauen Wasserfußabdruck Deutschlands sowie deren Auswirkungen auf lokalen Wasserstress, 2021



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022, adaptiert von Bunsen, 2021

- **Durch den Konsum von Gütern mit internationalen Lieferketten ist Deutschland auch für die Wassernutzung in anderen Teilen der Welt verantwortlich.**
- **Insgesamt betrug Deutschlands Wasserfußabdruck im Jahr 2021 201 Mrd. m³.**
- **Deutschland importierte auch Güter aus wasserknappen Regionen.**

Es besteht eine enge Verbindung – der sog. „Nexus“ – zwischen der Nutzung von Rohstoffen und anderen natürlichen Ressourcen wie Wasser. Wasser kommt einerseits für die Herstellung von Produkten zum Einsatz und wird andererseits von Pflanzen für ihr Wachstum und das Ausbilden von Feldfrüchten benötigt.

Durch den Konsum von Gütern mit internationalen Lieferketten ist Deutschland auch für die Ressourceninanspruchnahme in anderen Teilen der Welt verantwortlich. Der Wasserfußabdruck (Ressourcenbericht, S. 68/69) beinhaltet zusätzlich zu den in Deutschland konsumierten Wassermengen all jenes Wasser, das in den globalen Wertschöpfungsketten für in Deutschland konsumierte Güter verbraucht wird.

Insgesamt betrug Deutschlands Wasserfußabdruck im Jahr 2021 201 Mrd. m³.

Er setzt sich zusammen aus „blauem“ und „grünem Wasser“. Sogenanntes „blaues Wasser“ umfasst entnommenes Oberflächenwasser oder Grundwasser – beispielsweise für Bewässerung. „Grünes Wasser“ ist Regenwasser, das in der obersten Bodenschicht gespeichert ist, durch Pflanzen aufgenommen wird und verdunstet.

Betrachtet man ausschließlich das blaue Wasser, stammen große Mengen des Deutschen Fußabdrucks aus dem Ganges und dem Indus und trug so zum lokalen Wasserstress bei. Da nur blaues Wasser direkt der menschlichen Wasserversorgung dient, kann seine Übernutzung z. B. für Exportgüter – schwerwiegende Konsequenzen für die Lebensbedingungen der Menschen vor Ort haben.

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Der Großteil des globalen Wasserkonsums geht auf die Landwirtschaft zurück. Wie groß ist der Anteil der weltweiten Anbauflächen, die bewässert werden?

Weltweit stammen etwa 40% aller Lebensmittel von bewässerten Flächen (World Bank 2021).

- ▶ Wo wurde am meisten blaues Wasser für die Herstellung von Gütern verwendet, die schlussendlich im deutschen Konsum landen?

China, Spanien, Indien (Ressourcenbericht, S. 68/69, Abb. 57)

- ▶ Wie ist das Verhältnis zwischen inländischem und ausländischem Wasserfußabdruck in Deutschland?

12 vs. 88% (Ressourcenbericht, S. 68/69, Abb. 57)

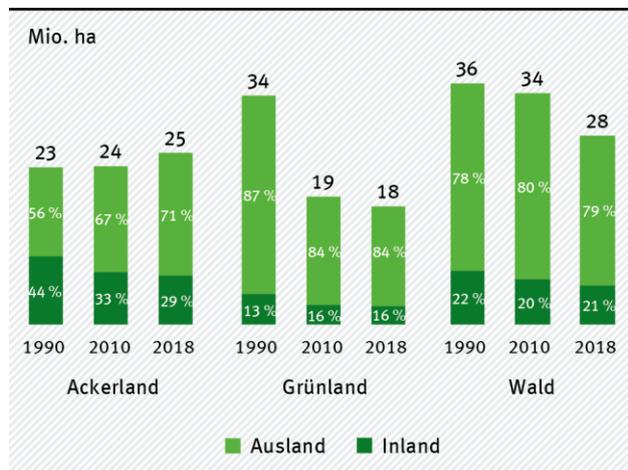
- ▶ Was für politische Strategien gibt es, um den Handel mit virtuellem Wasser in Ansätzen zu regulieren?

z. B. eine globale Vereinbarung über Wasserpreisstrukturen, die die vollen Kosten der Wassernutzung abdecken, einschließlich der Folgekosten für verursachte Wasserknappheit; ein Label für wasserintensive Produkte; eine Steuer auf Waren, die in ihrem Abfallstadium

Wasserverschmutzung verursachen; (s. Hoekstra 2011, verfügbar unter: <https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-2011.pdf>)

2.9 Seiten 25 und 26: Deutschlands Flächenfußabdruck

Abbildung 11: Entwicklung des Ackerland-, Grünland- und Waldfußabdrucks von Deutschland, 1990–2018



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Durch den Konsum von Gütern mit internationalen Lieferketten ist Deutschland für die Flächennutzung in anderen Teilen der Welt verantwortlich.

Drei Viertel der Flächen für den deutschen Konsum lagen 2018 im Ausland.

Es besteht eine enge Verbindung – der sog. „Nexus“ – zwischen der Nutzung von Rohstoffen und anderen natürlichen Ressourcen wie Fläche. Analog zum Wasserfußabdruck zeigt der Flächenfußabdruck die indirekte Flächennutzung durch den globalen Handel.

Der Flächenfußabdruck beinhaltet Flächen, die im In- und Ausland für in Deutschland konsumierte Güter verwendet werden. Weltweit ergaben im Jahr 2018 alle Landwirtschafts-, Weide- und Waldflächen für in Deutschland konsumierte Güter einen Flächenfußabdruck von 74 Mio. Hektar.

Insgesamt drei Viertel (75 %) der Flächen für den deutschen Konsum lagen im Ausland und nur 25 % im Inland (Ressourcenbericht, S. 70/71).

Bei der Grünlandnutzung gingen lediglich 16 % auf inländische Bewirtschaftung zurück, beim Waldfußabdruck mit 21 % ein ähnlicher Anteil. Für die Produktion von Agrargütern hingegen wurden zu 29 % inländische Flächen beansprucht.

Weiterführende Informationen:

Flächennutzung in Deutschland: Ressourcenbericht, S. 70/71

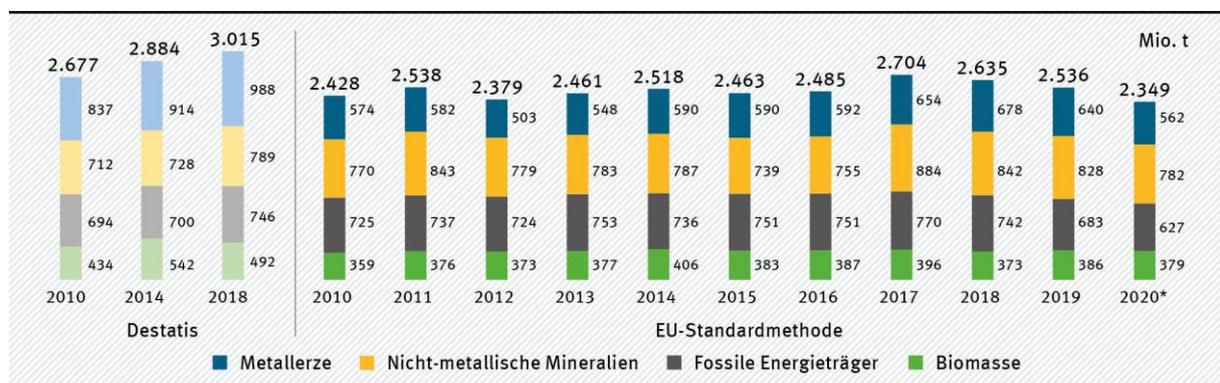
Darstellung des Flächenfußabdrucks nach den wichtigsten Ursprungsländern: Ressourcenbericht S. 72, Abb. 62

Online-tool für Informationen und Visualisierungen zum Flächenfußabdruck: <http://scphat.lifecycleinitiative.org/module-2-scp-hotspots/>

3 Wer nutzt Rohstoffe?

3.1 Seiten 27 und 28: Rohstoffeinsatz in der Wirtschaft

Abbildung 12: Rohstoffeinsatz (RMI) in Deutschland nach Rohstoffgruppen, 2010–2020



Die Berechnungen nach Destatis bzw. EU-Standardmethode im Vergleich zeigen aufgrund konzeptueller Unterschiede verschiedene Ergebnisse.
 * Vorläufige Schätzung anhand der Veränderungen der direkten Materialflüsse auf der Basis von Eurostat, 2021.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Der Rohstoffeinsatz der deutschen Wirtschaft blieb zwischen 2010 und 2019 nahezu gleich und hat sich mit 2.636 Mio. t im Jahr 2019 auf hohem Niveau stabilisiert.

Für die Herstellung von Gütern sind Rohstoffe ein wichtiger Produktionsfaktor. Der Indikator Primärrohstoffeinsatz oder kurz „Rohstoffeinsatz“ (RMI) umfasst alle Rohstoffe für die Herstellung von Gütern in deutschen Betrieben für die Endnachfrage im Inland oder für den Export. Zur Berechnung des Rohstoffeinsatzes werden alle Importe inklusiver ihrer Rohstofffrucksäcke (Ressourcenbericht, S. 28/29) berücksichtigt.

Insgesamt belief sich der Rohstoffeinsatz Deutschlands 2019 auf 2.636 Mio. t. Er hat sich seit 2010 nicht maßgeblich verändert.

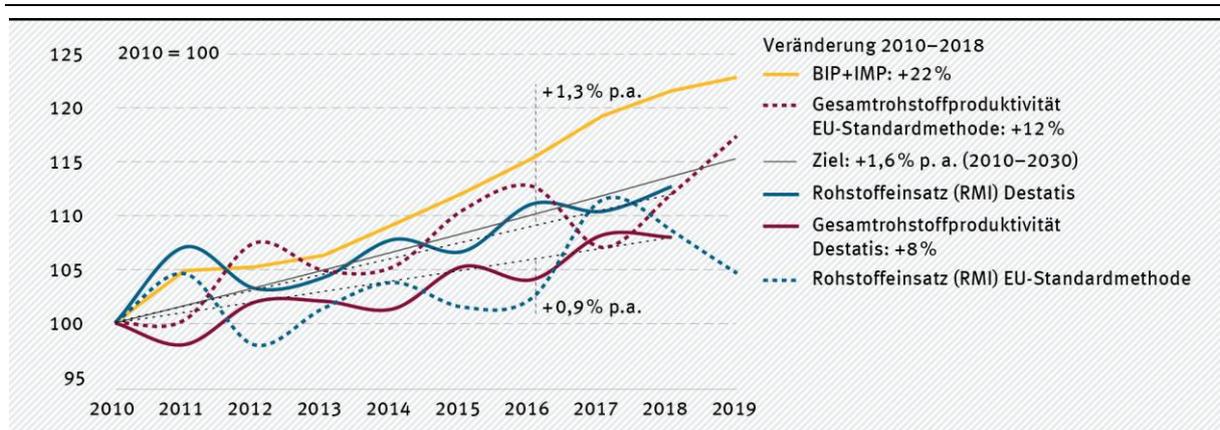
Wie viele Rohstoffe zum Einsatz kommen, ist aber in jedem Wirtschaftssektor unterschiedlich.

Weiterführende Informationen:

Rohstoffeinsatz (RMI) in Deutschland nach Gütergruppen/Sektoren: Ressourcenbericht, S. 37, Abb. 26

3.2 Seiten 29 und 30: Gesamtrohstoffproduktivität

Abbildung 13: Entwicklung der Gesamtrohstoffproduktivität in Deutschland im Vergleich zweier Methoden, 2010–2019



Die Berechnungen nach Destatis bzw. EU-Standardmethode im Vergleich zeigen aufgrund konzeptueller Unterschiede verschiedene Ergebnisse.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die Gesamtrohstoffproduktivität stieg von 2010 bis 2018 um 8 % an. Deutschland hat damit den Rohstoffeinsatz von der Wirtschaftsleistung (berechnet als Summe aus BIP und Importen) entkoppelt.

Die Gesamtrohstoffproduktivität ist ein wichtiger Indikator für die effiziente Nutzung von Rohstoffen. Sie wird berechnet als die Summe aus Bruttoinlandsprodukt und Importen geteilt durch den Primärrohstoffeinsatz und vergleicht somit die Menge an von der deutschen Wirtschaft benötigten Rohstoffen (inkl. Rucksäcke) mit dem Wert der daraus produzierten Güter.

Als Ziel gemäß der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sowie ProgRess III ist festgelegt, die im Zeitraum 2000 bis 2010 beobachtete Wachstumsrate der Gesamtrohstoffproduktivität von durchschnittlich 1,6% pro Jahr bis zum Jahr 2030 beizubehalten. Das bedeutet, dass die Wirtschaftsleistung (berechnet als Summe aus BIP und Importen) auch weiterhin vom Rohstoffeinsatz entkoppelt werden soll. Das tatsächliche jährliche Wachstum der Gesamtrohstoffproduktivität liegt bisher mit 0,9% von 2010 bis 2018 unter dem angestrebten Ziel. Damit wurde eine relative Entkopplung erreicht. Das bedeutet, dass die Wirtschaftswachstumsrate jene des Rohstoffeinsatzes übertreffen. Bei einer absoluten Entkopplung würde die Wirtschaft wachsen, während der Rohstoffeinsatz sinkt.

Auf internationaler Ebene vergleicht man die Wirtschaftsleistung (BIP) u.a. mit dem Rohstoffkonsum (RMC), um Entkopplung zu ermitteln (Ressourcenbericht, S.39, Abb. 29)

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Welche Länder haben in der Vergangenheit relative/absolute Entkopplung erreicht? Was ist bei solchen Analysen/Vergleichen zu beachten?

Z. B. Italien, Japan, Österreich (Ressourcenbericht, S. 39, Abb. 29)

Wichtig ist der betrachtete Zeitraum; handelt es sich z.B. um einen Zeitraum mit wirtschaftlichem Auf- bzw. Abschwung nach politischen Ereignissen/Krisen, kann das die Aussage verfälschen.

- ▶ Bedeutet das Erreichen von „Entkopplung“, dass dadurch der Druck auf die Umwelt sinkt?

Nein, denn Entkopplung kann auch erreicht werden, weil BIP und Importe stärker als Rohstoffkonsum bzw. Rohstoffeinsatz steigen. Das nennt man relative Entkopplung. Dabei steigen Rohstoffkonsum bzw. Rohstoffeinsatz aber weiterhin, nur eben langsamer.

Auch wenn absolute Entkopplung stattfindet, also wenn BIP und Importe steigen, während der Rohstoffkonsum bzw. Rohstoffeinsatz sinkt, bedeutet das nicht unbedingt, dass der Druck auf die Umwelt gering ist. Denn man muss auch die absoluten Größen der Indikatoren betrachten. Dabei zeigt sich, dass Deutschland und viele andere europäische Länder trotz relativer oder absoluter Entkopplung weiterhin deutlich über dem globalen Durchschnitt für Rohstoffkonsum bzw. Rohstoffeinsatz liegen.

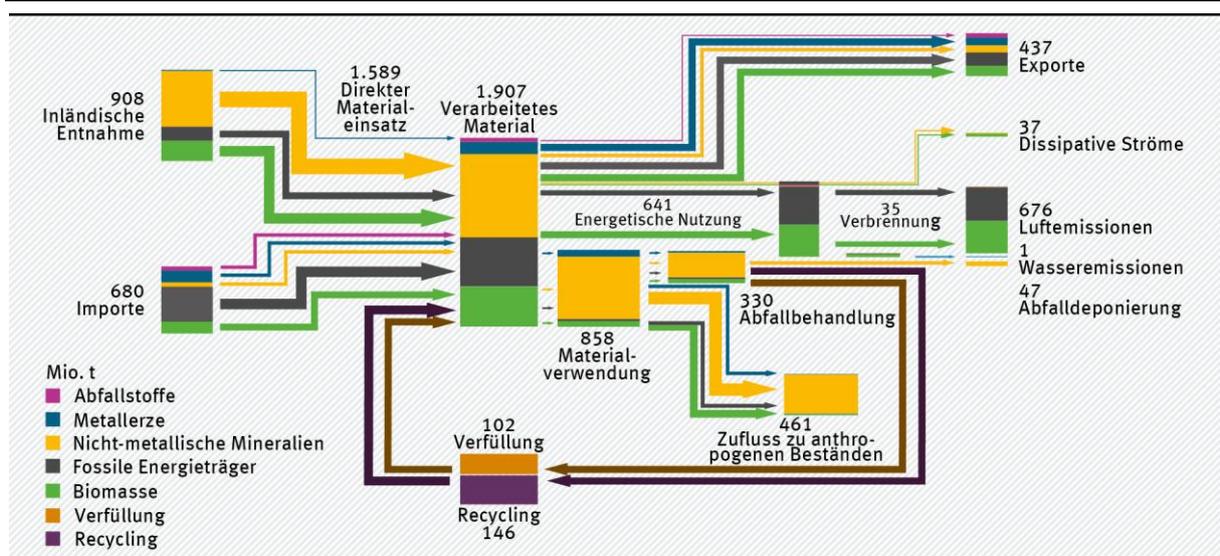
Weiterführende Informationen:

Online-tool für den Vergleich von Entkopplungstrends für verschiedene Umweltindikatoren (z. B. THG-Emissionen, Wassernutzung) und unterschiedliche Länder: <http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/module-2-scp-hotspots/>

(Module 2 Hotspots Identification → Sustainability trends)

3.3 Seiten 31 und 32: Sekundärrohstoffe in einer zirkulären Wirtschaft

Abbildung 14: Direkte Rohstoffflüsse durch die deutsche Wirtschaft nach Rohstoffgruppen, 2019



Daten wurden von Eurostat übernommen (Datenstand 2021).

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

In Deutschland betrug der Anteil von im Kreislauf geführten Materialien am gesamten verarbeiteten Material im Jahr 2019 12 %.

Geschlossene Stoffkreisläufe in Produktion und Konsum sind ein wichtiger Bestandteil von Strategien für Ressourcenschonung und Klimaschutz. Eine zirkuläre Wirtschaft zielt auf die Kreislaufführung und das Vermeiden bzw. Recycling von Abfällen ab, um den Bedarf an Primärrohstoffen zu senken.

In Deutschland betrug der Anteil von im Kreislauf geführten Materialien am gesamten verarbeiteten Material im Jahr 2019 12 %. Man spricht von der sog. „Substitutionsquote“.

Manche Materialien eignen sich jedoch nicht für eine Kreislaufführung: So werden fossile Rohstoffe zur Energiegewinnung verbrannt, nachwachsende Rohstoffe dienen als Nahrung oder Futtermittel. Etwa die Hälfte der stofflich genutzten Materialien fließt wiederum in das anthropogene Lager. Solche Materialien, die in Form von Bauwerken oder Konsumgütern längerfristig gebunden sind, sind nicht unmittelbar verwertbar und stehen erst nach sehr langer Zeit – am Ende des Lebenszyklus – wieder als Sekundärrohstoffe zur Verfügung

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Woraus besteht das anthropogene Lager in Deutschland?

Langlebige Güter und Infrastrukturen (Ressourcenbericht, S. 42/43).

- ▶ Wie könnten die Materialströme durch die deutsche Wirtschaft nachhaltiger gestaltet werden?

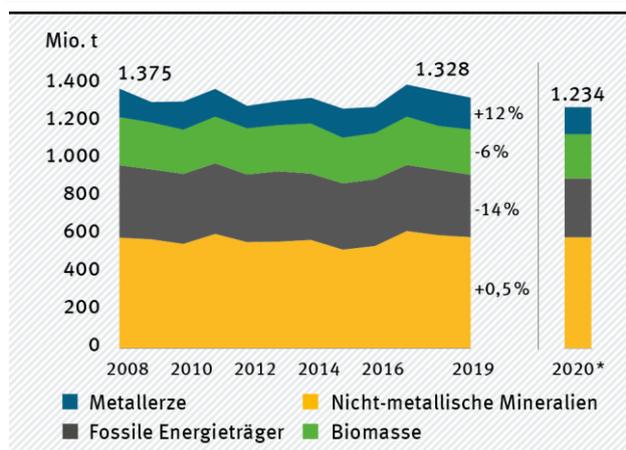
Reduktion der Flüsse in die anthropogenen Bestände, durch eine langlebige und wartungsunintensive Herstellung von Gebäuden und Infrastruktur sowie Gebrauchsgütern. Der Großteil der Flüsse in die anthropogenen Bestände stammen aus Recycling. Der Anteil der Materialien für energetische Nutzung (i.e. Verbrennung) wird reduziert; Auch Exporte basieren zu einem möglichst großen Anteil aus wiederverwendetem oder rezykliertem Material.

Weiterführende Informationen:

Auswirkungen einer Erhöhung der Recyclingraten von Kupfer, Eisen und Aluminium auf den Rohstoffkonsum Deutschlands: Ressourcenbericht, S. 89, Abb. 76.

3.4 Seiten 33 und 34: Rohstoffe für den Konsum

Abbildung 15: Entwicklung des Rohstoffkonsums (RMC) in Deutschland nach Rohstoffgruppen, 2008–2020



* Vorläufige Schätzung anhand der Veränderungen der direkten Materialflüsse auf der Basis von Eurostat, 2021.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Im Jahr 2019 betrug Deutschlands Rohstoffkonsum (RMC) 1.328 Mio. Tonnen oder 16,0 Tonnen pro Kopf.

Zwischen 2008 und 2019 hat sich der RMC mit -3 % nur wenig verändert.

Die Herstellung der in Deutschland konsumierten Güter benötigt große Mengen an Rohstoffen - im Jahr 2019 1.328 Mio. Tonnen oder 16,0 Tonnen pro Kopf. Diese werden an verschiedenen Stellen entlang nationaler wie internationaler Lieferketten entnommen.

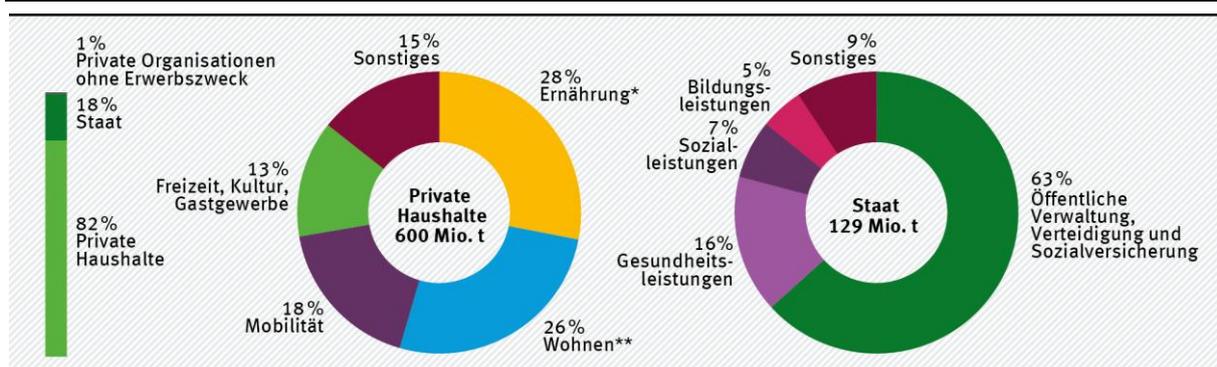
Die Konsumtrends der einzelnen Rohstoffgruppen verliefen durchwegs unterschiedlich. Besonders auffällig ist der starke Rückgang des Rohstoffkonsums bei fossilen Energieträgern seit 2008 (-14 %) durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien (Ressourcenbericht, S. 74/75). Auch der Rohstoffkonsum bei Biomasse sank um 6%. Im Unterschied dazu ist bei den Metallerzen ein Anstieg um 12% zu beobachten. Nicht-metallische Mineralien blieben nahezu unverändert.

Weiterführende Informationen:

Online-tool mit umfassenden Informationen und Visualisierungen zur Rohstoffnutzung weltweit und nach Ländern: <http://www.materialflows.net/>

3.5 Seiten 35 und 36: Zusammensetzung des Rohstoffkonsums

Abbildung 16: Rohstoffkonsum (RMC) nach Unterkategorien sowie Rohstoffkonsum privater Haushalte und des Staates nach Bedarfsfeldern, 2019



In der Statistik wird zusätzlich zu Investitionen und Konsum die Kategorie Vorratsveränderungen (23.000 t) bilanziert. Sie spielt jedoch eine vergleichsweise geringe Rolle.
 * Rohstoffe für Lebensmittel, die in der Gastronomie oder in staatlichen Einrichtungen wie Kantinen konsumiert werden, sind nicht enthalten.
 ** Der Bau von Gebäuden ist hier nicht inbegriffen, anders als die Gebäudeunterhaltung (Sanierungen), die Nutzung (insbesondere Wärme, Strom), die Einrichtung sowie Vermietungsdienstleistungen und Ähnlichem.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die Bedarfsfelder Ernährung, Wohnen und Mobilität verursachen etwa drei Viertel des Rohstoffkonsums durch private Haushalte.

Im öffentlichen Konsum spielen Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung und das Gesundheitswesen die wichtigste Rolle.

Der Rohstoffkonsum der Endnachfragekategorie „Konsum“ (daneben gibt es auch die Kategorien „Investitionen“ und „Vorratsveränderungen“) umfasst Ausgaben durch den Staat, private Haushalte und private Organisationen ohne Erwerbszweck (insgesamt 733.000 t im Jahr 2019). Private Haushalte haben mit etwa 82% den bei weitem größten Anteil innerhalb dieser Endnachfragekategorie.

In den privaten Haushalten wurden die meisten Rohstoffe in den Bereichen Ernährung (28 %), Wohnen (26 %) und Mobilität (18 %) konsumiert. Im öffentlichen Konsum spielen Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung (63 %) und das Gesundheitswesen (16 %) die wichtigste Rolle.

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Welche Rohstoffkategorien tragen am meisten zum Rohstoffkonsum in den drei größten Bereichen – Ernährung, Wohnen und Mobilität – bei? Wofür werden diese Rohstoffe in den jeweiligen Bedürfnisfeldern aufgewendet?

Ressourcenbericht, S. 49, Abb. 39; „Unerwartete“ Rohstoffgruppen (z.B. Metallerze bei Ernährung) spiegeln die Lieferketten wider, die in diesen Feldern zum Rohstoffkonsum beitragen.

- ▶ Welche Rohstoffgruppen tragen besonders zum Rohstoffkonsum in Deutschland bei? Lässt sich hier ein Zusammenhang mit den großen Konsumbereichen von Haushalten und Staat erkennen?

Ressourcenbericht, S. 48/49, Abb. 38 und Abb. 39

Weiterführende Informationen:

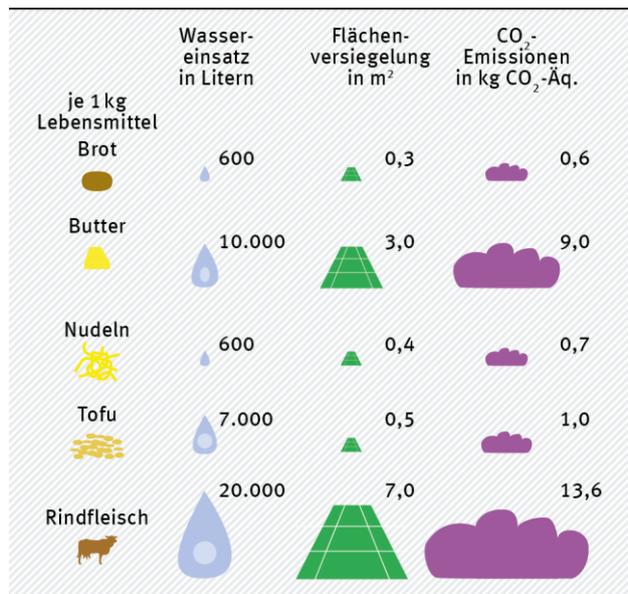
Darstellung des monatlichen Rohstoffkonsums pro Kopf in Deutschland nach Bedarfsweldern und Rohstoffgruppen: Ressourcenbericht S. 49, Abb. 39.

Rohstoffkonsum für Mobilität: Ressourcenbericht, S. 52/53.

4 Der Rohstoff-Nexus

4.1 Seiten 37 und 38: Ernährung und der Nexus zu Rohstoffen, Wasser, Land und Emissionen

Abbildung 17: Wassereinsatz, CO₂-Emissionen und Flächenversiegelung unterschiedlicher Lebensmittel (über den gesamten Lebenszyklus)



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die Nexus-Perspektive zeigt: der Ernährungsstil ist eine wichtige Stellschraube für den Ressourcen- und Klimaschutz.

Der Begriff „Nexus“ („Verknüpfung“ oder „Verbindung“) bezeichnet in umweltpolitischen Debatten die Wechselwirkungen zwischen Ressourcenkategorien, Wirtschaftssektoren oder verschiedenen Politikfeldern. Die Analyse des Nexus hat zum Ziel, Synergien zu finden und Nutzungskonflikte frühzeitig zu entschärfen. So sollten beispielsweise Klimaschutzmaßnahmen nicht zulasten der Ressourceneffizienz gehen und umgekehrt.

Am Beispiel des Bedarfsfeldes Ernährung zeigt sich, wie eng die Rohstoffnutzung mit der Nutzung anderer natürlicher Ressourcen zusammenhängt. Herstellung und Bereitstellung von Lebensmitteln benötigen große Mengen an nachwachsenden und nicht-nachwachsenden Rohstoffen. Aber auch Wasser und Fläche werden beansprucht sowie CO₂-Emissionen freigesetzt. Bestes Beispiel ist hier die Landwirtschaft, in der Ackerland benötigt wird, dass in vielen Fällen bewässert wird und bei dessen Bestellung beispielsweise von den landwirtschaftlichen Maschinen Emissionen verursacht werden.

Der absolute Bedarf an Ressourcen für die Ernährung, aber auch der Anteil von Importen stehen in engem Zusammenhang mit den Ernährungsgewohnheiten. Verschiedene Lebensmittel unterscheiden sich deutlich in ihrer Ressourcenintensität. Insbesondere tierische Lebensmittel benötigen oft einen höheren Ressourceneinsatz. Neben der Art der Lebensmittel spielen aber auch die Produktionsweise, die Verpackung und der Transport eine wichtige Rolle. Aus Sicht einer Nexus-Analyse bildet der Ernährungsstil eine wichtige Stellschraube für den Ressourcen- und Klimaschutz.

Fragen zur Diskussion:

- ▶ Was kennzeichnet das derzeitige weltweite Ernährungssystem? Wie hat es sich entwickelt? Welche Rolle spielt Urbanisierung dabei?

Beschreibung der Trends und Treiber des globalen Ernährungssystems:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-08-15_texte_85-2019_run-ap_1-3.pdf

Urbane Ernährungsstile sind weltweit geprägt durch einen ressourcenintensiveren pro Kopf Konsum an Lebensmitteln und gehen häufig mit ungesünderen Ernährungsstilen einher:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-08-15_texte_85-2019_run-ap_1-3.pdf

Weiterführende Informationen:

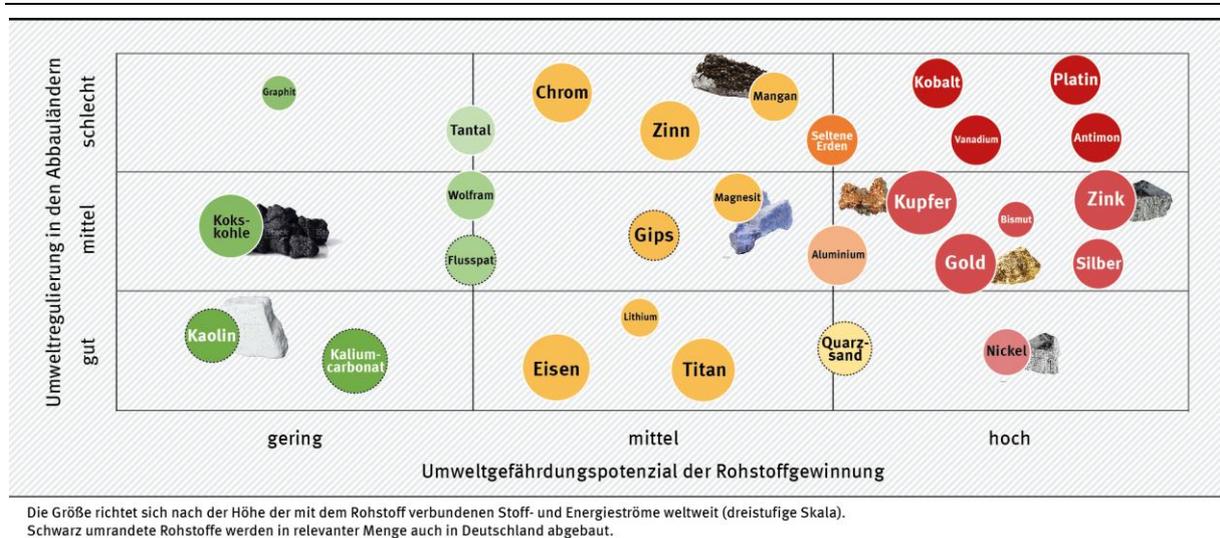
Studie zur globalen Umweltinanspruchnahme des Lebensmittelkonsums in Deutschland:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/uba_210121_kurzstudie_nahrung_barr.pdf

5 Auswirkungen der Rohstoffnutzung

5.1 Seiten 39 und 40: Umweltgefährdungspotenziale im Bergbau

Abbildung 18: Umweltgefährdungspotenzial (UGP) und Umweltregulierung in den Abbauländern, nach Rohstoffen



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Viele im Bergbau gewonnenen Rohstoffe, die nach Deutschland importiert werden, gehen mit Umweltwirkungen in den Abbauländern einher und stammen aus Ländern mit schwacher Regierungsführung.

Die Gewinnung von Rohstoffen im Bergbau geht unweigerlich mit Eingriffen in natürliche Systeme sowie häufig mit negativen ökologischen und sozialen Folgen einher.

Art und Ausmaß der Schäden hängen von vielen Faktoren ab. Dazu gehören die Art der gewonnenen Rohstoffe und der Lagerstätten, die Abbau- und Aufbereitungstechnologien, die lokalen Umweltbedingungen und nicht zuletzt die Wirksamkeit der Umweltregulierung vor Ort.

Zur Beurteilung der Umweltgefahren beim Abbau verschiedener Rohstoffe wurde das sogenannte „Umweltgefährdungspotenzial“ (UGP) ermittelt. Für die Bewertung werden unter anderem die Gefahr der Bildung von sauren Grubenwässern, der Freisetzung von Schwermetallen oder radioaktiven Stoffe sowie von Störfällen durch Naturereignisse berücksichtigt. Neben den ökologischen Auswirkungen wird zudem die Umweltregulierung vor Ort berücksichtigt.

Während Deutschland den Umweltrisiken beim Abbau heimischer Rohstoffe durch entsprechende nationale Vorschriften (wie z. B. das Bundesberggesetz) entgegenwirkt, kann es auf importierte Rohstoffe nur indirekten Einfluss ausüben.

Fragen zur Diskussion:

- Wie kann Deutschland dafür Sorge tragen, dass der hiesige Rohstoffkonsum nicht zu ökologischen und sozialen Problemen in den Abbauländern führt?

Ein politisches Instrument ist ein sog. „Lieferkettengesetz“. In Deutschland wurde das Lieferkettengesetz 2021 vom Bundestag verabschiedet und tritt ab 2023 in Kraft (→ s. Box, S. 57).

- Wofür werden Rohstoffe mit besonders hohem UGP verwendet? Wo sind große Lagerstätten dieser Rohstoffe? Wie sind die lokalen Abbaubedingungen?

Kritische Rohstoffe für Deutschland von DERA Rohstoffinformationen: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-49.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Weiterführende Informationen:

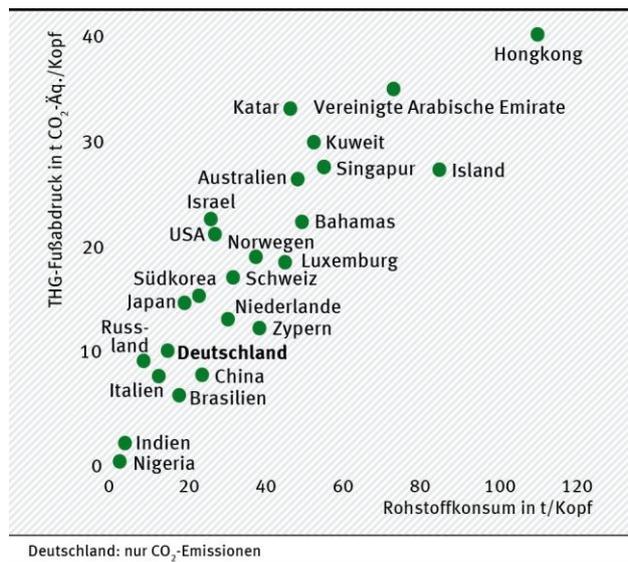
Kritische Rohstoffe für Deutschland von DERA Rohstoffinformationen: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-49.pdf?__blob=publicationFile&v=4

National Minerals Information Center der USA: biete Informationen zu mineralischen Rohstoffflüssen in der Wirtschaft und ökologischen Auswirkungen der Extraktion: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center>

„Environmental Justice Atlas“: Interaktive Karte, die Konflikte im Zusammenhang mit dem Zugang zu natürlichen Ressourcen auf der ganzen Welt zeigt: <https://ejatlas.org/>

5.2 Seiten 41 und 42: Rohstoffnutzung und Klimawandel

Abbildung 19: Treibhausgas-Fußabdruck und Rohstoffkonsum (RMC) pro Kopf in verschiedenen Ländern, 2017



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Rohstoffkonsum und Treibhausgasausstoß einzelner Länder zeigen einen quantitativen Zusammenhang. 40% aller THG-Emissionen in Deutschland stehen in Zusammenhang mit der Entnahme und der Verarbeitung von Rohstoffen.

Klimaschutz und eine Reduktion der Treibhausgasemissionen gehen somit Hand in Hand.

Mit zunehmendem Wohlstand sind weltweit sowohl die Rohstoffentnahme als auch der Ausstoß von Treibhausgasen stark angestiegen – auf neue globale Höchstwerte. Rohstoffkonsum und

Treibhausgasausstoß der Länder sind dabei häufig proportional zueinander. Nicht zuletzt da der Ausstoß von Emission oft in einem direkten Zusammenhang mit der Entnahme und Verarbeitung von Rohstoffen steht.

Indien etwa, ein Land mit einem Primärrohstoffkonsum von nur rund 5 Tonnen pro Kopf und Jahr, emittiert weniger als 3 Tonnen CO₂-Äquivalente jährlich pro Kopf. Die Menschen in den Vereinigten Arabischen Emiraten hingegen konsumieren durchschnittlich rund 76 Tonnen Rohstoffe und emittieren 37 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Ein zentraler Faktor für den Zusammenhang zwischen Rohstoffkonsum und Treibhausgasemissionen ist die Art und Weise, wie Energie gewonnen wird. Noch dominieren weltweit die fossilen Energieträger. In Deutschland verliefen die Trends bei Rohstoffkonsum und Treibhausgasemissionen u.a. aufgrund der Energiewende in den letzten Jahren unterschiedlich (→ S. Abb. 49, S. 59).

Weiterführende Informationen:

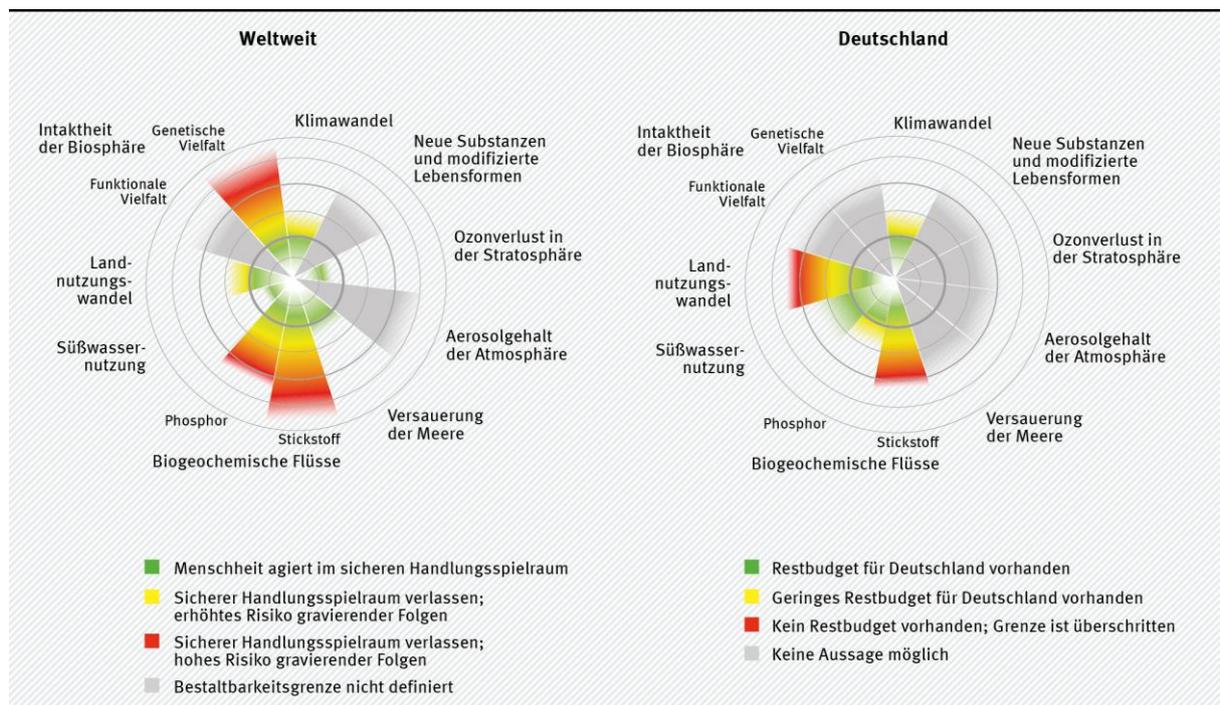
Artikel zum Zusammenhang Kreislaufwirtschaft und THG-Emissionen mit empirischen Daten und Visualisierungen: <http://www.materialflows.net/circular-economy-the-nexus-to-ghg-emissions/> (basierend auf Daten zur Rohstoffnutzung des UN IRP)

Bericht des UN International Resource Panel (UN IRP) zum Beitrag von Rohstoffeffizienz zu Strategien zur Minderung von THG-Emissionen: [Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future](https://www.resourcepanel.org/publications/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-for-a-low-carbon-future) (resourcepanel.org)

Wiesen, K., J. Teubler, M. Saurat, P. Suski, S. Samadi, S. Kiefer, and O. Soukup, 2017: Analyse des Rohstoffaufwandes der Energieinfrastruktur in Deutschland. Sachverständigengutachten des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Im Auftrag des Umweltbundesamts

5.3 Seiten 43 und 44: Rohstoffnutzung innerhalb planetarer Grenzen

Abbildung 20: Das Konzept der planetaren Grenzen weltweit und für Deutschland



Die globale Ebene wurde nach dem Gleichheitsprinzip für Deutschland disaggregiert, wonach Grenzwerte auf alle lebenden Menschen gleich verteilt werden. Alternativ kann eine Verteilung u. a. nach dem Prinzip der historischen Verantwortung erfolgen: Länder, die bereits in der Vergangenheit natürliche Ressourcen stärker in Anspruch genommen und den Planeten „verschmutzt“ haben, erhalten demnach weniger Verschmutzungsrechte. Möglich ist auch eine Verteilung nach dem Recht auf Entwicklung und nach dem Souveränitätsprinzip. Je nach Prinzip der Disaggregation variieren die bereits überschrittenen Grenzen und Restbudgets für Deutschland.

Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022, adaptiert von Steffen et al. 2015

- In Deutschland wurden zwei der Belastungsgrenzen bereits überschritten: Landnutzungswandel und Stickstoffkreisläufe.**
- Mit der Schonung von Rohstoffen und dem Aufbau einer zirkulären Wirtschaft lässt sich das Überschreiten der Belastungsgrenzen verhindern.**

Das Konzept der planetaren Grenzen definiert sichere Handlungsspielräume, in denen nachhaltiges Leben möglich ist. Es legt für neun ökologische Dimensionen Belastungsgrenzen bzw. Kippunkte fest. Werden diese überschritten, können sich die Widerstands- und Funktionsfähigkeit des Erdsystems irreversibel ändern. Damit droht eine grundlegende Einschränkung der menschlichen Lebensgrundlagen. Die meisten der neun definierten planetaren Grenzen sind direkt oder indirekt mit der Rohstoffnutzung verbunden.

Die Rohstoffnutzung steht in direkter und indirekter Verbindung mit den Dimensionen der planetaren Grenzen. Zur Extraktion, Aufbereitung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung von Rohstoffen bzw. daraus hergestellten Gütern braucht man unter anderem Wasser, Landflächen und Energie. Dadurch kommt es wiederum zur Emission von Treibhausgasen und zur Veränderung von Stickstoff- oder Phosphorkreisläufen.

Auf globaler Ebene sind bei zwei Dimensionen diese Grenzwerte überschritten: bei den globalen Stickstoffkreisläufen und dem Verlust der genetischen Vielfalt. Die im Konzept definierten Grenzwerte der Dimensionen Klimawandel und Landnutzungswandel sind zwar noch nicht überschritten – der sichere Handlungsspielraum wurde aber bereits verlassen, womit das Risiko einer Überschreitung stark steigt.

In Deutschland sind derzeit ebenfalls bei zwei Dimensionen die Grenzwerte bereits überschritten: bei den Stickstoffkreisläufen und beim Landnutzungswandel.

Mit der Schonung von Rohstoffen und dem Aufbau einer zirkulären Kreislaufwirtschaft lässt sich das Überschreiten der globalen Belastungsgrenzen verhindern. So kann z. B. die Nutzung von Sekundärrohstoffen erheblich dazu beitragen, die Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere Basismetalle

Weiterführende Informationen:

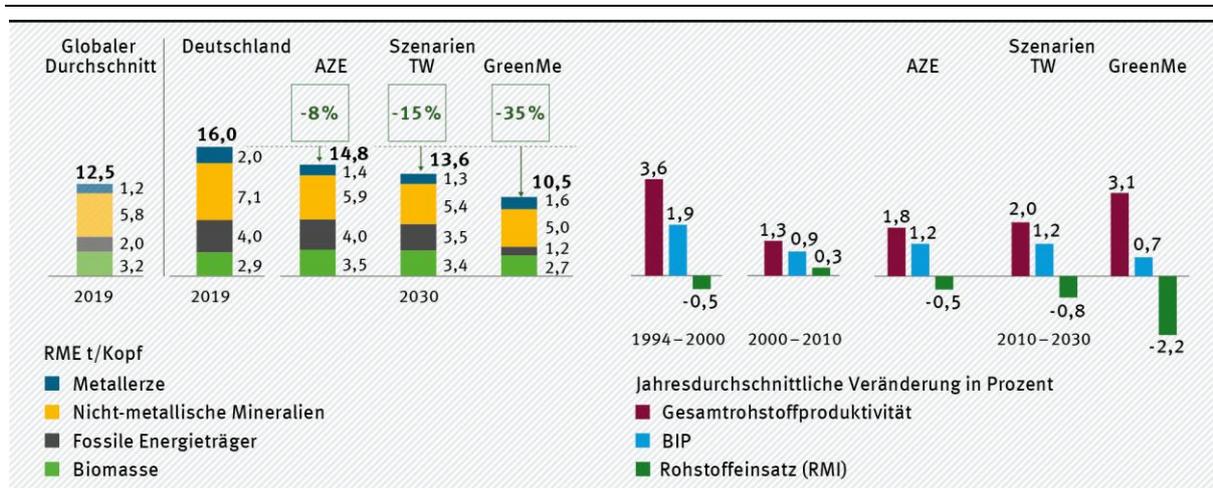
Website Stockholm Resilience Centre zu den planetaren Grenzen:

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/the-nine-planetary-boundaries.html>

6 Zukünftige Rohstoffnutzung

6.1 Seiten 45 und 46: Rohstoffkonsum der Zukunft

Abbildung 21: Deutschlands Rohstoffkonsum (RMC) pro Kopf, 2019 und 2030 sowie jahresdurchschnittliche Veränderung der Gesamtrohstoffproduktivität in unterschiedlichen Szenarien



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Die Rohstoffnutzung der Zukunft kann mit einer ambitionierten Rohstoff- und Klimapolitik stark reduziert werden.

Bis zum Jahr 2030 ist in Deutschland eine Reduktion um mehr als ein Drittel gegenüber 2019 möglich.

Mit einem Rohstoffkonsum von 16 Tonnen pro Kopf lag Deutschland im Jahr 2019 deutlich über dem globalen Durchschnitt von 12,5 Tonnen pro Kopf.

Dringend erforderlich wäre ein Rückgang des Rohstoffkonsums auf ein nachhaltigeres und global gerechteres Niveau, auch angesichts der Pariser Klimaziele. Denn der Umgang mit natürlichen Rohstoffen hat maßgeblichen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen.

Für die zukünftige Rohstoffnutzung in Deutschland gibt es verschiedene Szenarien, die aber keine exakten Prognosen oder Vorhersagen der Zukunft darstellen. Mit Szenarien untersucht die Wissenschaft vielmehr mögliche Entwicklungen sowie Methoden der frühzeitigen Einflussnahme.

Laut diesen Szenarien kann der Rohstoffkonsum in Deutschland in den kommenden Jahrzehnten sinken: zum einen, weil mittelfristig die Bevölkerungsgröße zurückgeht, zum anderen durch Energiewende und technologischen Fortschritt. Drei unterschiedliche Szenarien (AZE, TW, GreenMe) dienen als Beispiele für die Folgen einer mehr oder weniger ehrgeizigen Rohstoffpolitik. Das Szenario „GreenME“ zeigt: Bis zum Jahr 2030 ist in Deutschland eine Reduktion um mehr als ein Drittel gegenüber 2019 möglich.

6.2 Seiten 47 und 48: Zukünftige Rohstoffnutzung und Klimaschutz

Abbildung 22: Minderung der Treibhausgasemissionen und des Rohstoffkonsums (RMC) in Deutschland gegenüber 1990 bzw. 2010 unter verschiedenen Szenarien



Quelle: UBA Ressourcenbericht 2022

Ambitionierter Klimaschutz und eine effiziente Nutzung von Rohstoffen befördern sich gegenseitig.

Minderungen der Treibhausgasemissionen um 96% und des Rohstoffkonsums um 70% sind langfristig bis zum Jahr 2050 möglich.

Um den Klimawandel zu begrenzen, muss die Menschheit den Ausstoß von Treibhausgasemissionen konsequent, drastisch und zügig reduzieren. Dies betrifft auch die Rohstoffnutzung: Beispielsweise muss die Verbrennung von fossilen Rohstoffen vollständig aufhören. Statt fossiler Rohstoffe benötigen klimaschonende Zukunftstechnologien wie Windkraft- oder Photovoltaikanlagen, aber auch Speicher, jedoch andere Ressourcen. Gleichzeitig trägt eine effiziente Nutzung von Rohstoffen dazu bei, die Treibhausgasemissionen zu senken.

Diese Zusammenhänge wurden für Deutschland in den Forschungsvorhaben „RESCUE“ (Purr et al. 2019) und „DeteRess“ (Dittrich et al. 2018) anhand von sechs unterschiedlich ehrgeizigen Transformationspfaden detailliert untersucht.

Mit einer zügigen Transformation, wie im Szenario GreenSupreme beschrieben, lassen sich sowohl die Treibhausgasemissionen als auch der Rohstoffkonsum bereits bis 2030 signifikant

mindern. So sinken im Szenario GreenSupreme die Treibhausgasemissionen um 70 % gegenüber 1990 und der Rohstoffkonsum um 44 % gegenüber 2010. Langfristig bis zum Jahr 2050 sind Minderungen der Treibhausgasemissionen um 96 % und des Rohstoffkonsums um 70 % möglich. Ambitionierter Klimaschutz und eine effiziente Nutzung von Rohstoffen befördern sich also gegenseitig.

Weiterführende Informationen:

Die Broschüre „Wie wir leben“ des Umweltbundesamtes Deutschland zeigt, wie ein Leben in einer treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Gesellschaft im Jahr 2050 aussehen könnte: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wie-wir-leben#:~:text=Die%20Brosch%C3%BCre%20zeigt%2C%20wie%20ein,und%20ressourcenschonenden%20Gesellschaft%20aussehen%20k%C3%B6nnte>

7 Quellenverzeichnis

BMU (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz natürlicher Ressourcen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin.

BMU (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin.

BMU (2020): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III. 2020-2023. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Berlin.

Dittrich, Monika; Kämper, Claudia; Ludmann, Sabrina; Ewers, Birte; Giegrich, Jürgen; Sartorius, Christian et al. (2018): Strukturelle und produktionstechnische Determinanten der Ressourceneffizienz: Untersuchung von Pfadabhängigkeiten, strukturellen Effekten und technischen Potenzialen auf die zukünftige Entwicklung der Rohstoffproduktivität (DeteRess). Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (TEXTE, 29/2018). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-04-11_texte_29-2018_deteress.pdf.

Hoekstra, A. Y. (2011): The global dimension of water governance. The Global Dimension of Water Governance: Why the River Basin Approach Is No Longer Sufficient and Why Cooperative Action at Global Level Is Needed. In: Water 3, S. 21–46. DOI: 10.3390/w3010021.

Lutter, Stephan; Kreimel, Julia; Giljum, Stefan; Dittrich, Monika; Limberger, Sonja; Ewers, Birte; Schoer, Karl (2022): Ressourcennutzung in Deutschland – Weiterentwicklung der Datengrundlagen des deutschen Ressourcenberichts. Forschungsbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Purr, K.; Günther, J.; Lehmann, H.; Nuss, p. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie. Hg. v. UBA. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 36/2019). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet_auflage2_juni-2021.pdf.

UBA (2016): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2016. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuess16_bericht_de_we_b_f.pdf.

UBA (2018): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2018. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuess18_de_bericht_we_b_f.pdf.

UBA (2022): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Ressourcenbericht für Deutschland 2022. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fb_die_nutzung_natuerliche_r_ressourcen_2022_0.pdf.

World Bank (2021): Water in Agriculture. Online verfügbar unter <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>, zuletzt geprüft am 08.10.2021.