



**Metallverbrauch
senken**

**Praktische
Vorschläge zur
Gestaltung der
Rohstoffwende**

PowerShift

KLIMA · SOZIAL · GERECHT

**Metallverbrauch senken:
Praktische Vorschläge zur Gestaltung der
Rohstoffwende**

Inhalt

Glossar	6
Einleitung	7
Aktuelle und zukünftige Nutzung der untersuchten Basismetalle	9
Eisen & Stahl	10
Aluminium	12
Kupfer	13
Nickel	14
Reduktionspotentiale	16
Reduktionspotentiale im Verkehrssektor	16
Reduktionspotentiale im Bausektor	18
Potentiale im Metallrecycling	21
Erhöhung des Recyclings neuer Technologien	22
Reduktionspotentiale durch Steigerung der Nutzungsdauer von Gütern	22
Weitere Einsparmöglichkeiten	22
Politische Maßnahmen	24
Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)	24
Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)	26
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)	28
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)	29
Bundesministerium für Gesundheit (BMG)	30
Politisches Handeln, jetzt!	30
Bildnachweise und Quellen	31
Endnoten	32
Impressum	37

Glossar

BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
CRMA	Critical Raw Materials Act (Gesetz zu Kritischen Rohstoffen der EU)
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
DMC	Domestic Material Consumption (Inländischer Materialkonsum)
EFH	Einfamilienhäuser
IEA	International Energy Agency
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
JRC	Joint Research Centre der Europäischen Kommission
MFH	Mehrfamilienhäuser
NKWS	Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie
NZL	Neuzulassungen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
RMC	Raw Material Consumption (Materialfußabdruck des inländischen Konsums)
RME	Raw Material Equivalents (Rohstoffäquivalente)
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	UN Environment Programme (Umweltprogramm der Vereinten Nationen)
WKA	Windkraftanlagen

Einleitung



Proteste nach dem Dambruch der Eisenerzmine bei Brumadinho in Brasilien, bei dem 2019 272 Menschen starben.

Foto: Rodrigo S Coelho, Shutterstock

In den letzten Jahren standen in Deutschland immer wieder Produktionsbänder still. Wiederholt rissen Lieferketten aufgrund von Kriegen, Pandemien oder Überschwemmungen. Nach Jahrzehnten der sicheren Versorgung mit Rohstoffen und Vorprodukten wurden nun die Abhängigkeiten von einzelnen Lieferanten sichtbar. Durch geopolitische Macht- und Produktionsverschiebungen, die Zunahme an Klimaereignissen, aber auch Engpässe bei der Versorgung mit Metallen, kann es in Zukunft zu fragileren Lieferketten und weiteren Produktionsstopps kommen. Sowohl Deutschland als auch die EU reagieren mit unterschiedlichen Maßnahmen, um die Versorgungssicherheit für die jeweilige Industrie aufrecht zu erhalten. Alle Maßnahmen eint, dass sie den Rohstofffluss nach Deutschland und Europa sichern wollen, die global ungerechten und ökologisch desaströsen Verbräuche dabei aber weitgehend außer Acht gelassen werden.

Dennoch verkündete EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen in ihrer Rede zur Lage der EU im September 2022, dass der Zugang zu Rohstoffen entscheidend sei „für den Erfolg unserer Transformation hin zu einer nachhaltigen und digitalen Wirtschaft“.¹ In der Rede versprach sie eine gesetzliche Regelung, um die Rohstoffversorgung zu sichern. Die politische Einigung zwischen EU-Kommission, EU-Parlament und Mitgliedsstaaten erfolgte nur gut ein Jahr später – im Dezember 2023 wurde das Gesetz zu Kritischen

Rohstoffen – der *Critical Raw Materials Act* (CRMA) – vom Parlament bestätigt. Der verantwortliche EU-Binnenmarktkommissar Thierry Breton jubelte: „Das Tempo der Verhandlungen und das Ausmaß der Ambitionen zeigen, dass Rohstoffe für die wirtschaftliche Sicherheit und Widerstandsfähigkeit Europas unerlässlich geworden sind. [...] Mit diesem neuen Gesetz erhöhen wir unsere Kapazitäten für die Gewinnung, Verarbeitung, Veredelung und das Recycling von Rohstoffen in Europa unter Einhaltung der höchsten Umwelt- und Sozialstandards.“²

Zur gleichen Zeit kommt es in den rohstoffreichen Regionen zu Protesten gegen den Abbau und die Zerstörung von Umwelt und Lebensgrundlagen. Viele Demonstrant*innen riskieren dabei ihr Leben.³ Immer wieder stehen deutsche Unternehmen im Zusammenhang mit Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörungen im internationalen Bergbau: Erst im Januar 2024 zeigte Climate Rights International die ökologischen und sozialen Auswirkungen des Nickelbergbaus in Indonesien auf (mit Bezug zu Volkswagen)⁴ und im November 2023 berichteten NDR, WDR und SZ über Arbeitsrechtsverletzungen und Arsenvergiftungen beim Kobaltabbau in Marokko (mit Bezug zu BMW)⁵. Das fatale Bersten des Rückhaltebeckens der Eisenerzmine bei Brumadinho in Brasilien, das 272 Menschen das Leben kostete und mit erheblichen Umweltschäden einherging, jährte

sich am 25. Januar 2024 zum fünften Mal (mit Bezug zum TÜV Süd).⁶ Menschenrechtsverletzungen bei der Bauxit-Gewinnung in Guinea werden seit 2019 immer wieder von FIAN oder PowerShift angeprangert (mit Bezug zu deutschen Automobilherstellern und der Bank ING-DiBa).⁷ Im Jahr 2016 dokumentierte Amnesty International in einer Studie Kinderarbeit und Arbeitsrechtsverletzungen im Kobaltsektor der DR Kongo (mit Bezug zu diversen deutschen Automobilherstellern) und im August 2012 wurden in Südafrika 34 streikende Bergarbeiter erschossen, die unter lebensgefährlichen Bedingungen und schlechter Entlohnung Platin abbauten (mit Bezug zu BASF).⁸

Grund für die sozialen Protesten sind neben schlechten Arbeitsbedingungen, mangelnder Entschädigung und gewaltsamem Vorgehen gegen Widerstand und Streiks, oftmals auch ökologische Risiken des Bergbaus und der Weiterverarbeitung – darunter die hohen CO₂-Emissionen durch die Verarbeitung von Primärmetallen⁹, die Abholzung von Wäldern¹⁰, der Verbrauch von Trinkwasser¹¹ oder die Umweltzerstörung durch das Brechen von Rückhaltedämmen. Ein Team internationaler Wissenschaftler kommt zu der Erkenntnis, dass „Peak Mining“, also der Zeitpunkt, an dem die größte Menge an Erzen abgebaut wird, spätestens im Jahr 2030 erreicht werden muss, um die Klimaziele einzuhalten.¹² Dieser Notwendigkeiten zum Trotz, gehen zahlreiche Studien von einer Erhöhung zukünftiger Metallbedarfe aus. Gerade sogenannte Zukunftstechnologien für die Digitalisierung und Dekarbonisierung könnten immense Mengen an Metallen benötigen.¹³ Dieses Wachstum in einigen Sektoren, gepaart mit zum Teil sinkendem Erzgehalt im Gestein, führt dazu, dass es erste Warnungen vor möglichen Engpässen und Knappheiten (zum Beispiel bei Kupfer) gibt.¹⁴

Die Abkehr von fossilen Energieträgern sowie der globale Ausbau von erneuerbaren Energien sind unumgänglich. Gleichzeitig werden unsere Gesellschaften auch in Zukunft metallische Rohstoffe benötigen. Daraus folgt die Notwendigkeit einer tieferegreifenden Analyse der Verbräuche von metallischen Rohstoffen, durch die sich potentielle Bereiche identifizieren lassen, in denen eine Reduktion des Metallverbrauchs möglich ist. In Zusammenarbeit mit dem ifeu Institut ist daher eine Studie entstanden, die Reduktionspotentiale in der Nutzung verschiedener Metalle betrachtet und die Grundlage für diese Veröffentlichung bildet.¹⁵ Im Zentrum der Untersuchung stehen Kupfer, Aluminium, Eisen sowie Nickel, da 94 Prozent des gesamten metallischen Rohstoffkonsums Deutschlands auf diese Basismetalle entfallen.¹⁶ Kupfer, Aluminium und Nickel

werden von der EU als Kritische und zusätzlich als Strategische Rohstoffe eingestuft.¹⁷ Mit dieser Einstufung als Kritisch und Strategisch geht einher, dass es künftig eine besondere politische Unterstützung für Projekte zur Gewinnung dieser Rohstoffe geben wird. Dazu zählen beschleunigte Genehmigungsverfahren und unter Umständen finanzielle Unterstützung für Bergbauprojekte.

Im März 2024 präsentierte das International Resource Panel des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) seinen Global Resources Outlook für 2024. In diesem wird aufgezeigt, dass sich der Ressourcenverbrauch seit 1970 verdreifacht hat und bis 2060 um weitere 60 Prozent steigen könnte. Das UNEP International Resource Panel fordert daher politische Entscheidungsträger*innen zu stärkeren Bestrebungen in Richtung Rohstoffeffizienz und Verbrauchsreduktion auf.¹⁸

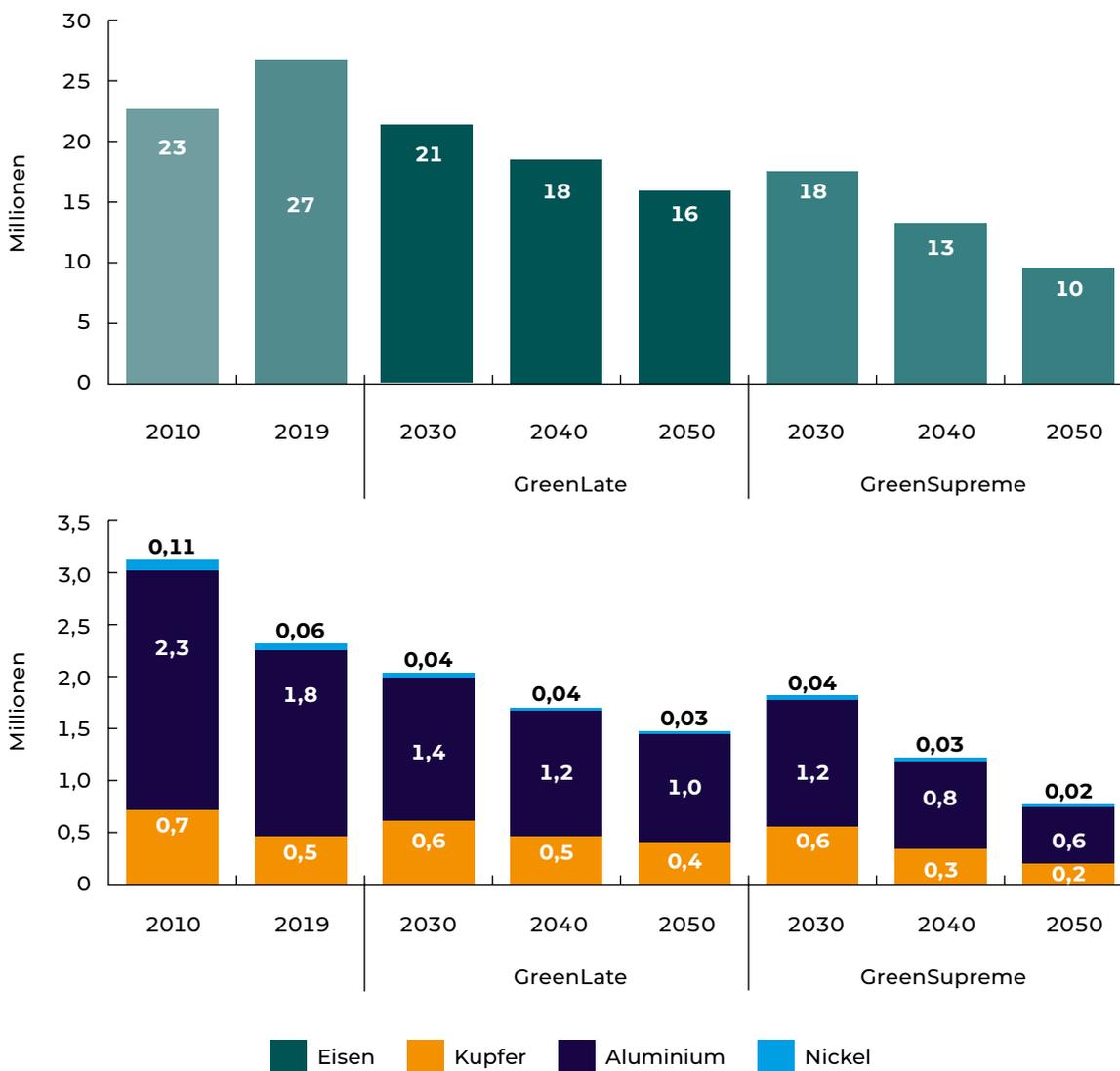
In der zugrundeliegenden Studie wurden insbesondere Maßnahmen betrachtet, die im Rahmen eines realpolitischen Umsetzungsbereiches liegen. Selbst diese Debatten um „sanfte Maßnahmen“ zur Reduktion stecken allerdings noch in den Kinderschuhen. Dass Handlungsbedarf besteht, wird jedoch auch von Seiten der EU und der deutschen Bundesregierung eingestanden: So hat das EU-Parlament zuletzt im Jahr 2021 die EU-Kommission zur Berechnung von Rohstoffreduktionspotentialen aufgefordert¹⁹, die Ampel-Koalition hat das Ziel der Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs 2021 in den deutschen Koalitionsvertrag aufgenommenⁱ und selbst der äußerst industriefreundliche CRMA erkennt die Notwendigkeit der „Moderation der Nachfrage“ an²⁰.

Mit dem Ziel, politische Maßnahmen für einen zukunftsfähigen Umgang mit metallischen Rohstoffen anzuregen und die Forschungs- und Datengrundlage zu verbessern, ist die vorliegende Veröffentlichung entstanden. Noch können die Veränderungen für eine Rohstoffwende geplant – „by design“ – eingeführt werden, und nicht als Reaktion auf eine unmittlere Handlungsnotwendigkeit „by disaster“.²¹ Die Umsetzung von Reduktionsmaßnahmen hat dabei sowohl im Kontext globaler und sozialer Gerechtigkeit, Umwelt- und Klimaschutz als auch im Hinblick der zukünftigen Versorgung von Deutschland und der EU eine erhebliche Dringlichkeit.

ⁱ „Wir haben das Ziel der Senkung des primären Rohstoffverbrauchs und geschlossener Stoffkreisläufe.“ (SPD et al., 2021, S. 33)

Aktuelle und zukünftige Nutzung der untersuchten Basismetalle

Abbildung 1 – Primärmetallkonsum (letzte inländische Verwendung) von Eisen (oben), Kupfer, Aluminium und Nickel (unten) in Deutschland gemäß den RESCUE-Szenarien in Mio. Tonnen Metallgehalt Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



Obwohl der Abbau metallischer Rohstoffe in Deutschland eine lange Geschichte hat, wird heute kaum noch Bergbau betrieben. Nahezu alle der hier verarbeiteten Erze müssen importiert werden. Im Jahr 2022 wurden 79,2 Mio. Tonnen Metalle im Wert von 104,2 Mrd. Euro importiert, davon nur 7,9 Mio. Tonnen Recyclingrohstoffe.²² Deutlich mehr als 60 Prozent davon kamen von außerhalb der EU.²³ Jedoch nur gut ein Fünftel der importierten Metalle wird für den inländischen Konsum genutzt. Stattdessen wird der Großteil weiterverarbeitet und exportiert. Diese Art von Metalldurchlauf findet sich zum Beispiel in einigen relevanten konsumbezogenen Indikatoren zur Messung von Materialflüssen, wie

dem RMC bzw. DMC,ⁱⁱ nicht wieder. Dabei ist der Verbrauch von Metallen in Deutschland in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen. Insgesamt wurden 2019 rund 168 Mio. Tonnen metallische Primärrohstoffe konsumiert.²⁴

Nur gut die Hälfte der Endnachfrage von Metallen fällt in Privathaushalten an (54 Prozent). Die andere Hälfte besteht aus Investitionen in Infrastrukturen, Gebäude und staatlichen

ⁱⁱ RMC (Raw Material Consumption): Bemisst den Materialfußabdruck des inländischen Konsums, inklusive der Rohstoffe, die bei der Erzeugung von Waren zum Einsatz kommen.

DMC (Domestic Material Consumption): Bemisst nicht die indirekten Rohstoffflüsse entlang der Wertschöpfungsketten, sondern lediglich den inländischen Materialkonsum.



Auch ohne bedeutenden Eisenerzabbau ist Deutschland der größte Stahlhersteller der EU.

Foto: maki_shmaki, iStock

10

Ausgaben. Dabei werden in allen Bedürfnisfeldern des Konsums der privaten Haushalte Metalle genutzt – insgesamt etwa 76 Mio. Tonnen Rohstoffäquivalente (RME).ⁱⁱⁱ Ein Drittel davon entfällt in Deutschland auf den Bereich der Mobilität der privaten Haushalte. Weitere 19 Mio. Tonnen RME werden jährlich dem Wohnungssektor zugeführt, was einem Viertel des gesamten Metallbedarfs des Konsums der privaten Haushalte entspricht. Auf diese beiden Sektoren entfällt also über die Hälfte aller Metalle, die in Deutschland von Privathaushalten genutzt werden.

Trotz aller ökologischen und sozialen Risiken beim Abbau und der Weiterverarbeitung metallischer Rohstoffe, wird die Menschheit weiterhin auf sie angewiesen sein. Da es politische, technologische und physikalische Grenzen bei ihrer Kreislaufführung gibt, kann zukünftig nicht komplett auf Bergbau verzichtet werden. Doch die Höhe der künftigen Bedarfe ist eine stark politisierte Frage. Fast alle der häufig zitierten Studien – von International Energy Agency (IEA), Weltbank, Fraunhofer Institut, Umweltbundesamt (UBA) und der Universität Leuven für den europäischen Bergbauverband Eurometaux – betrachten ausschließlich Mehrbedarfe in Zukunfts- oder Dekarbonisierungstechnologien. Reduktionspotentiale, die außerhalb dieser Szenarien liegen, werden selten untersucht. Insbesondere für Zukunftstechnologien, die heute noch wenig verbreitet

ⁱⁱⁱ Für die Berechnung des Rohstoffkonsums (RMC) werden die gehandelten Güter in Rohstoffäquivalente (RME: Raw Material Equivalents) umgerechnet.

sind, werden dementsprechend Mehrbedarf erwartet. In diesen Szenarien spielen Eisen (bzw. Stahl), Kupfer, Aluminium und Nickel eine wichtige Rolle zur Erreichung der Treibhausgasneutralität. Von den genannten Studien berechnet einzig die RESCUE-Studie des UBA²⁵ Reduktionspotentiale von metallischen Rohstoffen und kommt zu dem Schluss, dass die Bedarfe von Eisen, Kupfer, Aluminium und Nickel in verschiedenen Szenarien hin zu einer ressourcenschonenden Treibhausgasneutralität in Deutschland bis 2050 sinken (müssen) (Abb. 1).

Eisen & Stahl

Der deutsche Konsum von Eisen lag 2019 bei knapp 50 Mio. Tonnen RME. Eisen- und Stahlprodukte finden sich vor allem in Infrastrukturen für den Bau von Häusern, Brücken und Schienen sowie in Fahrzeugen, Zügen und Schiffen wieder. In Deutschland landet ein vergleichsweise hoher Anteil in der Automobilindustrie (Abb. 2). Deutschland ist der größte Stahlhersteller der EU und weltweit auf Rang acht. Die Menge des in Deutschland gewonnen Eisenerzes beläuft sich jedoch nur auf 0,5 Mio. Tonnen pro Jahr.²⁶ Entsprechend ist Deutschland stark auf Eisenimporte angewiesen, deren Höhe 2019 bei ca. 170 Mio. Tonnen RME lag. Gemäß den derzeitigen Stahlschrottmengen, die in Deutschland zur Rohstahlherstellung eingesetzt werden, wird eine Recycling-Input-Rate von 45,8 Prozent erzielt. Für die EU liegt die Rate mit 56 Prozent sogar noch höher.²⁷

Abbildung 2 – Verwendung von Stahl in Deutschland und der EU in 2020

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024

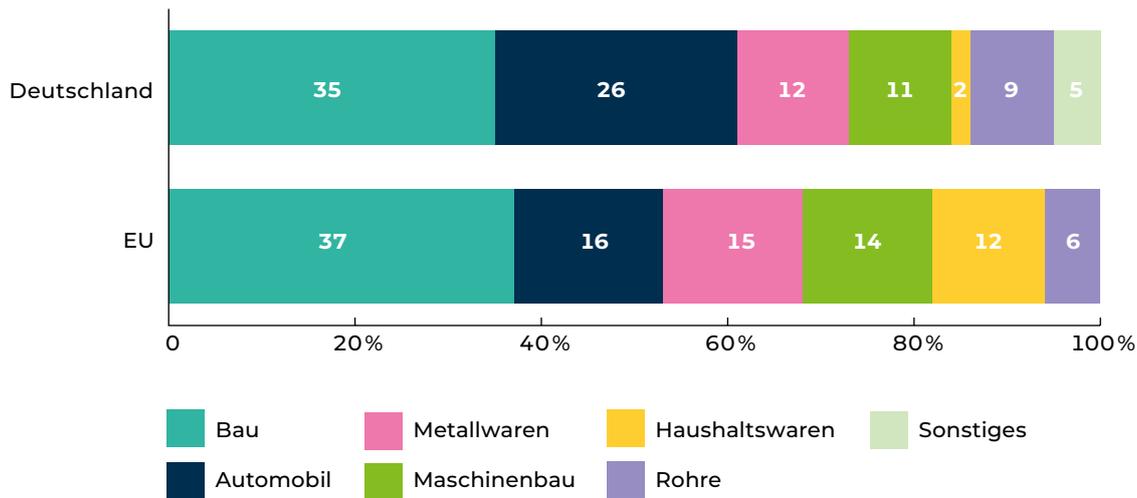
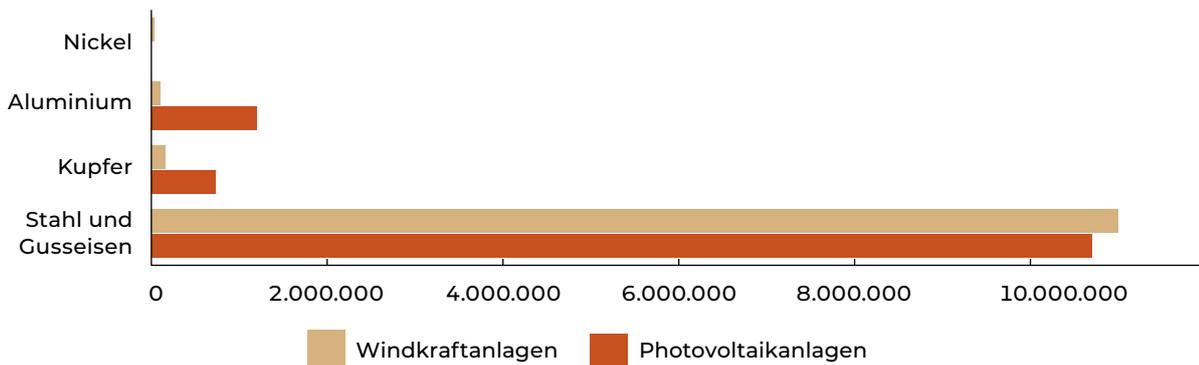


Abbildung 3 – Kumulativer Rohstoffbedarf für den benötigten Nettozubau von 82 GW Kapazitäten durch Windkraft und 161 GW Kapazitäten durch Solarenergie in Deutschland bis 2030, in Tonnen

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: DERA, 2022



11

Zukünftige Nutzung von Eisen und Stahl

Dem World Economic Forum zufolge wird bis 2050 ein Anstieg der weltweiten Stahlnachfrage um 30 Prozent erwartet.²⁸ In einer Studie für die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) hat das Fraunhofer Institut künftige Bedarfsveränderungen für ausgewählte Zukunftstechnologien^{iv} bis 2040 auf globaler Ebene untersucht: Einer ambitionierten nachhaltigen Entwicklung folgend, sind demnach vor allem Windkraftanlagen (WKA) für eine ansteigende Nachfrage nach Eisen und Stahl von Bedeutung.²⁹ Im Jahr 2020 machte der globale Ausbau der WKA allerdings nur 0,6 Prozent der globalen Stahlnachfrage und 1,6 Prozent der globalen Gusseisen-Nachfrage aus.³⁰ Die DERA geht von einem Stahlanteil von 30 bis

35 Prozent in WKA aus, wodurch bis 2040 ein Mehrbedarf von etwa 18,7 Mio. Tonnen Stahl und drei Mio. Tonnen Eisen allein für WKA entstehen könnte.³¹ Um den deutschen Strombedarf zu großen Teilen aus Solar- und Windenergie zu decken, werden bis 2030 jedes Jahr etwa zwei Mio. Tonnen Stahl benötigt, davon 950.000 Tonnen für WKA und 1,07 Mio. Tonnen für PV-Anlagen (Abb. 3). Weitere Zukunftstechnologien, für die Eisen bzw. Stahl zunehmend benötigt werden, sind Superlegierungen und Meerwasserentsalzungsanlagen.³²

Zwar werden künftige Rohstoffbedarfe von Batterien für Mobilität und Energiespeicherung berechnet³³ – Karosserien und andere Automobilteile aus Eisen bzw. Stahl finden jedoch weniger Beachtung. Auch die zukünftigen Bedarfe des Bausektors sind in der Regel unzureichend dargestellt. Ebenfalls fehlt zur Einordnung des zukünftigen Verbrauchs in WKA ein Gegenwert für eine fossile Energieproduktion. Dabei ist der Eisen-Verbrauch für

^{iv} Dazu zählen unter anderem: Leichtbau-Technologien, Elektromotoren, autonomes Fahren, Hochleistungsspeicher, Quantencomputer, Industrielle Robotik, Brennstoffzellen, CCS-Technologien (Carbon Capture and Storage), Windkraftanlagen, Hochleistungs-Permanentmagnete, Synthetische Kraftstoffe, Meerwasserentsalzung, Ausbau Stromnetz, Glasfaserkabel, Rechenzentren, etc.



Ein hoher Anteil des deutschen Rohstoffkonsums an Eisen und Aluminium entfällt auf die Automobilindustrie. Foto: Traimak_Ivan, iStock

den Bau von Kohlekraftwerken ähnlich hoch wie bei Windkraftanlagen und deutlich höher als bei Solaranlagen.³⁴

Aluminium

Der deutsche Konsum von Aluminium belief sich 2019 auf knapp zehn Mio. Tonnen RME.³⁵ Das Leichtmetall, welches hauptsächlich aus dem Erz Bauxit gewonnen wird, findet in der Industrie häufig dort Anwendung, wo Gewichtseinsparungen von Bedeutung sind und gleichzeitig hohe Festigkeit und Langlebigkeit benötigt werden. In Legierungen weist es ein sehr breites Anwendungsspektrum auf.³⁶ Knapp die Hälfte des Aluminiums wird in Deutschland im Automobil- und Transportsektor eingesetzt (Abb. 4). Auch für die Bauindustrie ist Aluminium bedeutsam, zum Beispiel in Fassaden, Dach- und Wandsystemen, Fenstern und Türen. Darüber hinaus

spielt Aluminium für Anwendungen in der Elektro- und Konsumgüterindustrie, dem Maschinenbau und in der Verpackungsindustrie eine wichtige Rolle.³⁷

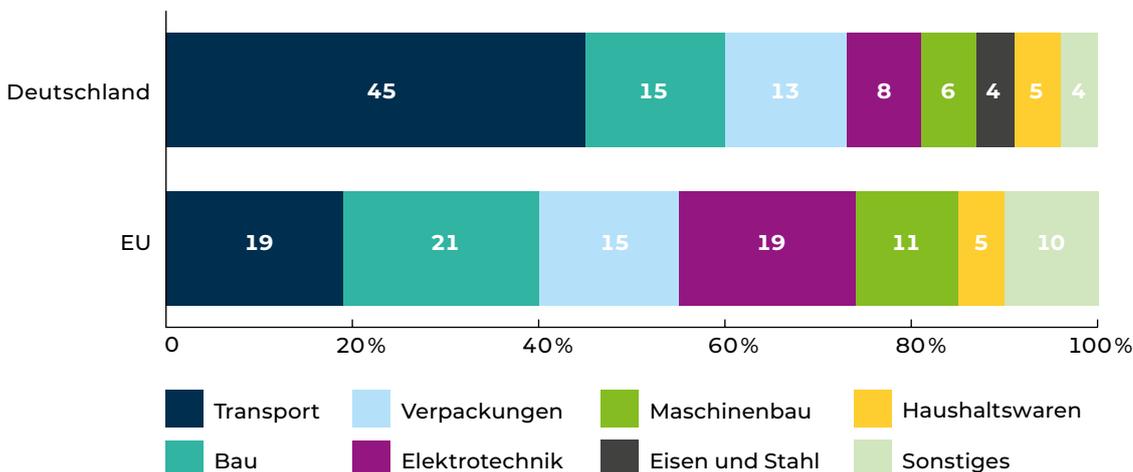
In Deutschland gibt es keine Bergbauproduktion von Bauxit; entsprechend muss dieses vollständig importiert werden. Mehr als 90 Prozent des Bauxits für den deutschen Markt stammen dabei aus Guinea.³⁸ Allerdings verfügt Deutschland über eine große sekundäre Verarbeitung von Aluminium: Neben 340.000 Tonnen Primäraluminium wurden 2022 etwa drei Mio. Tonnen Recyclingaluminium produziert.³⁹

I Zukünftige Nutzung von Aluminium

Ähnlich wie bei Eisen wird auch Aluminium für den Zubau von WKA benötigt. Aufgrund der großen Ausbauziele für erneuerbare Energietechnologien dürfte der Bedarf in den nächsten Jahren entsprechend stark steigen. Die Studie des Fraunhofer Instituts geht von einer knappen Verdreifachung des globalen Aluminiumbedarfs für WKA bis 2040 aus. Doch auch für Wasserelektrolyseure und die Verwendung in stationären Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC)-Systemen wird ein hoher Bedarf antizipiert. Insgesamt steigt der Aluminiumbedarf global allein durch die untersuchten Zukunftstechnologien um mehr als das Dreieinhalbfache bis zum Jahr 2040.⁴⁰ Einer Untersuchung der DERA zufolge werden allein in Deutschland jährlich 10.000 Tonnen Aluminium für den Zubau von WKA sowie 120.000 Tonnen für den Zubau von PV-Anlagen benötigt, um dem Ziel der deutschen Bundesregierung, den Strombedarf bis 2030 zu 80 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zu decken, gerecht zu werden (Abb. 3).

Abbildung 4 – Verwendung von Aluminium in Deutschland und der EU in 2019/2020

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



Der Prognose der Materialnachfrage für strategische Technologien und Sektoren in der EU des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission zufolge wird Aluminium in allen der 15 untersuchten strategischen Technologien verwendet. 2030 dürfte es in diesen Technologien EU-weit eine Nachfrage zwischen 882.000 und 1,38 Mio. Tonnen, bis 2050 zwischen 1,33 und 2,06 Mio. Tonnen verzeichnen.⁴¹

In einer Studie für International Aluminium wird allein für Europa mit einer Zunahme des gesamten jährlichen Aluminiumbedarfs um 4,8 Mio. Tonnen im Jahr 2030 gerechnet. Der globale Bedarf steigt demzufolge von 86 Mio. in 2020 auf etwa 120 Mio. Tonnen in 2030 an. Den größten Wachstumssektor bildet dabei der Automobil- und Transportbereich, gefolgt von der Elektroindustrie und dem Bauwesen. In Europa werden demzufolge 2030 allein im Transportsektor 2,3 Mio. Tonnen Aluminium zusätzlich benötigt.⁴² Treiber ist vor allem die Elektrifizierung von Fahrzeugen, da diese auf leichte Materialien angewiesen sind, um das hohe Gewicht der Batterien zu kompensieren.⁴³ Darüber hinaus bestehen Batterien von E-Autos zu etwa 19 Prozent aus Aluminium.⁴⁴

In vielen Studien zur zukünftigen Nutzung von Aluminium fehlt der Automobilsektor komplett. In einigen werden Batterien für Mobilität und Energiespeicherung genannt, die bis zu etwa 50 Prozent des Aluminiumverbrauchs ausmachen⁴⁵, aber Karosserien und andere Teile aus Aluminium werden selten einberechnet. Ebenfalls ist der Aluminiumverbrauch pro Megawattstunde in Kohlekraftwerken höher als bei Windkraftanlagen.⁴⁶



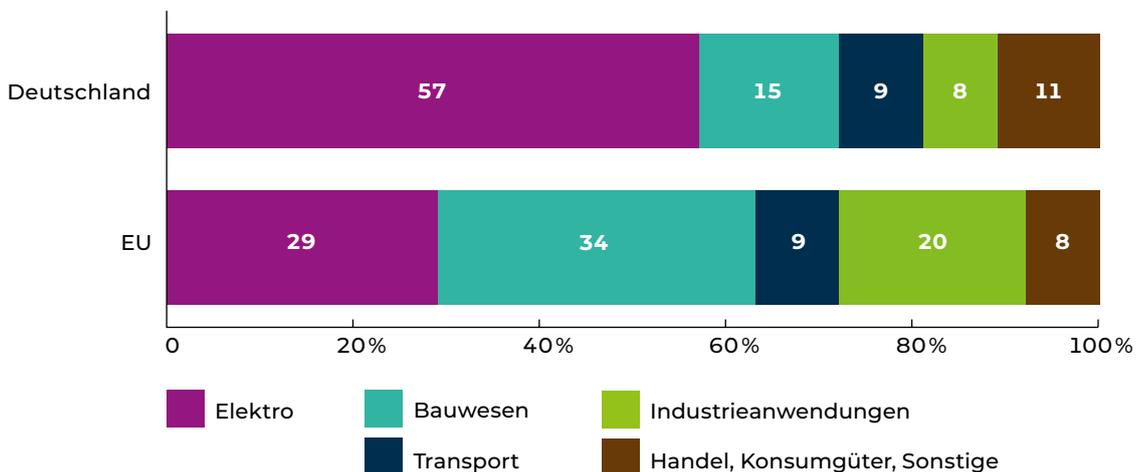
Für den Ausbau der Windenergie werden künftig steigende Mengen Eisen und Stahl, Aluminium, Kupfer und Nickel erwartet. Foto: Thomas Reaubourg, Unsplash

Kupfer

In Deutschland wurden 2019 etwa 44 Mio. Tonnen RME Kupfer konsumiert.⁴⁷ Deutschland hat eine bedeutende Kupferindustrie und nach China und den USA weltweit den drittgrößten Kupferbedarf. Allerdings verfügt Deutschland selbst über keinen Kupferbergbau und ist stattdessen komplett auf Importe angewiesen, sodass es aktuell den weltweit viertgrößten Importeur von Kupfer bildet.⁴⁸ Kupfer findet unter anderem in der Stromerzeugung und -leitung Anwendung.⁴⁹ In Deutschland wird mehr als die Hälfte des Kupfers (57 Prozent) im Bereich der Elektrogeräte und -installationen eingesetzt, allerdings auch neun Prozent im Automobilsektor (Abb. 5).

Abbildung 5 – Verwendung von Kupfer in Deutschland und der EU in 2019/2020

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024





Kupfertagebau in Peru: Deutschland bezieht fast 60 Prozent der importierten Kupfererze aus Peru, Chile und Brasilien. Foto: tifonimages, iStock

Dadurch, dass Sekundärkupfer keinerlei Qualitätsminderungen aufweist und die Rohstoffpreise hoch sind, hat Kupferrecycling bereits seit Langem eine große Bedeutung.⁵⁰ 2022 wurden bei der Erzeugung der 609 Mio. Tonnen deutscher Raffinadeproduktion etwa 40 Prozent Sekundärkupfer eingesetzt.⁵¹

I Zukünftige Nutzung von Kupfer

Kupfer gilt als ein zentrales Metall in der Energie- und Mobilitätswende. Aufgrund seiner zusätzlichen Bedeutung für die digitale und grüne Transformation sowie in der europäischen Raumfahrt und für die Verteidigung, wird Kupfer zudem als strategisch wichtiger Rohstoff der Zukunft bewertet.⁵² Um eine erhebliche Minderung der Treibhausgasemissionen zu erreichen, ist es insbesondere für den Umbau von Energiesystemen von großer Bedeutung.⁵³

Bereits heute wird Kupfer in sehr großen Mengen für die Elektrifizierung in strategischen Technologien benötigt und kann hierbei kaum substituiert werden. Obwohl die Kupferversorgung der EU stark diversifiziert ist, wurde das Metall deshalb 2023 von der Europäischen Kommission in die Liste der Strategischen Rohstoffe aufgenommen.⁵⁴ Für eine ambitionierte nachhaltige Entwicklung veranschlagt das Fraunhofer Institut allein für ausgewählte Zukunftstechnologien bis 2040 auf globaler Ebene einen erheblichen Mehrbedarf von Kupfer.^v Besonders stark steigt dieser demnach für elektrische Traktionsmotoren für Kraftfahrzeuge, Feststoffbatteriezellen in E-Mobilitätsanwendungen und Wasserelektrolyseure.⁵⁵ Der steigende Kupferbedarf durch die Umstellung auf elektrisch betriebene Fahrzeuge hängt damit zusammen, dass

^v Mehrbedarf von 5,48 Mio. Tonnen im Jahr 2040 in den untersuchten Zukunftstechnologien; gegenüber 2018 bedeutet dies eine Zunahme um 137 Prozent.

in diesen durchschnittlich etwa 53 Kilogramm Kupfer verbaut sind, in herkömmlichen Verbrennern jedoch nur rund 22 Kilogramm.⁵⁶

Eine hohe Nachfrage wird außerdem für WKA erwartet.⁵⁷ Allein um die deutsche Stromversorgung bis 2030 auf 80 Prozent erneuerbare Energien umzustellen, werden jährlich 16.000 Tonnen Kupfer für WKA sowie 73.000 Tonnen für den Zubau von PV-Anlagen benötigt (Abb. 3).

Knapp vier Mio. Tonnen Kupfer wurden im Jahr 2018 für den Ausbau der Stromnetze gebraucht. Im Falle einer ambitionierten nachhaltigen Entwicklung, wie vom Fraunhofer Institut für die DERA berechnet, würde sich der Verbrauch bis 2040 kaum verändern und bei etwa 3,8 Mio. Tonnen liegen. Allerdings berechnet das Fraunhofer Institut auch ein nicht-nachhaltiges, fossiles Szenario. In diesem wird ein dramatisch höherer Kupferbedarf prognostiziert: Für die untersuchten Zukunftstechnologien läge der globale Bedarf mit 9,19 Mio. Tonnen im Vergleich zum Jahr 2018 bei weit mehr als dem Doppelten, was insbesondere auf einen erheblichen Ausbau von Stromnetzen zurückzuführen wäre. In diesem Bereich würden 2040 demnach 8,21 Mio. Tonnen verbraucht werden.⁵⁸ Ein verlangsamter Ausbau der Erneuerbaren könnte also sogar einen deutlich höheren Kupferbedarf zur Folge haben.

Für 14 der 15 strategischen Technologien, deren künftige Materialverbräuche das europäische Forschungszentrum JRC untersucht hat, ist Kupfer ein relevanter Rohstoff. Bis 2030 wird für diese von einem EU-weiten Kupferbedarf von 434.000 bis 802.000 Tonnen ausgegangen, im Jahr 2050 von 690 bis 1,3 Mio. Tonnen. Ausgehend von den 127.000 Tonnen Kupfer, die 2020 in den strategischen Technologien verwendet wurden, entspricht dies in etwa einer Vervielfachung des Bedarfs bis 2030. Demnach ist Kupfer allgemein für die erneuerbaren Energien^{vi} von Bedeutung, denn hier wird im Jahr 2030 mit 217.000 bis 496.800 Tonnen etwa die Hälfte des Kupfers verwendet. Insbesondere auf Wärmepumpen entfällt ein großer Anteil (154.000 bis 369.000 Tonnen im Jahr 2030). Rund ein Zehntel des Kupfers fließt 2030 außerdem in die Herstellung von Traktionsmotoren (44.800 bis 62.900 Tonnen).⁵⁹

Nickel

In Deutschland wurden 2019 etwa 3,2 Mio. Tonnen RME Nickel konsumiert.⁶⁰ Während es in Deutschland keinen Nickelabbau gibt, wurde dieser in den letzten zehn Jahren auf EU-Ebene kontinuierlich ausgebaut.⁶¹ Innerhalb

^{vi} Im Report zählen zu den erneuerbaren Technologien PV-Solaranlagen, Windturbinen, Elektrolyseure, Batterien, Brennstoffzellen sowie Wärmepumpen für private Anwendungen.

der EU werden 39 Prozent aus Finnland, 24 Prozent aus Kanada, 19 Prozent aus Griechenland, acht Prozent aus Südafrika und vier Prozent aus den USA bezogen.⁶²

Nickel wird bereits seit Langem in handelsüblichen Batterien verwendet. Im Zuge der Elektrifizierung des Transportsektors steigt die Bedeutung von Nickel als Kathodenrohstoff in Lithium-Ionen-Batterien zunehmend, insbesondere aufgrund der hohen Energiedichte und Speicherkapazität des Metalls.⁶³ Im Vergleich zu anderen Anwendungsbe- reichen wie der Edelstahlindustrie und der Stahlveredlung (Abb. 6), spielt die Verwen- dung von Nickel in Batterien jedoch heute noch eine untergeordnete Rolle.⁶⁴

Zwar war die Nickelversorgung der EU bisher gut diversifiziert, jedoch gibt es in der Ge- winnung und Weiterverarbeitung von Nickel hohe Eigentumskonzentrationen. Daher ist Nickel 2023 in die Liste der Kritischen Rohstoffe der Europäischen Kommission aufgenommen worden.⁶⁵

I Zukünftige Nutzung von Nickel

Sowohl in Deutschland, als auch auf globaler Ebene wird künftig von einem erheblichen Mehrbedarf für Nickel ausgegangen.⁶⁶ Das prognostizierte Nachfragewachstum durch erneuerbare Energietechnologien übersteigt dabei fast alle anderen Anwendungsbereiche: So werden dem „Net Zero Emissions by 2050 Scenario“ der IEA zufolge 2050 weltweit ins- gesamt 6,2 Mio. Tonnen Nickel benötigt, da- von mit 3,8 Mio. Tonnen mehr als 60 Prozent für erneuerbare Energietechnologien.⁶⁷

Die Fraunhofer-Studie für die DERA prognosti- ziert, dem ambitionierten Nachhaltigkeitspfad folgend, einen globalen Nickelbedarf von 1,28

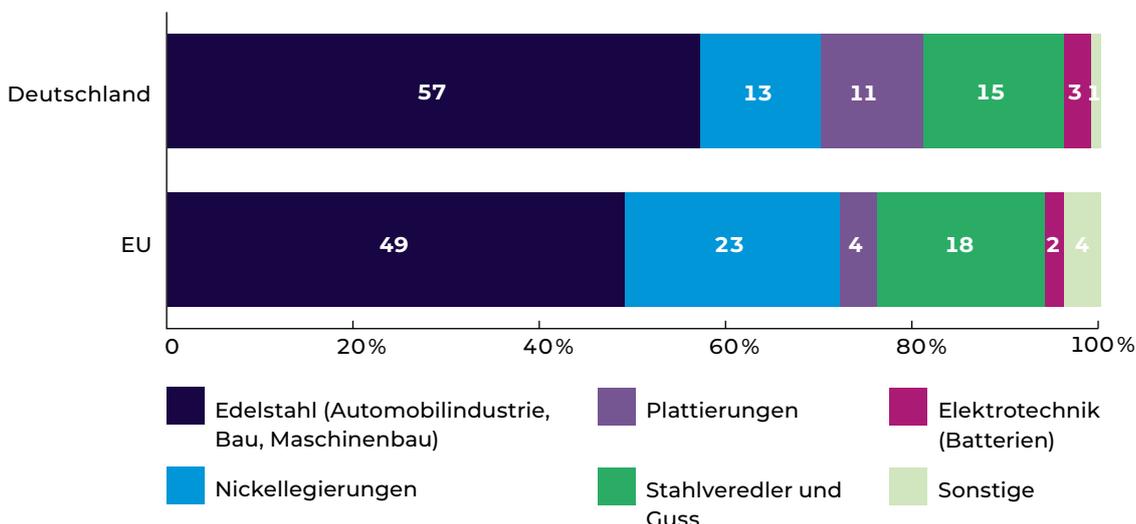
Mio. Tonnen für die untersuchten Zukunfts- technologien im Jahr 2040. Dies entspricht beinahe einer Versiebenfachung gegenüber 2018 (187.560 Tonnen) und ist insbesondere auf die Verwendung von Nickel in Feststoff- batteriezellen in Elektromobilitätsanwen- dungen zurückzuführen. Hier geht der Trend bei Lithium-Ionen-Batterien in Richtung höherer Nickel- und niedrigerer Kobalt-Gehalte.⁶⁸ Etwa 40 Kilogramm Nickel werden durchschnittlich in E-Autos gebraucht⁶⁹, wobei die Batterien zu knapp 16 Prozent aus Nickel bestehen.⁷⁰ Auch durch die Nutzung in der Wasserelektrolyse sowie für Superlegierungen steigt der globale Bedarf an Nickel stark an.⁷¹

Nickel kommt in 14 der 15 strategischen Tech- nologien des JRC zum Einsatz. Dabei wird ein besonders hoher Bedarfsanstieg erwar- tet: Bis 2030 dürfte sich die Nachfrage für die untersuchten Technologien innerhalb der EU verzehnfachen. Während der Nickelbe- darf 2020 noch bei 28.000 Tonnen lag, wird für 2030 von einem Verbrauch zwischen 225.000 und 286.000 Tonnen ausgegangen – für 2050 sogar von 317.000 bis 455.000 Ton- nen. Das entspricht im Mittel in etwa einem Anstieg um den Faktor 20. Dieser Mehrbe- darf lässt sich fast vollständig im Bereich der Lithium-Ionen-Batterien verorten, für die allein 2030 zwischen 214.000 und 266.000 Tonnen Nickel benötigt werden. Weitere 5.800 bis 12.300 Tonnen Nickel fallen 2030 für Windturbinen an.⁷²

In Deutschland wird Nickel künftig insbeson- dere in Fahrzeugen und Batterien, in der Infor- mations- und Kommunikationstechnik (IKT) und Haushaltsgeräten sowie im Hoch- und Tiefbau von zunehmender Bedeutung sein.⁷³ Für den erforderlichen Zubau von WKA wer- den in Deutschland außerdem jährlich über 3.000 Tonnen Nickel benötigt (Abb. 3).

Abbildung 6 – Verwendung von Nickel in Deutschland und der EU in 2020

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



Reduktionspotentiale



Der Individualverkehr erzeugt global viele Flächennutzungskonflikte, sei es bei der Raumverteilung in den Städten oder beim Abbau der benötigten Rohstoffe, wenn landwirtschaftliche Flächen zerstört werden oder Wasser knapp wird.
Foto: Jens Herrndorf, Unsplash

16

Wie bereits aufgezeigt, werden die genannten Massenmetalle auch künftig in vielen Bereichen benötigt. Gleichzeitig sind bei einer tieferen Analyse der heutigen Nutzung große Reduktionspotentiale realisierbar. Aus Sicht von PowerShift müssen diese ausgeschöpft werden, um den sozialen und ökologischen Herausforderungen, die mit dem Abbau von metallischen Rohstoffen verbunden sind, entgegenzuwirken. Gleichzeitig sichert eine Reduktion des heutigen, global ungerechten Verbrauchs, zusätzlich die Versorgungssicherheit der Industrie und reduziert Produktionsausfälle aufgrund von fragilen Lieferketten. Im Auftrag von PowerShift hat das ifeu Institut daher verschiedene Sektoren und ihre Reduktionspotentiale untersucht, welche im Folgenden dargestellt sind. Ausführlich werden diese Abschätzungen sowie die zugrundeliegenden Berechnungen in der Kurzstudie *„Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“* des ifeu Instituts beschrieben.

Reduktionspotentiale im Verkehrssektor

2019 bildeten die Basismetalle Eisen, Kupfer, Nickel und Aluminium zusammen über 80 Prozent aller in Fahrzeugen genutzten Metalle.^{vii} Allein die Hälfte entfiel auf Eisen

^{vii} In dieser Analyse werden die Rohstoffbedarfe inklusive ihres Rohstoffrucksacks – also in Rohstoff-äquivalenten (RME) – betrachtet. Eine Analyse der aus-

(Abb. 7). Insgesamt umfasste der metallische Rohstoffkonsum für den Mobilitätssektor in Deutschland in dem Jahr ca. 28 Mio. Tonnen RME. Vor Abzug der Exporte lag der metallische Rohstoffeinsatz in Deutschland sogar bei ca. 81 Mio. Tonnen RME. Kraftfahrzeuge waren dabei für etwa 90 Prozent der im Mobilitätssektor genutzten Metalle verantwortlich.^{viii}

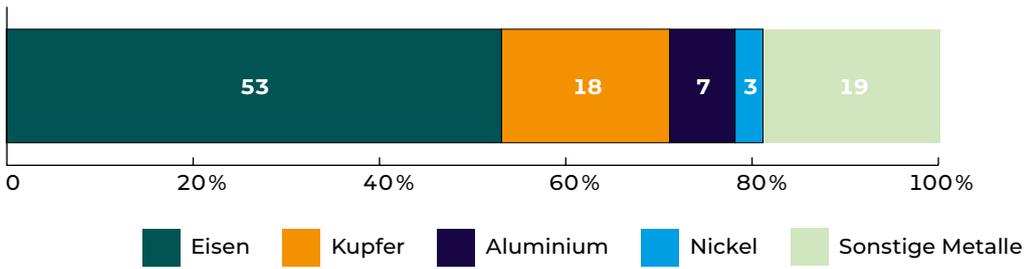
Seit einiger Zeit gibt es einen Trend in Richtung größerer Fahrzeuge: Während der Bestand kleinerer Pkw innerhalb der letzten zehn Jahre zwar um zwei Prozent angewachsen ist, ist der von großen Fahrzeugtypen wie SUVs gleichzeitig um 80 Prozent gestiegen.⁷⁴ Seit 2003 haben die Leergewichte neu zugelassener Fahrzeuge um 23 Prozent zugenommen. 2022 lag das durchschnittliche Gewicht von Pkw bei etwa 1,7 Tonnen; 2010 waren es hingegen noch rund 230 Kilogramm weniger. Neben steigenden Fahrzeugmaßen^{ix} sind auch zusätzliche Sicherheits- und Komfortausstattungen sowie die Elektrifizierung Gründe dafür. Aufgrund ihrer schweren Batterien wiegen E-Autos dreizehn Prozent mehr als Benzin- oder Diesel-Pkw der gleichen Klasse.⁷⁵

schließlich Produkt- bzw. Metallgewichte würde zu einem noch höheren Anteil der Basismetalle führen.

^{viii} Anteil Schiffe am Rohstoffkonsum: sechs Prozent; Züge und Flugverkehr: jeweils vier Prozent

^{ix} Beispielsweise ist der Opel Corsa F (ab 2019) 24 cm länger und 12 cm breiter als der Corsa C (bis 2003).

Abbildung 7 – Anteile der Metalle am metallischen Rohstoffkonsum der Güterkategorie Kraftfahrzeuge in 2019 Quelle: Eigene Darstellung, Daten: ifeu, 2023 und Lutter et al., 2022



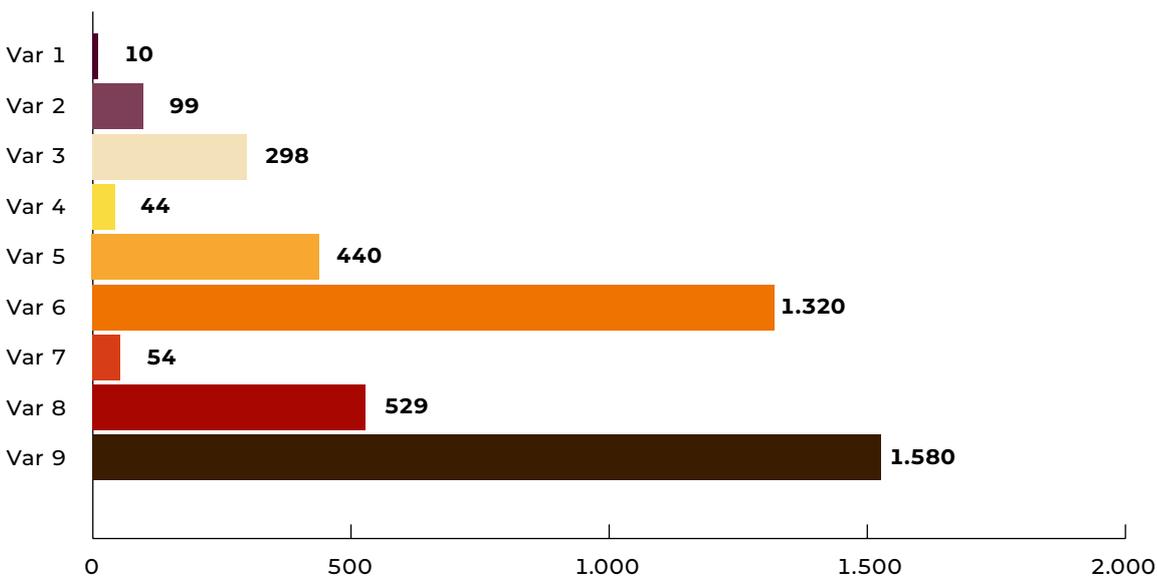
Erheblich senken ließe sich dieser hohe Metallverbrauch, wenn sowohl die Zahl als auch die Gewichte der neu zugelassenen Fahrzeuge künftig sinken würden. Dies zeigt die Studie des ifeu Instituts, in welcher potentielle Materialeinsparungen gegenüber dem Status Quo für neun unterschiedliche Varianten einer Verschiebung der Fahrzeugsegmente zugunsten kleinerer Fahrzeuge sowie einer Verminderung von Neuzulassungen (NZL) untersucht wurden (Abb. 8 und 9).

Ohne Veränderungen in Fahrzeuggrößen und Anzahl der Neuzulassungen, wird bis zum Jahr 2050 von einem kumulierten Materialbedarf von etwa 104 Mio. Tonnen für die vier Basismetalle ausgegangen.

Zwar gibt es in Deutschland fast 49 Mio. Pkw⁷⁶, allerdings werden diese wenig bewegt: Im Durchschnitt steht jedes Fahrzeug etwa 23 Stunden pro Tag geparkt⁷⁷. Die Auslastung der Nutzung der Fahrzeuge liegt demnach bei lediglich zwei Prozent. Trotzdem werden jährlich etwa 3 Mio. Fahrzeuge neu zugelassen. Besonders große Metalleinsparungen lassen sich erzielen, wenn die Neuzulassungen stattdessen jedes Jahr um 30 Prozent sinken. Bis 2050 ergibt sich daraus ein um etwa 31,2 Mio. Tonnen verminderter Materialbedarf (Var 6, Abb. 9). Bei zehn Prozent weniger Neuzulassungen im Jahr könnten bis 2050 immerhin 10,4 Mio. Tonnen Eisen und Stahl, Aluminium, Kupfer und Nickel eingespart werden (Var 5). Die Verminderung von Neuzulassungen stellt also einen wichtigen Hebel zur Einsparung von Basismetallen dar.

Abbildung 8 – Materialeinsparungen im Verkehrssektor der Varianten 1 bis 9 gegenüber dem Bedarf im Status Quo für das Jahr 2030, in 1000 Tonnen^x

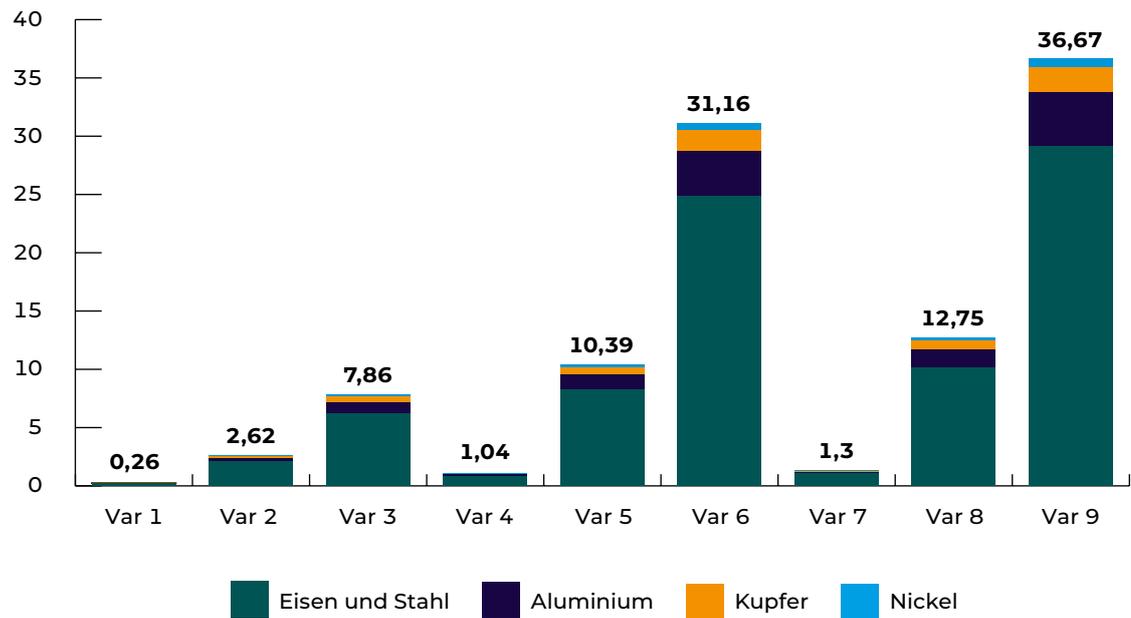
Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al, 2024



^x Var 1-3: Von den Neuzulassungen der Mittel- und Großfahrzeuge werden jährlich je ein Prozent (Var 1), zehn Prozent (Var 2) oder 30 Prozent (Var 3) in das Segment Kleinfahrzeuge verschoben.
 Var 4-6: Die Neuzulassungen sinken jährlich um ein Prozent (Var 4), zehn Prozent (Var 5) oder 30 Prozent (Var 6).
 Var 7-9: Kombination der Maßnahmen:
 Var 7 = ein Prozent Umverteilung der NZL ins Kleinwagensegment + ein Prozent jährliche Verminderung der NZL;
 Var 8 = zehn Prozent Umverteilung der NZL ins Kleinwagensegment + zehn Prozent Verminderung der jährlichen NZL;
 Var 9 = 30 Prozent Umverteilung der NZL ins Kleinwagensegment + 30 Prozent Verminderung der jährlichen NZL

Abbildung 9 – Kumulierte Materialeinsparungen im Verkehrssektor der Varianten 1 bis 9 von 2025 bis 2050 gegenüber dem Bedarf im Status Quo, in Mio. Tonnen

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



Darüber hinaus liegen in der Verschiebung der Neuzulassungen von Pkw aus dem Segment der Mittel- und Großfahrzeuge ins Kleinwagensegment relevante Reduktionspotentiale: Wenn jährlich 30 Prozent der Neuzulassungen in Richtung Kleinwagen verschoben werden, sinkt der Metallbedarf der vier Basismetalle dadurch bis 2050 um 7,8 Mio. Tonnen (Var 3). Auch durch einen schwächeren Trend in diese Richtung, bei dem der Anteil von Kleinwagen unter den jährlichen Neuzulassungen um nur zehn Prozent steigen würde, könnten bis 2050 rund 2,6 Mio. Tonnen der vier Basismetalle eingespart werden (Var 2, Abb. 9).

Die deutlichsten Einsparpotentiale liegen in der Kombination der Maßnahmen: Durch einen Rückgang der Neuzulassungen um jährlich zehn Prozent bei gleichzeitiger Verschiebung von zehn Prozent der Pkw ins Kleinwagensegment, könnten bis 2050 ungefähr 12,7 Mio. Tonnen der untersuchten Basismetalle eingespart werden (Var 8). Zur mit Abstand stärksten Verringerung im Metallverbrauch würde es durch die ambitionierte Umlagerung von 30 Prozent der Groß- und Mittelklassewagen ins Kleinwagensegment bei gleichzeitiger Verminderung der jährlichen Neuzulassungen um 30 Prozent kommen (Var 9): Hierdurch ließen sich bis 2050 insgesamt etwa 36,7 Mio. Tonnen der vier Basismetalle einsparen – davon rund 30 Mio. Tonnen Eisen und Stahl, 4,6 Mio. Tonnen Aluminium, zwei Mio. Tonnen Kupfer sowie 800.000 Tonnen Nickel (Abb. 9).

Reduktionspotentiale im Bausektor

Alein für den Bau von 260.000 Wohneinheiten in 2020 wurden knapp vier Mio. Tonnen Metalle verbraucht. Ab 2025 soll das Bedarfsziel von 400.000 Wohneinheiten pro Jahr erreicht werden, was einen jährlichen Metallbedarf von knapp fünf Mio. Tonnen bedeuten würde – davon rund 4,6 Mio. Tonnen Stahl, 60.000 Tonnen Kupfer sowie 45.000 Tonnen Aluminium und außerdem knapp 270.000 Tonnen weiterer Metalle wie etwa Zink. Der gesamte Metallverbrauch würde demnach im Zeitraum von 2025 bis 2050 bei ungefähr 128 Mio. Tonnen Metallen liegen.

Der „Modell Deutschland Circular Economy“-Studie des WWF zufolge bestehen die größten Einsparpotentiale für Rohstoffe – metallische und nicht-metallische – im Bereich des Hochbau, wobei der entscheidende Hebel demnach im Rückgang von Wohn- und Büroflächen und längerer Nutzung des vorhandenen Bestands liegt.⁷⁹

In den letzten Jahren ist der Anteil von Mehrfamilienhäusern (MFH) unter den Neubauten leicht gestiegen. Im Vergleich zu Wohneinheiten in Einfamilienhäusern (EFH), welche jeweils einen Materialbedarf von ungefähr 400 Tonnen haben, fällt dieser bei Wohneinheiten in MFH mit 270 Tonnen Material deutlich geringer aus. Das lässt sich insbesondere auf die geringere durchschnittliche Fläche von Wohneinheiten in MFH sowie auf die gemeinsame Nutzung von Treppenhäusern, Kellern und anderen Bereichen zurückführen.⁷⁹ Der

Anteil von Metallen am gesamten Materialbedarf liegt bei etwa vier bis fünf Prozent, wobei davon 93 Prozent auf Stahl entfallen und jeweils ein Prozent auf Kupfer und Aluminium.⁸⁰

Sinkt der Bau von EFH in den kommenden Jahren verstärkt zugunsten von MFH, könnten dadurch relevante Mengen metallischer Rohstoffe eingespart werden: Berechnungen des ifeu Instituts zufolge würde schon eine leichte Erhöhung des jährlichen Rückgangs von EFH von etwa zwei Prozent auf vier Prozent, bis 2050 zu Einsparungen von rund 1,4 Mio. Tonnen Metalle gegenüber dem Status Quo führen (Variante 1, Abb. 10).

Ein weiterer Hebel zur Einsparung metallischer Rohstoffe im Bausektor liegt in der Reduktion der durchschnittlichen Wohnfläche. Diese hat sich in den letzten Jahren leicht erhöht: Verglichen mit 2011 hat eine Person 2021 1,6 m² mehr Wohnfläche zur Verfügung (durchschnittlich 47,7 m²).⁸¹ Die Wohnzufriedenheit hat sich dadurch allerdings nicht erhöht, sondern ist seit 2005, als die durchschnittliche Wohnfläche bei etwa 41,2 m² lag, auf einem konstanten Niveau geblieben.⁸² Ausgehend davon hat das ifeu Institut untersucht, welche Metalleinsparungen sich durch einen Rückgang der durchschnittlichen Wohnfläche pro

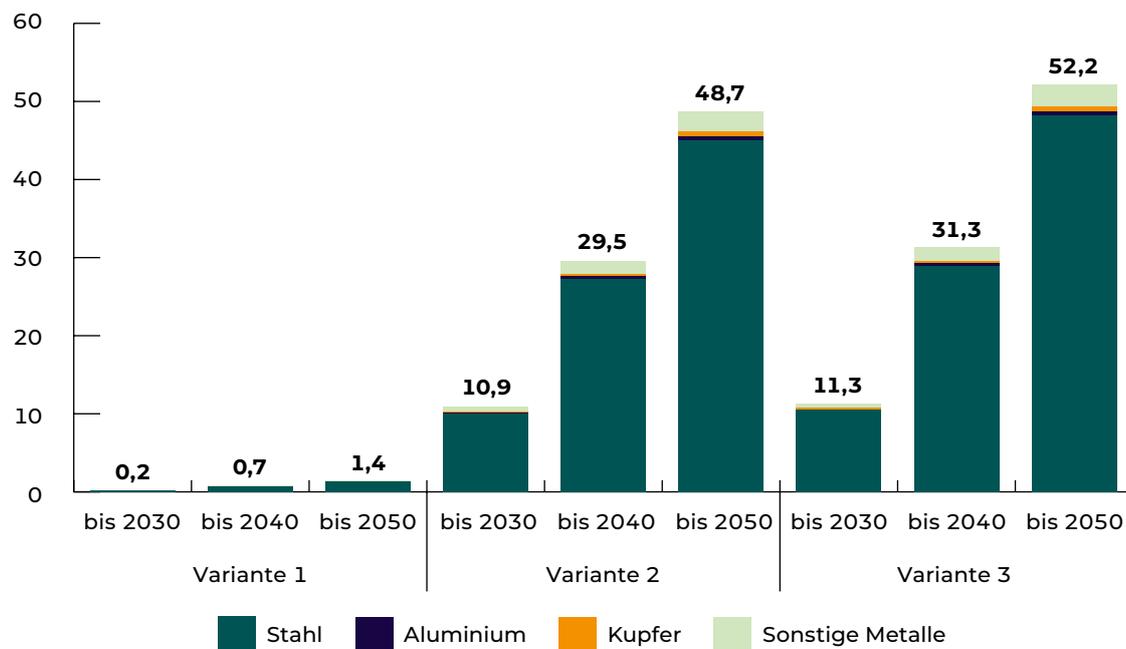
Person auf 35 m² erzielen ließen (durchschnittliche Wohnfläche in Deutschland im Jahr 1992). Bis 2050 könnten demzufolge insgesamt ca. 48,7 Mio. Tonnen Metalle eingespart werden – davon etwa 45 Mio. Tonnen Stahl, 5,9 Mio. Tonnen Kupfer sowie 4,4 Mio. Tonnen Aluminium (Variante 2, Abb. 10).

Noch größere Einsparpotentiale liegen in der Kombination der beiden Maßnahmen: Durch eine Erhöhung des Anteils von MFH unter den Neubauten bei gleichzeitig sinkenden durchschnittlichen Wohnflächen, lassen sich bis 2050 ca. 52,2 Mio. Tonnen Metalle einsparen (Variante 3, Abb. 10). Gegenüber dem Status Quo (kumulierter Metallverbrauch von 128 Mio. Tonnen bis 2050) bedeutet dies einen erheblichen Rückgang im Bedarf metallischer Rohstoffe.

Neben diesen Reduktionspotentialen beim Neubau gibt es verschiedene Suffizienzansätze, um die Nutzung des Bestands zu verbessern. Dazu zählen die Nutzung von Leerstand, die Umnutzung von Büroflächen, die Teilung von Ein- oder Zweifamilienhäusern und das Aufstocken von Gebäuden, welche den Neubaubedarf stark senken können.⁸³ Zimmermann et al. (2023) kommen zu dem Ergebnis, dass der jährliche Neubaubedarf durch eine konsequente Umsetzung dieser

Abbildung 10 – Kumulierte Materialeinsparungen im Bausektor gegenüber Materialbedarf im Status Quo (ab 2025) für die Varianten 1 bis 3, in Mio. Tonnen Metall^{xi}

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



^{xi} Variante 1: Der Anteil von EFH unter den neuen Wohneinheiten nimmt weiterhin ab. Der Rückgang verdoppelt sich von aktuell zwei auf vier Prozent pro Jahr (Abnahme zugunsten von MFH).
 Variante 2: Die durchschnittliche Wohnfläche pro Person sinkt von 47 m² auf 35 m² bei allen neuen Wohneinheiten.
 Variante 3: Kombination der Maßnahmen: Die durchschnittliche Wohnfläche pro Person wird auf 35 m² gesenkt, während gleichzeitig der Anteil der MFH unter den neuen Wohneinheiten steigt.



Gemeinschaftliches Wohnen in Mehrfamilienhäuser ist vergleichsweise ressourcensparend.

Foto: Sigmund, Unsplash

Suffizienzmaßnahmen erheblich reduziert werden könnte: 114.000 Wohneinheiten würden demnach durch das Aufstocken von Gebäuden entstehen, 100.000 durch das Umnutzen von Büroflächen, 98.000 durch das Teilen von Einfamilienhäusern sowie weitere 18.000 durch die Nutzung von Leerstand (Abb. 11). Statt den vorgesehenen 400.000 neuen Wohneinheiten, müssten daher jedes Jahr nur 70.000 Wohneinheiten neu gebaut werden, um den Wohnbedarf zu decken.

Zwar wären für die verschiedenen Umbaumaßnahmen im Suffizienzscenario auch metallische Rohstoffe nötig, jedoch läge der jährliche Gesamtbedarf für die untersuchten Maßnahmen

bei nur etwa 360.000 Tonnen. Inklusive des Neubaus von 70.000 Wohneinheiten entsteht ein Bedarf pro Jahr von 1,54 Mio. Tonnen Metallen, der damit aber immer noch viel geringer ausfällt als im Status Quo. Insgesamt könnten gegenüber den 4,96 Mio. Tonnen im Status Quo 69 Prozent der metallischen Rohstoffe eingespart werden (Abb. 12).

Einen weiteren Ansatzpunkt für Einsparmöglichkeiten in der Nutzung metallischer Rohstoffe im Bausektor bilden Fenster. Etwa ein Fünftel der Fenster, die 2016 in Deutschland produziert wurden, waren Aluminiumfenster, bei denen Aluminium durchschnittlich einen Gewichtsanteil von 25 Prozent bildet. Auch in Holz-Aluminium-Fenster (neun Prozent der 2016 in Deutschland produzierten Fenster) ist Aluminium mit sechs Prozent Gewichtsanteil enthalten, ebenso wie in geringer Menge in Holzfenstern (16 Prozent der 2016 in genau Deutschland produzierten Fenster; ein Prozent Gewichtsanteil Aluminium). Lediglich die am häufigsten verwendeten Kunststofffenster (54 Prozent der 2016 in Deutschland produzierten Fenster) enthalten kein Aluminium – stattdessen ist in ihnen Stahlblech (20 Prozent) verbaut.⁶⁴ Nach Berechnung des ifeu Instituts, könnte ein erheblicher Anteil des Aluminiums eingespart werden, wenn Aluminiumfenster durch die anderen drei Fenstertypen ersetzt würden. Der Aluminiumeinsatz würde um etwa 95 Prozent sinken, der Bedarf nach Stahlblech jedoch durch die verstärkte Nutzung von Kunststofffenstern etwas steigen. Insgesamt ließe sich durch diese Maßnahme jedoch gut ein Drittel der Rohstoffäquivalente einsparen (178.480 Tonnen von 453.000 Tonnen RME der untersuchten Basismetalle).

Abbildung 11 – Anzahl der Wohneinheiten (WE) im Suffizienz-Szenario und spezifische Metallbedarfe Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024

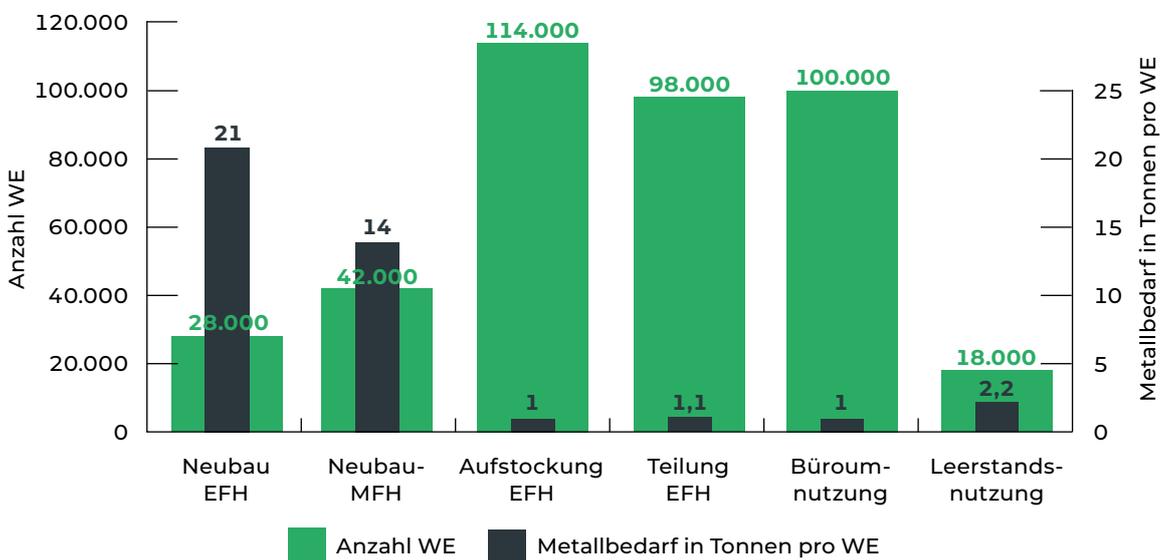
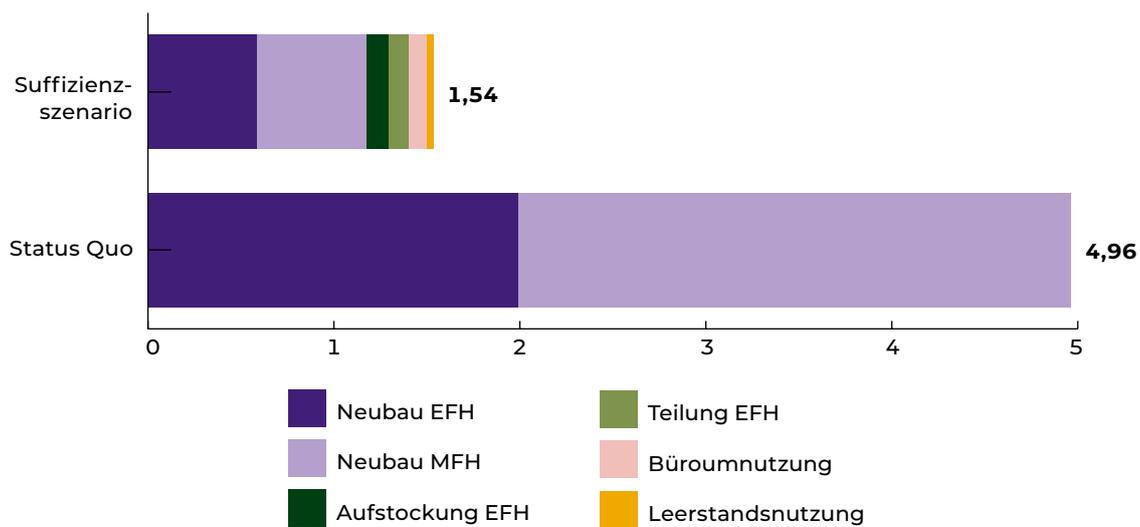


Abbildung 12 – Metallbedarf im Suffizienz-Szenario und im Status Quo im Jahr 2025, in Mio. Tonnen Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024



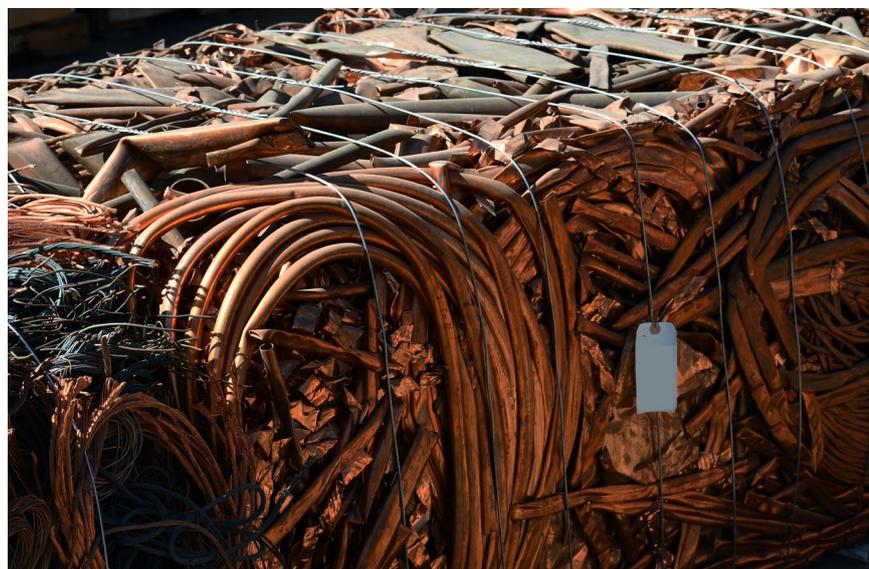
Potentiale im Metallrecycling

Durch das Recycling von Aluminium, Kupfer, Eisen und Stahl lassen sich erhebliche Mengen Primärmetalle einsparen. Allein durch das Recycling von Kupfer werden in Deutschland bisher etwa 12,4 Mio. Tonnen RME gegenüber einer rein auf Primärkupfer basierenden Rohstoffsituation vermieden (Tabelle 1).⁸⁵ Im Jahr 2010 wurden so etwa 46 Prozent des Kupferbedarfs durch den Einsatz von Sekundärkupfer gedeckt.⁸⁶ Durch das Recycling und den Einsatz von Sekundäraluminium werden etwa 1,6 Mio. Tonnen RME eingespart, wobei die Sekundäreinsatzquote 2010 bei etwa 54 Prozent lag. Der Einsatz von Sekundäreisen beträgt rund 33 Prozent (2010), wodurch der deutsche Rohstoffkonsum um etwa 8,7 Mio. Tonnen RME gegenüber einer rein auf Primäreisen basierenden Situation gesenkt werden kann.⁸⁷

Durch die Erhöhung des Recyclings von Kupfer-, Aluminium-, Eisen- und Stahlschrotten könnten theoretisch zusätzlich große Mengen Primärmetalle eingespart werden, womit auch ein Rückgang von CO₂-Emissionen sowie die Schonung von Wasser und Flächen verbunden wäre. In einer noch unveröffentlichten Studie von Dittrich et al. wurde allerdings festgestellt, dass die tatsächlich verfügbaren, in Deutschland rückgeführten End of Life-Schrotte nicht ausreichen, um den Sekundärmetalleinsatz bei Kupfer und Aluminium substantiell zu steigern. So kann durch tatsächlich verfügbare Kupferschrotte bis 2030 nur eine Sekundäreinsatzquote von Kupfer von maximal 49 Prozent sowie von 59 Prozent bis 2050 erzielt werden. Durch eine Einsatzquote von 59 Prozent Sekundärkupfer ließe sich der gesamte Rohstoffkonsum in Deutschland um weitere 800.000 Tonnen RME senken. Im Vergleich zum heutigen Einsatz von

Sekundärkupfer von 56 Prozent sind die weiteren Einsparpotentiale für Primärkupfer durch die als realistisch betrachtete Erhöhung des Rezyklateinsatzes jedoch eher gering. Ähnlich verhält es sich mit Aluminium: Der als maximal möglich bewertete Anteil von in Deutschland rückgeführten End of Life-Aluminiumschrotten wird für die Jahre 2030 und 2050 jeweils auf 67 Prozent geschätzt und liegt somit nicht erheblich höher als die Sekundäreinsatzquote von 54 Prozent im Jahr 2010. Durch das Erreichen dieser 67 Prozent könnten im Vergleich mit dem Status Quo weitere 350.000 Tonnen RME eingespart werden.⁸⁸

Deutlich höhere Einsparpotentiale für den Einsatz von Primärrohstoffen bestehen hingegen für Eisen und Stahl. Gemäß Dittrich et al. (unveröffentlicht) kann in Deutschland bis 2030 von einer realisierbaren



Kupferschrotte werden bereits in großen Mengen recycelt. Foto: Andrew Stowe, iStock

Tabelle 1 – (Mögliche) Einsparung von Primärmetallen durch den Einsatz von Sekundärmetallen

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Dittrich et al., 2024

	Kupfer	Aluminium	Eisen
Einsatz von Sekundärmetall in 2010	56 Prozent	54 Prozent	33 Prozent
Dadurch erzielte Einsparung von Primärmetall in Tonnen RME	12.400.000	1.600.000	8.700.000
Mögliche Sekundäreinsatzquote bis 2050	59 Prozent	67 Prozent	75 Prozent
Dadurch erzielte weitere Einsparung von Primärmetall in Tonnen RME	800.000	350.000	15.000.000

Sekundäreinsatzquote von 63 Prozent ausgegangen werden; bis 2050 steigt sie auf etwa 75 Prozent an. Im Vergleich zum aktuellen Einsatz von Sekundäreisen (2010 bei ca. 33 Prozent) ist hier eine deutliche Steigerung möglich. Durch Erreichen einer Sekundäreinsatzquote von 75 Prozent könnte der jährliche Rohstoffkonsum Deutschlands um weitere 15 Mio. Tonnen RME gesenkt werden.⁸⁹

Die Verminderungen des Primärmetalleinsatzes und die daraus folgende Abschwächung von negativen Umweltwirkungen (CO₂-Emissionen, Süßwassernutzung und Landnutzung) sind gekoppelt an die Frage der Verfügbarkeit von Sekundärmetallen. Diese Potentiale können nur dann genutzt werden, wenn der Recyclingsektor ausgebaut wird.

Erhöhung des Recyclings neuer Technologien

Auch bei Windturbinen, Photovoltaikanlagen und Batterien ist es von großer Bedeutung, am Ende ihrer Lebenszyklen die enthaltenen Metalle zurückzugewinnen. Diese Schrotte aus erneuerbaren Energietechnologien werden in den nächsten Jahren voraussichtlich um das 30-fache ansteigen.⁹⁰ Bis 2030 werden innerhalb der EU 1,5 Mio. Tonnen End of Life-Schrotte aus PV-Anlagen, 4,75 Mio. Tonnen aus WKA sowie 240.000 Tonnen aus Energiespeichern im Mobilitätssektor erwartet – davon etwa 173.000 Tonnen Aluminium, 153.000 Tonnen Kupfer sowie 19.000 Tonnen Nickel.⁹¹ Auf Deutschland dürften demnach in diesen drei Energietechnologien im Jahr 2030 ungefähr 32.000 Tonnen Aluminium, 28.300 Tonnen Kupfer und 3.500 Tonnen Nickel entfallen, die als End of Life-Schrotte in einen neuen Produktionsprozess rückgeführt werden können.⁹²

Eine Herausforderung besteht allerdings darin, dass es in der EU derzeit noch wenig Erfahrung mit dem Recycling von Windturbinen und Solarzellen gibt, da erst wenige Anlagen das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben.

Reduktionspotentiale durch Steigerung der Nutzungsdauer von Gütern

Eine Verdoppelung der Nachfrage nach Gütern hätte in Deutschland eine erhebliche Steigerung des Metallbedarfs um etwa 52 Prozent zur Folge, was etwa 84 Mio. Tonnen RME entspricht.⁹³ Durch das frühzeitige Entsorgen von Produkten, die durch Reparatur eigentlich noch weiter gebrauchsfähig wären, fallen in der EU jährlich etwa 35 Mio. Tonnen Abfall an. Durch dieses Wegwerfen werden Schätzungen zufolge 30 Mio. Tonnen Ressourcen verschwendet, ebenso entstehen etwa 260 Mio. Tonnen Treibhausgasemissionen.⁹⁴

Die Anzahl digitaler und meist kurzlebiger Geräte wie Laptops oder Smartphones ist in den letzten zwei Jahrzehnten stark gestiegen. Diese Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik bestehen zu etwa 41 Prozent aus metallischen Rohstoffen und haben insgesamt einen Anteil von etwa zehn Prozent am deutschen Metallkonsum.⁹⁵ Wird angenommen, dass die Nachfrage der privaten Haushalte nach IKT-Geräten durch eine verdoppelte Nutzungsdauer infolge verschiedener Maßnahmen halbiert werden kann, ließen sich dadurch in Deutschland etwa 1,13 Mio. Tonnen RME Metalle einsparen – davon ca. 280.000 Tonnen RME Kupfer, 140.000 Tonnen RME Eisen, 105.000 Tonnen RME Aluminium sowie 22.000 Tonnen RME Nickel. Maßnahmen, die auf eine Verlängerung der Nutzungszeit von Gütern abzielen, können den Rohstoffkonsum also stark senken: Je länger Güter genutzt werden, desto länger besteht schließlich auch keine Nachfrage nach Ersatzgütern (ohne Berücksichtigung von Rebound-Effekten).⁹⁶

Weitere Einsparmöglichkeiten

Auch in weiteren Bereichen, in denen große Mengen Eisen, Aluminium, Kupfer und Nickel eingesetzt werden, bestehen wichtige Potentiale, um den Verbrauch dieser Basismetalle zu senken. In der ifeu-Studie

Beispiel: Verlängerte Nutzung von Smartphones

In Deutschland wurden 2022 21,6 Mio. Smartphones verkauft.¹³⁹ Der Metallanteil von Smartphones besteht zu etwa 82 Prozent aus den Basismetallen Kupfer, Aluminium, Eisen und Stahl. Bei den anderen 18 Prozent handelt es sich unter anderem um Kobalt, Magnesium, Palladium und Indium.

Innerhalb der EU werden Smartphones durchschnittlich etwa zwei bis drei Jahre genutzt.ⁱ Für Deutschland wird von zwei Jahren Nutzungsdauer ausgegangen, da dies der üblichen Dauer des Software-Supports sowie der gängigen Laufzeit von Mobilfunkverträgen entspricht, zu deren Beginn oftmals neue Smartphones angeschafft werden.¹⁴⁰ Obwohl der Rohstoffaufwand für ein einzelnes Smartphone aufgrund des geringen Gewichts überschaubar bleibt, führt diese niedrige durchschnittliche Nutzungsdauer in Kombination mit hohen Verkaufszahlen insgesamt zu einem erheblichen Verbrauch metallischer Rohstoffe. Aufgrund der komplexen Verarbeitung werden zudem erst niedrige Anteile der in Smartphones enthaltenen Metalle recycelt.¹⁴¹

ⁱ Bezogen auf die erste Nutzungsphase von Smartphones, wobei der Second-Hand-Markt – welcher ein starkes Wachstumspotential hat – nicht betrachtet wird.

Wird der real angefallene Rohstoffbedarf mit einem alternativen Szenario verglichen, in dem sich die durchschnittliche Nutzungsdauer von Smartphones in Deutschland von zwei auf vier Jahre verdoppelt, so halbiert sich der jährliche Metallbedarf für die untersuchten Basismetalle insgesamt von 33.534 Tonnen RME auf 16.767 Tonnen RME: eingespart werden 14.661 Tonnen RME Kupfer, 1.814 Tonnen RME Aluminium sowie 291 Tonnen RME Stahl.¹⁴²

Auch für andere IKT-Geräte kann von erheblichen Einsparpotentiale durch eine Verlängerung der Nutzungsdauer ausgegangen werden – die konkreten Einsparungen sind jedoch unter anderem von Recyclingpotentialen der Komponenten, Zusammensetzung und Verkaufsvolumen der Geräte sowie aktueller Nutzungsdauer abhängig und variieren zwischen den verschiedenen IKT-Geräten stark. Beispielsweise bei Laptops, die eine höhere durchschnittliche Nutzungsdauer als Smartphones haben, sich durch ihre Bauweise leichter reparieren lassen und durch einen längeren Software-Support gekennzeichnet sind, bedarf es anderer Maßnahmen, um eine Verdopplung der Nutzungsdauer zu erreichen.¹⁴³

wurde exemplarisch der Gesundheitssektor betrachtet, da dieser mit etwa 4,8 Mio. Tonnen jährlich große Mengen Abfall produziert – darunter auch viele Metalle, welche beispielsweise in Form von Instrumenten, Metallverpackungen, Implantaten oder Elektronikgeräten zum Einsatz kommen.⁹⁷ Insbesondere die Verwendung von Einwegprodukten trägt zum hohen Abfallaufkommen bei. Die Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS geht davon aus, dass allein in deutschen Krankenhäusern jährlich 8.000 Tonnen Einweginstrumente aus Chromstahl weggeworfen werden. Eine sortenreine Sammlung bleibt dabei meist aus, sodass das nach dem Einschmelzen wiedergewonnene Metall oftmals nur noch als Baustahl genutzt werden kann, bei dem die Legierung keine Rolle mehr spielt. Zur Verhinderung dieses Downcyclings gibt es einzelne Projekte, beispielsweise das Sammelsystem SReS®, welches vom Institut für Recycling, Ökologie, Design IRED zusammen mit der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS entwickelt wird und eine getrennte Sammlung und Verwertung von metallischem Einwegbesteck anstrebt.⁹⁸

Neben dem Gesundheitssektor gibt es auch in der Verpackungsindustrie verschiedene Möglichkeiten, um den Einsatz von Basismetallen zu senken. 13 Prozent des Aluminiums werden in Deutschland für diesen Bereich aufgewendet (Abb. 4). Insbesondere bei der Verwertung von Aluminiumabfällen aus dem Haushalt kommt es ebenfalls häufig zu Downcycling, da das Aluminium darin in vielen unterschiedlichen Zusammensetzungen vorkommt, was ein sortenreines Recycling erschwert.⁹⁹ Welche Einsparungen durch konkrete Maßnahmen zur Verbesserung des Recyclings von Aluminiumabfällen oder durch Verbote von Einwegverpackungen und Einwegprodukten allgemein, wie beispielsweise Einwegbatterien und E-Zigaretten, erzielt werden könnten, gilt es zukünftig eingehender zu untersuchen.

Politische Maßnahmen



In Selbsthilfwerkstätten lernen Menschen voneinander, defekte Geräte zu reparieren. Das **Recht auf Reparatur**, auf welches sich Anfang 2024 auf EU-Ebene geeinigt wurde, soll Reparaturen vereinfachen. Foto: Inga Klas, Pixabay

24

Die deutsche Gesellschaft verbraucht insgesamt sehr viele Rohstoffe, darunter auch Metalle. Wir konsumieren deutlich über einem global gerechten Niveau.¹⁰⁰ In den letzten Jahren ist das Bewusstsein über die Auswirkungen des Metallverbrauchs deutlich angestiegen. Sehr häufig fokussieren sich mediale Berichte und zivilgesellschaftliche Aktivitäten allerdings auf Metalle wie Lithium oder Kobalt. Das ist zu kurz gegriffen. Denn auch die sogenannten Basismetalle verursachen massive Umweltschäden, die Umweltgefährdungspotentiale – sprich die ökologischen Risiken bei der Förderung – sind zum Teil deutlich höher und unser Überkonsum geht zu Lasten einer international und zukünftig gerechten Rohstoffnutzung. Die negativen sozialen und ökologischen Auswirkungen des Rohstoffabbaus unterstreichen diese Notwendigkeit nur und müssen gesamtgesellschaftlich angegangen werden. Das bedeutet, dass Verhaltensänderungen Einzelner zwar eine Rolle spielen, die Verantwortung aber nicht allein beim Individuum, sondern bei der Gesamtgesellschaft liegt. Hier kommen politische Instrumente und Maßnahmen ins Spiel, die einen Rahmen für gesellschaftliche Entwicklungen geben und wesentlich schneller und zielführender greifen können, als bloße Appelle an das Individuum.

Eine besondere Rolle haben politische Maßnahmen zur Verminderung des Metallverbrauchs in den beiden Bedürfnisfeldern Mobilität und Wohnen. Sie besitzen eine

enorme Hebelwirkung mit Hinblick auf die genutzten Volumina. Die Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag „das Ziel der Senkung des primären Rohstoffverbrauchs und geschlossener Stoffkreisläufe“ proklamiert. Im Folgenden wurden den Bundesministerien daher einzelne Maßnahmen zugeordnet, deren Umsetzung in ihrem jeweiligen Verantwortungsbereich liegt:

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

1. Kleinere und leichtere Autos

„Die Einführung einer Obergrenze für den Fußabdruck von Fahrzeugen, sowohl in absoluten Zahlen als auch als verkaufsgewichteter Durchschnitt, gepaart mit zukünftigen Nettorückgängen, um die Verlagerung der SUVs zu begrenzen und dann umzukehren“¹⁰¹, fordert eine gemeinsame Studie der Global Fuel Economy Initiative in Zusammenarbeit mit der FIA Foundation, dem UNEP, der IEA, und anderen. Auch der Studie des ifeu Instituts zufolge liegen hier bedeutsame Hebel, um Basisrohstoffe einzusparen und die ökologischen sowie sozialen Herausforderungen beim Abbau zu reduzieren. Das BMDV sollte daher einen Rahmen setzen, damit Autos wieder kleiner und leichter werden. Durch eine Verlagerung von SUVs und Mittelklassefahrzeugen hin zu Kleinwagen, indem jährlich 30 Prozent der Zulassungen in das Kleinwagensegment

verschoben werden, könnten sich bis 2050 Einsparungen von 7,8 Mio. Tonnen Eisen, Aluminium, Kupfer und Nickel ergeben (siehe Kapitel „Reduktionspotentiale im Verkehrssektor“).

Um diese Verminderung der durchschnittlichen Pkw-Gewichte zu adressieren und eine Verlagerung zu Kleinwagen zu initiieren, braucht es entsprechend angepasste Bonus-Malus-Systeme¹⁰², wie sie zum Beispiel in Frankreich existieren. Dort wird eine Gewichtsstrafsteuer auf besonders schwere Verbrenner erhoben. Diese Steuer wird bei der Erstzulassung eines Pkw einmalig gezahlt. Seit dem 1. Januar 2024 fällt die Gewichtsstrafsteuer ab 1,6 Tonnen an und ist progressiv steigend. Für Fahrzeuge mit einem Gewicht von über 1,6 Tonnen werden pro Kilogramm zehn Euro berechnet, ab 1,8 Tonnen 15 Euro, ab 1,9 Tonnen 20 Euro, ab zwei Tonnen 25 Euro und über 2,1 Tonnen sogar 30 Euro. Ermäßigungen gelten unter anderem für Familien mit vielen Kindern.¹⁰³ Das Ziel ist klar: Besonders große, schwere und umweltschädliche Autos müssen (ökonomisch) unattraktiver werden. Auch eine Umlage über höhere Parkgebühren, wie zuletzt in Paris beschlossen, stellt eine weitere Möglichkeit dar.¹⁰⁴

Die Global Fuel Economy Initiative in Zusammenarbeit mit UNEP und IEA schlägt zudem Reformen der KfZ-Steuer vor. So sollten neben dem Gewicht auch Verkaufspreise als Steuerungsparameter genutzt werden.¹⁰⁵ Wichtig ist, dass die Einnahmen aus diesen Steuern und Gebühren sozialverträglich zurückerstattet werden. Das Klimageld ist dabei eine Möglichkeit, ebenso wie Investitionen in das Schienennetz, den ÖPNV sowie den Fahrrad- und Fußverkehr. Auch sollten Gelder in die Unterstützung des Deutschland-Tickets fließen, dessen Preis entsprechend wieder sinken und somit den ÖPNV attraktiver machen würde. Darüber hinaus sollte der Ausbau der Ladeinfrastruktur so geplant werden, dass die Nutzung von E-Autos mit geringerer Reichweite attraktiv ist. Denn geringere Reichweiten bedeuten kleinere und leichtere Batterien und wirken sich am Ende positiv auf die genutzten Basismetalle aus.

2. Gemeinsame Nutzung und Reduktion der Gesamtzahl von Autos

Neidisch blicken viele Menschen in Deutschland nach Paris, London, Kopenhagen oder Amsterdam. Denn dort wurden Mobilitätswenden eingeleitet, der öffentliche Nahverkehr unterstützt und Fuß- und Fahrradverkehr Vorrang in der Stadtplanung eingeräumt. Durch eine Verminderung der Neuzulassungen um jährlich 30 Prozent, könnte der Bedarf an Eisen, Aluminium, Kupfer und Nickel bis

2050 um knapp 31,2 Mio. Tonnen gesenkt werden. Eine Reduktion von Neuzulassungen bildet somit eine äußerst wirksame Maßnahme, um den Metallbedarf der untersuchten Basismetalle sowie zahlreicher kritischer Rohstoffe zu senken.

Um die Zahl der Autos zu reduzieren, gibt es unterschiedliche Push- und Pull-Maßnahmen. Zum einen hilft die erwähnte Steigerung der Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel sowie eine stärkere Berücksichtigung und Förderung von weniger ressourcenintensiven Verkehrsmitteln.¹⁰⁶ Darüber hinaus müssen verschiedene Formen von Sharing-Konzepten unterstützt werden, sodass es für viele Menschen einfach wird, kein eigenes Auto mehr zu besitzen. Dabei müssen Menschen jeden Alters und mit oder ohne Behinderung mitgedacht und mobil gehalten werden.

Zusätzlich braucht es Push-Faktoren. Beispielsweise verbietet Oslo ab dem Jahr 2025 Autos mit Verbrenner-Motoren den Zugang zur Innenstadt.¹⁰⁷ Zugangsbeschränkungen, Maut-Systeme und der Wegfall von (kostenfreien) Parkplätzen sind Möglichkeiten, auf lokaler Ebene zu reagieren. Der systematische Vorrang von Autos in der Stadtplanung, Straßenverkehrsordnung und in Bezug auf die Finanzierung von Infrastrukturen sollte beendet werden.¹⁰⁸ Auch umweltschädliche Subventionen, wie zum Beispiel das Dieselprivileg, müssen konsequent abgeschafft werden. Durch die Abschaffung von Steuervorteilen für Dienstwagen könnten zudem jedes Jahr mehrere Milliarden Euro Steuern eingespart werden.¹⁰⁹

25



Durch eine Reduktion von Neuzulassungen und einer Verlagerung auf kleinere und leichtere E-Autos könnte der Metallbedarf im Transportbereich erheblich gesenkt werden. Foto: andreas160578, Pixabay

3. Förderung von Langlebigkeit und Wiederverwertung

Neben der Reduktion von Anzahl und Größe von Pkw, muss eine möglichst lange Nutzungsdauer sichergestellt werden, beispielsweise durch langlebiges Design, langlebige Materialien und regelmäßige Wartung sowie eine erhöhte Wiederverwendung von Fahrzeugteilen (Remanufacturing).

Die europäische Batterieverordnung ist hier ein wichtiger Schritt mit konkreten Vorgaben für die Kreislaufführung von Batterierohstoffen. Sie schreibt Mindestanteile von Rezyklaten ab dem 18. August 2036 für Industriebatterien, Elektrofahrzeugbatterien, Batterien für leichte Verkehrsmittel und Starterbatterien vor, die Kobalt, Blei, Lithium oder Nickel in Aktivmaterialien enthalten. Bei Nickel muss dieser mindestens 15 Prozent betragen. Auch bei der stofflichen Verwertung der genannten Batterien setzt die Verordnung Zielvorgaben. Spätestens ab dem 31. Dezember 2027 müssen zum Beispiel Kupfer und Nickel zu 90 Prozent verwertet werden, spätestens ab dem 31. Dezember 2031 sogar bis zu 95 Prozent.¹¹⁰

Doch nicht nur die Batterie-, sondern die gesamte Automobilproduktion muss in die Kreislaufwirtschaft überführt werden. Das bedeutet, dass Aspekte wie Recycling und Langlebigkeit im Rahmen des ökologischen Produktdesigns priorisiert werden. Diese Maßnahmen müssen stärkeren Eingang in laufende und künftige Strategien und Gesetzgebungsverfahren auf Bundes- und

EU-Ebene finden. So sollten in der EU-Verordnung über das Recycling von Altfahrzeugen verbindliche Mindestquoten für die Wiederverwendung von Fahrzeugteilen festgelegt und Hersteller dazu verpflichtet werden, die Demontage von allen (wiederverwendbaren) Fahrzeugteilen zu erleichtern. Auch sollten die Reichweite der Verordnung um weitere Fahrzeugarten ausgedehnt^{xii} und ambitionierte Quoten für den Mindestanteil von recyceltem Stahl und Aluminium festgeschrieben werden.¹¹¹

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)

1. Verbesserte Nutzung und Entwicklung des Bestands

Während sich in vielen Großstädten die Wohnungsnot verschärft und Mieten rasant steigen, stehen in einigen Teilen Deutschlands – gerade im ländlichen Raum – zahlreiche Wohnungen leer. In zehn von 16 Bundesländern gibt es Regionen mit mehr als acht Prozent Wohnungsleerstand.¹¹² Auch in den vier größten Städten (Berlin, Hamburg, München und Köln) standen laut Statista im Jahr 2022 etwa 16.770 Wohnungen leer.¹¹³ Andere Berechnungen, die Zählungen aus dem Mikrozensus nutzen, gehen allein in München von einem (temporären) Leerstand von 25.000 bis 47.000 Wohnungen aus.¹¹⁴ Um Leerstand zu vermeiden, können beispielsweise in den Niederlanden Geldbußen in Höhe von bis zu 9.000 Euro verhängt werden.

Auch die Umwandlung von ungenutzten Bürogebäuden, Kirchen, alten Schulen und Krankenhäusern wird in den Niederlanden vorangetrieben.¹¹⁵ Das BMWSB sollte prüfen, inwieweit Umwandlungen auch in Deutschland möglich sind. Allein im Jahr 2022 standen in Berlin Büroflächen mit 740.000 Quadratmetern leer.¹¹⁶ Wenn man die durchschnittliche Wohnungsgröße von mittlerweile 92,1 Quadratmetern¹¹⁷ zu Rate zieht, entspräche dieser Büroleerstand etwa 8.000 Wohnungen. Durch die Veränderung von Arbeitsgewohnheiten und die Zunahme der Arbeit im Home-Office könnte dieser Anteil in Zukunft sogar noch zusätzlich steigen.

Wenig überraschend liegen die größten Ressourceneinsparpotentiale im Bausektor im Rückgang von Wohn- und Büroflächen.¹¹⁸ Durch verschiedene Maßnahmen, wie etwa

xii Der aktuelle Entwurf der EU-Kommission sieht vor, dass die meisten Maßnahmen der Verordnung nur für Fahrzeuge mit höchstens acht Sitzplätzen und einer Gesamtmasse von maximal 3,5 Tonnen gelten sollen. Größere Fahrzeuge, aber auch Motorräder, Quads und Anhänger wären davon ausgenommen.



In einigen Regionen Deutschlands stehen zehn Prozent der Wohnungen leer: Um Leerstand entgegenzuwirken, muss das Leben abseits der Großstädte an Attraktivität gewinnen. Foto: Ploegerson, Unsplash

die Nutzung von bestehenden Leerständen im ländlichen Raum, wäre eine erhebliche Senkung des Neubaubedarf möglich: Insgesamt könnten durch das konsequente Umsetzen der von Zimmermann et al. (2023) untersuchten Suffizienzansätze, jedes Jahr enorme Einsparungen von 3,42 Mio. Tonnen metallischer Rohstoffe erzielt werden (siehe Kapitel „*Reduktionspotentiale im Bausektor*“). Zur Förderung dieser Ansätze sollte das BMWSB eine Nationale Effizienz- und Suffizienzstrategie Gebäude entwickeln, welche unter anderem die Durchführung einer bundesweiten Kampagne vorsieht. Zudem müssen bundesweite Standards gesetzt und das Bau- und Planungsrecht so angepasst werden, dass Suffizienzansätze im Bausektor gegenüber Neubauten und dem Erschließen von Neubaugebieten priorisiert werden.¹¹⁹

Allgemein sind Maßnahmen zur Entwicklung des Bestands, darunter die Aufstockung von Wohn- und Nichtwohngebäuden und die Lebenszeitverlängerung von Gebäuden durch Renovierung, gegenüber Neubau vorzuziehen und sozial gerecht umzusetzen. Auch eine Genehmigungspflicht für Abrisse, nach der diese vorab einer Prüfung von Umwelt- und Klimafolgen unterzogen werden müssen, stellt hier ein denkbare Instrument dar.¹²⁰ Darüber hinaus braucht es eine Prüfung, inwieweit Brachflächen und Baulücken bebaut werden können, anstatt unter hohem Ressourceneinsatz neue Flächen im Außenbereich zu erschließen.¹²¹

2. Bedarfsgerechte Nutzung von Wohnraum

Insbesondere ältere Menschen leben häufig in Wohnungen, die sie zum Beispiel nach dem Auszug der Kinder oder alleine unzureichend nutzen. Zu diesem Ergebnis kommt eine Befragung im Münsterland, in der 51 Prozent der Befragten angaben, mindestens einen Raum nicht mehr zu nutzen, davon 80 Prozent sogar zwei oder mehr Räume.¹²² Aufgrund von Wohnungsmangel sind kleinere Wohnungen oft nicht verfügbar oder durch deutlichen Anstieg der Mietpreise ähnlich teuer oder gar teurer als die aktuelle Wohnung. Gleichzeitig zeigen Erfahrungen aus Genossenschaften, dass dort Möglichkeiten zum Wohnungstausch angeboten und genutzt werden.

Kommunen, Länder und der Staat sollten daher zum einen genossenschaftliches Wohnen stärker fördern und zum anderen Maßnahmen ergreifen, die einen Umzug in kleinere Wohnungen, Modelle zum Wohnungstausch, die Aufnahme von weiteren Personen in den Haushalt, die Abtrennung einer Wohneinheit sowie die Teilung von Ein- oder Zweifamilienhäusern erleichtern.

3. Reduktionspotentiale beim Neubau

Nicht immer lassen sich Neubauten durch die Hebung des Bestands vermeiden. Hierbei müssen jedoch Abwägungen getroffen werden, durch die eine möglichst lange, effiziente und vielseitige Nutzbarkeit der neuen Gebäude sichergestellt werden kann.

Um Rohstoffe einzusparen, muss der Trend, nach dem der Anteil an Mehrfamilienhäusern an den gesamten Gebäuden in den vergangenen Jahrzehnten gestiegen ist, fortgesetzt und ausgebaut werden. Zudem sollten neue Gebäude möglichst flächensparsam gebaut werden. Das Wohnen in Einfamilienhäusern, deren Bau verglichen mit Mehrfamilienhäusern deutlich größere Mengen Rohstoffe und Fläche pro Wohneinheit benötigt, muss daher an Attraktivität verlieren. Wie im Kapitel „*Reduktionspotentiale im Bausektor*“ aufgezeigt, lassen sich schon durch einen leicht steigenden Trend hin zu Mehrfamilienhäusern bis 2050 rund 1,4 Mio. Tonnen Metalle einsparen.

Gleichzeitig sollten Maßnahmen ergriffen werden, um die durchschnittliche Wohnfläche von 47,7 m² zu reduzieren. Durch ein Angleichen auf etwa das Niveau von 1993 (35,4 m² pro Person), könnten bis 2050 etwa 48,7 Mio. Tonnen Metalle eingespart werden. Aber auch durch ein leichtes Absenken der durchschnittlichen Wohnfläche – beispielsweise auf die 41,2 m², nach denen die Wohnzufriedenheit ohnehin nicht mehr steigt –, lassen sich entsprechend große Mengen metallischer Rohstoffe vermeiden. Um dies zu erreichen, müssen Formen des Wohnens, in denen beispielsweise auch Gemeinschaftsflächen gemeinsam genutzt werden, an Attraktivität gewinnen.

Die Forderung nach einer sinkenden durchschnittlichen Wohnfläche kann allerdings nicht alle Menschen gleichermaßen treffen und darf nicht auf ökonomischem oder sozialem Zwang basieren, sondern sollte darauf abzielen, ungenutzte Flächen zu reduzieren und Potentiale auszuschöpfen. Um eine möglichst lange Lebenszeit von Gebäuden sicherzustellen, ist es wichtig, beim Bau auch künftige, sich verändernde Nutzungsbedürfnisse und Rahmenbedingungen zu antizipieren – schließlich verändern sich die Ansprüche an ein Gebäude möglicherweise mit der Zeit. In diesem Sinne sollten Möglichkeiten zur Anpassbarkeit, wie beispielsweise modulare Bauweisen gefördert werden, die eine flexiblere Flächengestaltung ermöglichen.¹²³ Diese können außerdem umweltbezogene Vorteile gegenüber konventionellen Gebäuden ausweisen.¹²⁴

Damit der Rohstoffbedarf bei Neubauten darüber hinaus verringert werden kann, ist die Wiederverwendung von Baustahl und Bauteilen wichtig – so zum Beispiel durch entsprechendes Design und die Verwendung standardisierter Bauelemente, die später die Demontage und das Recycling erleichtern. Durch ein Design, welches weniger auf Überspezifikation und Leichtbau setzt, lässt sich außerdem der Bedarf nach Baustahl und Strukturbeton verringern.¹²⁵ Um den Einsatz metallischer Rohstoffe zu reduzieren, empfehlen sich darüber hinaus politische Maßnahmen, die durch angepasste Vorschriften und Subventionen wie Kaufprämien den Einsatz alternativer Baumaterialien fördern. Diese könnten beispielsweise angewendet werden, um die Nutzung von Aluminium in Fensterrahmen und somit den Einsatz von Basismetallen im Fensterbau zu senken. Hier braucht es weitere Forschung, um zu untersuchen, welche weiteren Wechselwirkungen eine Verlagerung von Aluminium-Fensterahmen zu Holz- oder Kunststofffenstern hätte.

Auch eine Primärbaustoffsteuer, wie sie für mineralische Rohstoffe diskutiert wird¹²⁶, sollte für metallische Rohstoffe geprüft werden. Für mineralische Rohstoffe geht das UBA von einem Kostenanstieg um 0,3 Prozent aus.¹²⁷

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

1. Erhöhung des Sekundärmetalleinsatzes

Das BMUV arbeitet aktuell an einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS). Hier liegt eine große Chance, Reduktionsziele und -potentiale festzuschreiben und verbindlich zu gestalten. Denn um, wie im Koalitionsvertrag festgelegt, die Verwendung von Primärrohstoffen und damit die Importabhängigkeit Deutschlands zu senken, müssen Recyclingpotentiale metallischer Rohstoffe stärker ausgeschöpft werden. Diese Potentiale sind jedoch abhängig von den in Deutschland verfügbaren Schrottmengen und fallen von Metall zu Metall unterschiedlich hoch aus. Bei Eisen und Stahl bestehen noch deutlich höhere Steigerungspotentiale für den Einsatz von Rezyklaten als bei Kupfer und Aluminium (siehe Kapitel „*Potentiale im Metallrecycling*“).

Wichtig ist, dass politische Maßnahmen über Zielvorgaben für den Einsatz von Sekundärmetallen hinausgehen, da sie sonst oftmals nicht den erhofften Effekt haben. Stattdessen müssen sie darauf abzielen, die Verfügbarkeit von Schrotten in angemessener Qualität zu erhöhen: So sollten Wiederverwendbarkeit, Demontage und Recycling bereits im

Design von Produkten erleichtert und sichergestellt werden. Darüber hinaus sollten digitale Produktpässe für alle Produkte verbindlich eingeführt werden, mit Hilfe derer Recyclingbetriebe über die Zusammensetzung der Produkte informiert werden. Diese sind beispielsweise für die Werkstofferkennung und Aufbereitung von Legierungsschrotten^{xiii} hilfreich.¹²⁸

Außerdem muss die Sammlung von End of Life-Produkten verbessert werden. Dafür braucht es zusätzliche Recyclingkapazitäten^{xiv} und verbesserte Recyclingtechnologien.^{xv} Auch die Exporte von Schrotten müssen so gesteuert werden, dass hochwertiges Recycling sichergestellt wird. Beispielsweise werden Aluminiumschrotte, die in der EU anfallen, häufig mangels ausreichender Recyclingkapazitäten in Deutschland bzw. der EU exportiert. Durch eine stärkere inländische Verwendung dieser Schrotte könnten Importe von Primärmetallen erheblich reduziert werden.¹²⁹

2. Verstärkter Einsatz von Sekundärmetallen

Damit sich Recycling lohnt, braucht es neben der Verfügbarkeit von ausreichend Schrotten in passender Qualität außerdem Vorgaben oder finanzielle Anreize für Unternehmen, um die Nutzung von Sekundärrohstoffen gegenüber Primärrohstoffen vorzuziehen. Hier wäre die Einführung eines geringeren Steuersatzes für Recyclingrohstoffe denkbar. Auch die Einführung eines Vorrangprinzips, demnach Primärrohstoffe nur dann zum Einsatz kommen dürfen, wenn auf dem Markt bzw. in der Branche keine Sekundärrohstoffe zur Verfügung stehen, stellt eine mögliche Maßnahme dar.¹³⁰

3. Steigerung der Nutzungsdauer von Gütern (Verhinderung von frühzeitigem Verschleiß und Gewährleistung von Reparierbarkeit)

Viel zu viele Produkte werden ausgetauscht, obwohl ihre Lebenszeit deutlich verlängert werden könnte. Die Gründe dafür sind vielfältig: Oftmals scheint sich der Reparaturaufwand nicht zu lohnen, der Fehler ist für Laien schwer zu identifizieren, das Produkt lässt sich schlecht öffnen oder auseinanderbauen.

^{xiii} Beispielsweise Aluminium wird in etwa 200 verschiedenen Legierungen eingesetzt.

^{xiv} Die Verarbeitungskapazitäten von Schrotten in Deutschland sind nicht ausreichend, zum Beispiel für Kupfer. Zudem geht Kupfer im Sortierprozess teilweise an den Stahlschrottstrom verloren. Hier braucht es eine verbesserte Sortierung.

^{xv} Der Einsatz und die Förderung von Recyclingtechnologien sind insbesondere für Hochleistungswerkstoffe essentiell, da diese exakte Legierungszusammensetzungen benötigen.

Teilweise liegt dem eine geplante Obsoleszenz, also ein beim Produktdesign gezielt herbeigeführter, frühzeitiger Verschleiß, zugrunde. Politische Maßnahmen müssen daher ein Verbot einer solchen geplanten Obsoleszenz umfassen.

Da Geräte wie Smartphones häufig ersetzt werden, weil ihr Software-Support ausläuft oder sich ihre Reparatur als schwierig gestaltet, sollten Hersteller gesetzlich dazu verpflichtet werden, Software-Updates und somit die Sicherheit und das Funktionieren der Geräte über einen deutlich längeren Zeitraum zu gewährleisten. Wissenschaftler*innen schlagen beispielsweise eine Ausweitung dieser Gewährleistung auf sieben Jahre vor.¹³¹ Zur Verbesserung der Reparierbarkeit sollten zudem Handbücher und Informationen zum Aufbau öffentlich zur Verfügung gestellt sein. Um die Rohstoffverschwendung zu adressieren und die Reparaturfähigkeit zu erhöhen, empfiehlt der WWF darüber hinaus die Ausweitung der Herstellerverantwortung für die Sammlung und Verwertung der nicht mehr genutzten Geräte.¹³²

Das *Recht auf Reparatur*, auf das sich die EU im Februar 2024 geeinigt hat und welches in den nächsten Monaten von den Mitgliedstaaten in nationales Recht übertragen werden muss, stellt hierbei einen wichtigen Schritt für Ressourceneinsparungen dar. Dieses neue Recht beinhaltet die Verpflichtung der Hersteller, eine Auswahl gängiger Haushaltsgeräte zu reparieren. Es verlängert die gesetzliche Garantie für reparierte Waren um ein Jahr und gibt den Verbraucher*innen das Recht, ein Gerät ausleihen zu können, während ihr eigenes repariert wird. Ebenso sollen Ersatzteile zu angemessenen Preisen erhältlich sein und digitale Informationsplattformen aufgebaut werden. Jeder Mitgliedstaat muss zudem mindestens eine Maßnahme einführen, um darüber hinaus Reparaturen zu fördern – dazu zählen beispielsweise Reparaturgutscheine, Reparaturkurse, die Unterstützung von Repair Cafés oder die Senkung des Mehrwertsteuersatzes für Reparaturdienstleistungen.¹³³

Die Einigung weist allerdings an verschiedenen Stellen Lücken auf, wie der Runde Tisch Reparatur und das Bündnis Right to Repair Europe kritisieren: So beschränkt sich ihr Umfang auf Smartphones, Tablets, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen, Trockner, Kühlschränke, Displays, Server und Schweißgeräte – Staubsauger sollen künftig dazu kommen. Bei der Übersetzung in nationales Recht muss hier nachgebessert werden. Auch sieht die Einigung zwar vor, dass *Design for Repair* nicht aktiv verhindert werden darf, allerdings wird es auch nicht explizit von den Herstellern verlangt.¹³⁴



Im Schnitt werden Smartphones in Deutschland etwa zwei Jahre genutzt. Diese Nutzungsdauer lässt sich deutlich ausbauen. Foto: Elly Brian, Unsplash

4. Rohstoffverschwendung stoppen

Im Rahmen der NKWS und darüber hinaus, sollte das BMUV prüfen, wie in den Bereichen, in denen große Mengen Eisen, Aluminium, Kupfer und Nickel eingesetzt werden, diese reduziert und gegebenenfalls ersetzt werden können. In Bezug auf Aluminium gilt dies insbesondere für die Verpackungsindustrie, in der 13 Prozent des in Deutschland verwendeten Aluminiums eingesetzt werden. Da sich Aluminium nur sehr aufwendig recyceln lässt, kommt es häufig zu Downcycling (siehe Kapitel „Weitere Einsparmöglichkeiten“). Das BMUV sollte daher sowohl eine Getränke- bzw. Lebensmittelverpackungssteuer in Erwägung ziehen – vor allem für Getränkedosen und Kaffee kapseln – als auch prüfen, an welchen Stellen Verbote sinnvoll einsetzbar sind. Verbote sollten auch für elektronische Einwegprodukte, wie Tabakerhitzer oder Einweg-E-Zigaretten geprüft werden.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

1. Vorbereitung und Erhöhung des Recyclings neuer Technologien

Da verschiedene der sogenannten Zukunftstechnologien wie etwa Windturbinen und Solaranlagen heute erst vereinzelt an das Ende ihres Lebenszyklus gelangen und als Schrotte noch nicht in großen Mengen zur Verfügung stehen, gibt es in Deutschland und der EU bisher kaum Recyclingkapazitäten. Dies wird sich in den kommenden Jahren jedoch drastisch ändern (siehe Kapitel „Erhöhung des Recyclings neuer Technologien“) und betrifft nicht nur die Basismetalle Eisen, Aluminium,



Wenn erneuerbare Energietechnologien das Ende ihrer Lebenszeit erreichen, müssen sie angemessen recycelt werden, um Downcycling zu verhindern.

Foto: adege, Pixabay

Kupfer und Nickel, sondern auch viele andere Rohstoffe wie Seltene Erden, Silber oder Silizium. Entsprechend ist es von großer Bedeutung, schon heute politische Maßnahmen zu ergreifen, um nötige Sammelinfrastrukturen aufzubauen, Recyclingkapazitäten zu stärken und künftig den Einsatz von Sekundärrohstoffen in den neuen Technologien zu fördern. Hierbei, wie auch bei anderen Anlagen und Produkten, sind produktspezifische Mindestquoten für den Einsatz von Sekundärrohstoffen als mögliche Maßnahmen denkbar.

2. Umsetzung des *Critical Raw Materials Act*

Mit dem *Critical Raw Materials Acts* sind die EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, sowohl die Nachfrage nach kritischen Rohstoffen zu „moderieren“, als auch die Kreislaufwirtschaft auszubauen.¹³⁵ Das BMWK sollte daher Maßnahmen prüfen, die das prognostizierte Wachstum der Rohstoffverbräuche adressiert und Reduktionspotentiale identifizieren. Die Maßnahmen sollten dabei nach einzelnen Rohstoffen aufgeschlüsselt werden. Das statistische Bundesamt sollte jährlich Zahlen zur Nutzung der Kritischen Rohstoffe veröffentlichen. Zudem ist das BMWK dazu aufgefordert, – gegebenenfalls über die DERA oder die BGR – jährlich über den Stand der Kreislaufführung von kritischen Metallen berichten.¹³⁶ Für die Unterstützung der Kreislaufwirtschaft sollten auch die Gelder des Rohstofffonds mobilisiert und Anschubfinanzierungen oder Technologieentwicklung unterstützt werden.¹³⁷

Bundesministerium für Gesundheit (BMG)

Im Gesundheitssektor sollte das BMG metallische Einsparpotentiale überprüfen und dabei insbesondere dem Problem des Downcyclings von metallischen Geräten entgegenwirken. Dafür gibt es bereits verschiedene Ansätze, um metallisches Einwegbesteck getrennt zu sammeln und zu verwerten. Auch das Universitätsklinikum Bonn hat im Jahr 2022 mit dem Recycling chirurgischer Einweggeräte, darunter Klammernahtgeräte und Ultraschallscheren, begonnen. Zusammen mit anderen, nichtinfektiösen Einweggeräten (wie Pinzetten, Klemmen, Petrischalen und Anästhesiezubehör) werden diese in der Mikrobiologie der Klinik sterilisiert und anschließend mechanisch recycelt. Etwa 80 Prozent des Materials kann somit stofflich wiederverwertet werden.¹³⁸

Hier braucht es weitere Forschung und Unterstützung. Das BMG sollte prüfen, wie bei Gewährleistung höchster Gesundheits- und Sicherheitsstandards die Kreislaufführung von Metallen ausgebaut werden kann und welche Alternativen zu dessen Verwendung bestehen.

Politisches Handeln, jetzt!

Die Versorgungssicherheit mit Rohstoffen ist in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus der Politik gerückt. Das zeigen sowohl das entschlossene Handeln der EU, als auch die Reisen des Bundeskanzlers nach Indonesien, Argentinien und auf den afrikanischen Kontinent. Doch statt des Erschließens ständig neuer Rohstoffquellen, sollten neben dem Ausbau der Kreislaufwirtschaft auch das aktive Ausschöpfen der Reduktionspotentiale im Vordergrund stehen. Schließlich werden wir auch in Zukunft in all unseren Lebensbereichen Metalle brauchen.

Um diese umfassende Versorgung auch für Menschen in Gesellschaften des Globalen Südens und künftige Generationen weltweit zu gewährleisten, ist es also dringend geboten, den Einsatz von Primärrohstoffen in Deutschland und Europa einzudämmen und die nicht nachhaltige Nutzung metallischer Rohstoffe zu beenden. Viele der Reduktionspotentiale erfordern dabei klare politische Maßnahmen. Nur durch geeignete Rahmenbedingungen kann die dringend notwendige Ressourcenschonung fokussiert werden.

Bildnachweise und Quellen

Umschlag: „Viele geparkte Fahrräder auf einer schmalen alten Minter Street Møntergade in der Altstadt von Kopenhagen, Dänemark“, <https://www.istockphoto.com/de/foto/viele-geparkte-fahrraeder-auf-einer-schmalen-alten-minter-street-moentergade-in-der-gm1390531791-447461474?phrase=fahrrad+stra%C3%9F%C3%A9>, Foto: Viacheslav Chernobrovin, <https://www.istockphoto.com/de/portfolio/ViacheslavChernobrovin?mediatype=photography>, iStock

S. 7 „Rio de Janeiro, Brazil, February 1, 2019. Protest against the dam burst in the city of Brumadinho, Minas Gerais. It was an environmental crime by Vale do Rio Doce, mining company.“, <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/rio-de-janeiro-brazil-february-1-1302513685?consentChanged=true>, Foto: Rodrigo S Coelho, <https://www.shutterstock.com/de/g/RodrigoS-Coelho>, Shutterstock

S. 10 „Stahlarbeiter bei der Arbeit in der Nähe der Tanks mit heißem Metall“, <https://www.istockphoto.com/de/foto/stahlarbeiter-bei-der-arbeit-in-der-nahe-der-tanks-mit-heissem-metall-gm1271345728-373967928>, Foto: maki_shmaki, https://www.istockphoto.com/de/portfolio/maki_shmaki?mediatype=photography, iStock

S. 12 „Bewegung von Fahrzeugen entlang der Produktionslinie im Werk. Auto-Montagehalle. Kfz-Montage von Teilen“, <https://www.istockphoto.com/de/foto/bewegung-von-fahrzeugen-entlang-der-produktionslinie-im-werk-auto-montagehalle-kfz-gm1066926898-285317985?phrase=automobilindustrie>, Foto: Traimak_Ivan, https://www.istockphoto.com/de/portfolio/Traimak_Ivan?mediatype=photography, iStock

S. 13 „Weiße Windmühle tagsüber“, <https://unsplash.com/de/fotos/wei%C3%9F%C3%A9-windm%C3%9C%C3%BChle-tags%C3%BCber>, Foto: Thomas Reaumur, <https://unsplash.com/de/@thomasreaumur>, Unsplash,

S. 14 „Blick von oben auf die Grube eines Kupfertagebaus in Peru“, <https://www.istockphoto.com/de/foto/blick-von-oben-auf-die-grube-eines-kupfertagebaus-in-peru-gm1796568852-548179799?phrase=bergbau>, Foto: tifonimages, <https://www.istockphoto.com/de/portfolio/tifonimages?mediatype=photography>, iStock

S. 16 „Luftaufnahmen von Querstraßen“, <https://unsplash.com/de/fotos/luftaufnahmen-von-querstrassen-8osoVBQWWHc>, Foto: Jens Herrndorff, https://unsplash.com/de/@jens_h, Unsplash,

S. 20 „Braunes 4-Schicht-Ziegelgebäude“, <https://unsplash.com/de/fotos/braunes-4-schicht-ziegelgeb%C3%A4ude-CwTfKH5edSk>, Foto: Sigmund, <https://unsplash.com/de/@sigmund>, Unsplash,

S. 21 „Schrott, zerkleinerte und zerkleinerte Kupfertteile“, <https://www.istockphoto.com/de/foto/schrott-zerkleinerte-und-zerkleinerte-kupfertteile-gm1176466144-328011364>, Foto: Andrew Stowe, <https://www.istockphoto.com/de/portfolio/AndrewStowe?mediatype=photography>, iStock

S. 24 <https://pixabay.com/de/photos/werkzeug-werkstatt-schleifscheiben-3498919/>, Foto: ingaklas, <https://pixabay.com/de/users/ingaklas-3411521/>, Pixabay, [Pixabay Lizenz](#)

S. 25 <https://pixabay.com/de/photos/carsharing-elektroauto-auto-smart-4382651/>, Foto: andreas160578, <https://pixabay.com/de/users/andreas160578-2383079/>, Pixabay, [Pixabay Lizenz](#)

S. 26 „Grüne Bäume in der Nähe von Gebäuden während des Tages“, <https://unsplash.com/de/fotos/grune-baume-in-der-nahe-von-geb%C3%A4uden-w%C3%A4hrend-des-tages-yfC-gLARltu4>, Foto: Ploegerson, <https://unsplash.com/de/@boombasti>, Unsplash,

S. 29 „Nahaufnahme einer Person mit Smartphone“, https://unsplash.com/de/fotos/nahaufnahme-einer-person-mit-smartphone-z0frqVZLZ_c, Foto: Elly Brian, <https://unsplash.com/de/@elbwrits>, Unsplash,

S. 30 <https://pixabay.com/de/photos/energie-erneuerbare-energie-2302001/>, Foto: adege, <https://pixabay.com/de/users/adege-4994132/>, Pixabay, [Pixabay Lizenz](#)

Abbildung 1, 2, 4-12

Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.

Abbildung 3

DERA (2022): Chart des Monats, März 2022. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202022_cdm_03_Energiewende_in_Deutschland.pdf?jsessionid=379A25199DCD7A967422C-B33A7672109.internet991?__blob=publicationFile&v=5

DERA (2022): Chart des Monats, April 2022. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202022_cdm_04_Energiewende_in_Deutschland.pdf?jsessionid=379A25199DCD7A967422C-B33A7672109.internet991?__blob=publicationFile&v=2

Quellen aus Fußnoten:

BDSV (2018): Zukunft Stahlschrott. Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott. Online: https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/030-Bro-ZuSt-RZ-20.1.pdf

Hiebel, M.; Nühlen, J. (2016): Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott). Hg: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen. Online: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2016/stahlrecycling-sichert-stahlproduktion.pdf>

SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit Und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021— 2025. Online: https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf

- 1 Europäische Kommission (2022): Rede von Präsidentin von der Leyen zur Lage der Union 2022. Online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/SPEECH_22_5493
- 2 Vertretung in Deutschland der Europäischen Kommission (2023): EU-Kommission begrüßt politische Einigung über das Gesetz über kritische Rohstoffe (CRMA). Online: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/eu-kommission-begrusst-politische-einigung-uber-das-gesetz-uber-kritische-rohstoffe-crma-2023-11-14_de
- 3 Global Witness (2023): Standing firm. The Land and Environmental Defenders on the frontlines of the climate crisis. Online: <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/environmental-activists/standing-firm/>
- 4 Climate Rights International (2024): CRI Indonesia Report. Nickel Unearthed. The Human and Climate Costs of Indonesia's Nickel Industry. Online: <https://cri.org/reports/nickel-unearthed/>
- 5 NDR (12.11.2023): NDR/WDR/SZ: Massive Vorwürfe gegen Zulieferer von BMW. Online: <https://www.ndr.de/der-ndr/presse/mitteilungen/NDR-WDR-SZ-Massive-Vorwurfe-gegen-Zulieferer-von-BMW,pressemeldungndr24278.html>
- 6 ECCHR (o. D.): The safety business: TÜV SÜD's role in the Brumadinho dam failure in Brazil. Online: <https://www.ecchr.eu/en/case/the-safety-business-tuev-sueds-role-in-the-brumadinho-dam-failure-in-brazil/>; Nützel, N. (25.01.2024): Staudammbruch vor fünf Jahren. Was Betroffene dem TÜV Süd vorwerfen. Online: <https://www.tageschau.de/wirtschaft/unternehmen/protest-staudammbruch-brasilien-tuev-sued-100.html>
- 7 Hartmann, K. (2019): Landraub für deutsche Autos. Wie ein Bergbaukonzern beim Bauxit-Abbau in Guinea Menschenrechte verletzt. Hg: PowerShift, Berlin. Online: <https://power-shift.de/wp-content/uploads/2020/02/Landraub-für-deutsche-Autos-web-18022020.pdf>
- 8 Becker, B., Grimm, M., Krameritsch, J. (Hg.) (2018): Zum Beispiel BASF. Über Konzernmacht und Menschenrechte. Online: https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/sonst_publicationen/zbbasf_kleinere-datei.pdf
- 9 Chardayre, T. I., Reckordt, M., Schnittker, H. (2022): Metalle für die Energiewende – Warum wir die Rohstoffwende und die Energiewende zusammendenken sollten. Hg: PowerShift, Berlin. Online: https://power-shift.de/wp-content/uploads/2023/05/Metalle-fuer-die-Energiewende-web02_230523.pdf
- 10 Kramer, M., Kind-Rieper, T., Munayer, R., Giljum, S., Mascelink, R., van Ackern, P., Maus, V., Luckeneder, S., Kuschnig, N., Costa, F., Rüttinger, L. (2023): Extracted Forests. Unearthing the Role of Mining-Related Deforestation as a Driver of Global Deforestation. Hg: WWF, WU, adelphi, Satelligence. Online: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/Wald/WWF-Studie-Extracted-Forests.pdf>
- 11 Meißner, Simon (2021): The Impact of Metal Mining on Global Water Stress and Regional Carrying Capacities—A GIS-Based Water Impact Assessment. Resources 10, no. 12: 120. <https://doi.org/10.3390/resources10120120>
- 12 Watari, T., Keisuke, N., Giurco, D., Nakajima, K., McLellan, B., Helbig, C. (2020): Global Metal Use Targets in Line with Climate Goals. Environmental Science & Technology 2020 54 (19), 12476-12483. DOI: 10.1021/acs.est.0c02471. Online: <https://takuma-watari.com/en/2020/09/16/est-metal2100/>
- 13 Chardayre, T. I., Reckordt, M., Schnittker, H. (2022): Metalle für die Energiewende – Warum wir die Rohstoffwende und die Energiewende zusammendenken sollten. Hg: PowerShift, Berlin.
- 14 Khan, Y. (18.04.2023): Copper Shortage Threatens Green Transition. The Wall Street Journal. Online: <https://www.wsj.com/articles/copper-shortage-threatens-green-transition-620df1e5>
- 15 Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg. Online: https://power-shift.de/wp-content/uploads/2024/03/Kurzstudie_Nutzung-und-Reduktionspotentiale-von-Basismetallen_PowerShift.pdf
- 16 Ebd.
- 17 European Parliament (2023): Critical raw materials: MEPs adopt plans to secure the EU's supply and sovereignty. Online: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231208IPR15763/critical-raw-materials-plans-to-secure-the-eu-s-supply>
- 18 UNEP International Resource Panel (2024): Global Resources Outlook 2024. Online: <https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024>
- 19 Taylor, K. (25.01.2021): EU lawmakers call for targets to reduce raw material use. Euractiv. Online: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/eu-lawmakers-call-for-targets-to-reduce-raw-material-use/>
- 20 European Parliament (2023): P9_TA(2023)0454. Framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials. Online: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0454_EN.pdf
- 21 Pilgrim, H. (2023): Transformation by design, not by disaster! Online: <https://power-shift.de/transformation-by-design/>
- 22 BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Deutsches Land – Rohstoffsituation 2022. Hannover. DOI: 10.25928/dero-si22. Online: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/roh-sit-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- 23 Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 24 Lutter, S., Kreimel, J., Giljum, S., Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Schoer, K., Manstein, C. (2022): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2022. Ressourcenbericht für Deutschland 2022 Spezial: Rohstoffnutzung der Zukunft. Umweltbundesamt. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/fb_die_nutzung_natuerlicher_ressourcen_2022_0.pdf; ifeu (2023): ifeu Berechnungen im Rahmen des DeuRes Modells (noch unveröffentlicht).
- 25 Günther, J., Lehmann, H., Nuss, P., Purr, K. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE Kurzfassung. Hg: UBA. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_kurzfassung_dt.pdf
- 26 DERA (o.J.): Rohstoff Eisen. Berlin. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/m-eisen.pdf?__blob=publicationFile&v=5; DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-57.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- 27 BDSV (2018): Zukunft Stahlschrott. Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott. Online: https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/030-Bro-ZuSt-RZ-201.pdf; DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung.; EuRIC (2020): Metal Recycling Factsheet. Brüssel.
- 28 World Economic Forum (2022): Steel Industry. Online: <https://www.weforum.org/publications/the-net-zero-industry-tracker/in-full/steel-industry/>
- 29 Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.

- 30 DERA (2022). Chart des Monats, März 2022. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/DERA%202022_cdm_03_Energiewende_in_Deutschland.pdf?_blob=publicationFile&v=5
- 31 Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-50.pdf?jsessionid=180148037E2011564253213AC-BA5F53A.internet012?_blob=publicationFile&v=4
- 32 Ebd.
- 33 IEA (2021): The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report. Online: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fd9/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>
- 34 Chardayre, T. I., Reckordt, M., Schnittker, H. (2022): Metalle für die Energiewende – Warum wir die Rohstoffwende und die Energiewende zusammendenken sollten. Hg: PowerShift, Berlin.
- 35 Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 36 DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung.; DERA (o.J.): Rohstoff Eisen. Berlin.
- 37 DERA (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58, Berlin. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-58.pdf?_blob=publicationFile&v=2; Aluminium Deutschland e. V. (2023): Aluminium in der Anwendung - alles über Alu. Online: <https://www.allesueberalu.de/aluminium-in-der-anwendung.html>
- 38 BGR (2022): Deutschland - Rohstoffsituation 2021.
- 39 DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung.
- 40 Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.
- 41 Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D., Alves Dias, P., Cavalli, A., Georgitzikis, K., Grohol, M., Itul, A., Kuzov, T., Latunussa, C., Lyons, L., Malano, G., Maury, T., Prior Arce, Á., Somers, J., Telsnig, T., Veeh, C., Wittmer, D., Black, C., Pennington, D., Christou, M. (2023): Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650. Online: https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2023.pdf
- 42 CRU Consulting (2022): Opportunities for aluminium in a post-Covid economy. Prepared for the International Aluminium Institute. Online: <https://international-aluminium.org/wp-content/uploads/2022/03/CRU-Opportunities-for-aluminium-in-a-post-Covid-economy-Report.pdf>
- 43 Ducker Holding LLC (2023): Light Vehicle Aluminium Content and Outlook Study. Online: <https://drivealuminum.org/wp-content/uploads/2023/05/Ducker-ATG-2023-Summary-Report-April-2023.pdf>; The Aluminium Association (2023): New Survey of Automakers Confirms Aluminum Use Expected to Grow in New Electric Vehicles. In: The Aluminium Association. Online: <https://www.aluminum.org/news/new-survey-automakers-confirms-aluminum-use-expected-grow-new-electric-vehicles>
- 44 Visual Capitalist (2022): The Key Minerals in an EV Battery. Online: <https://elements.visualcapitalist.com/the-key-minerals-in-an-ev-battery/>
- 45 IEA (2021): The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report.
- 46 Chardayre, T. I., Reckordt, M., Schnittker, H. (2022): Metalle für die Energiewende – Warum wir die Rohstoffwende und die Energiewende zusammendenken sollten. Hg: PowerShift, Berlin.
- 47 ifeu (2023): Ifeu Berechnungen im Rahmen des Deuress Modells (unveröffentlicht).
- 48 DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung.
- 49 Dorner, U. (2020): Rohstoffrisikobewertung - Kupfer. DERA Rohstoffinformationen; Gilsbach, L.; Dorner, U. (2020): Kupfer - Informationen zur Nachhaltigkeit. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Online: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kupfer.pdf?_blob=publicationFile&v=3
- 50 DERA (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58, Berlin.; Winnacker, K.; Küchler, L. (2006): Chemische Technik. Prozesse und Produkte. 5. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH.
- 51 DERA (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58, Berlin.; JRC (2023a): Raw Material Profile - Copper. In: RMIS – Raw Materials Information System. Online: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Copper>
- 52 Prakash, S.; Low, C.; Antony, F.; Dhoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón, L. (2023): Modell Deutschland Circular Economy - Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland. Im Auftrag des WWF. Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI, Freie Universität Berlin, Freiburg. Online: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/MDCE_Modellierung.pdf; DERA (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58, Berlin.
- 53 IEA (2023): World Energy Outlook 2023. International Energy Agency. Online: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/42b23c45-78bc-4482-b0f9-eb826ae2da3d/WorldEnergyOutlook2023.pdf>
- 54 European Commission (2023): Study on the critical raw materials for the EU 2023: final report. EC Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, LU. Online: <https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585>
- 55 Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.
- 56 IEA (2021): The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report.
- 57 Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.
- 58 Ebd.
- 59 Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D., Alves Dias, P., Cavalli, A., Georgitzikis, K., Grohol, M., Itul, A., Kuzov, T., Latunussa, C., Lyons, L., Malano, G., Maury, T., Prior Arce, Á., Somers, J., Telsnig, T., Veeh, C., Wittmer, D., Black, C., Pennington, D., Christou, M. (2023): Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650.
- 60 ifeu (2023): Ifeu Berechnungen im Rahmen des Deuress Modells (unveröffentlicht).
- 61 Eurostat (2023): EW-MFA Database.; ifeu (2022): Ifeu Berechnungen auf Basis des EU RME Modells für Eurostat (unveröffentlicht); JRC (2023d): Raw Material Profile - Nickel. In: RMIS – Raw Materials Information System. Online: <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/rmp/Nicke/>
- 62 European Commission (2023): Study on the critical raw materials for the EU 2023: final report. EC Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs., LU.

- 63** Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.; Nickel Institute (2023): Nickel in batteries. Online: <https://nickelinstitute.org/en/about-nickel-and-its-applications/nickel-in-batteries/>
- 64** SCRREEN (2023): Factsheets Updates Based on the EU Factsheets 2020 Nickel. Online: https://screen.eu/wp-content/uploads/2023/03/SCRREEN2_factsheets_NI-CKEL.pdf; VVMetalle (2021): Metallstatistik 2020. Gemeinsam Aufbrechen. Online: <https://www.vvmetalle.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=314715&token=ae6cf4b3b-d20efc41f3d76bfb263e9af22798787>
- 65** European Commission (2023): Study on the critical raw materials for the EU 2023: final report. EC Directorate General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs., LU.
- 66** Prakash, S.; Low, C.; Antony, F.; Dhoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón, L. (2023): Modell Deutschland Circular Economy - Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland. Im Auftrag des WWF. Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI, Freie Universität Berlin, Freiburg.; IEA (2023): Critical Minerals Demand Dataset. In: IEA. Online: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/critical-minerals-demand-dataset>
- 67** IEA (2023): Critical Minerals Demand Dataset. In: IEA. Online: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/critical-minerals-demand-dataset>
- 68** Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.
- 69** IEA (2021): The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report.
- 70** Visual Capitalist (2022): The Key Minerals in an EV Battery.
- 71** Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Eberling, E., Erdmann, L., Haendel, M., Krail, M., Loibl, A., Neef, C., Neuwirth, M., Rostek, L., Shirinzadeh, S., Stijepic, D., Tercero Espinoza, L. A., Baur, S.-J., Billaud, M., Deubzer, O., Maisel, F., Marwede, M., Rückschloss, J., Tippner, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021: „Auftragsstudie“. DERA-Rohstoffinformationen 50, Berlin.
- 72** Carrara, S., Bobba, S., Blagojeva, D., Alves Dias, P., Cavalli, A., Georgitzikis, K., Grohol, M., Itul, A., Kuzov, T., Latunussa, C., Lyons, L., Malano, G., Maury, T., Prior Arce, Á., Somers, J., Telsnig, T., Veeh, C., Wittmer, D., Black, C., Pennington, D., Christou, M. (2023): Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/386650.
- 73** Prakash, S.; Low, C.; Antony, F.; Dhoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón, L. (2023): Modell Deutschland Circular Economy - Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland. Im Auftrag des WWF. Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI, Freie Universität Berlin, Freiburg.
- 74** Tauer, R.; Aechtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland. Online: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Unternehmen/WWF-Modell-Deutschland-Circular-Economy-Broschuere.pdf>
- 75** Global Fuel Economy Initiative (2023): Trends in the global vehicle fleet 2023. Online: <https://www.globalfuel-economy.org/media/792523/gfei-trends-in-the-global-vehicle-fleet-2023-spreads.pdf>
- 76** KBA (2023): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2023. Online: https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilung/Fahrzeugbestand/2023/pm08_fz_bestand_pm_komplett.html
- 77** Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland. MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). infas; DLR und infas 360, Bonn, Berlin. Online: https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf
- 78** Tauer, R.; Aechtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland.
- 79** Zimmermann, P.; Brischke, L.-A.; Bierwirth, A.; Buschka, M. (2023): Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich. BBSR-Online-Publikation 09/2023. Online: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2023/bbsr-online-09-2023-dl.pdf;jsessionid=1EF2B9DC1ED5DBE3222B07AB9043AA9D.live!1313?blob=publicationFile&v=2>
- 80** Heinrich, M. A. (2019): Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau – Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freiham. Technische Universität München. Online: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1453693/870797.pdf>
- 81** Destatis (2022): Wohnungsbestand Ende 2021: 43,1 Millionen Wohnungen. In: Statistisches Bundesamt. Online: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/07/PD22_318_31231.html
- 82** Liebig, S.; Goebel, J.; Grabka, M.; Schröder Carsten (2022): Sozio-oekonomisches Panel (SOEP), Daten der Jahre 1984-2020. (SOEP-Core, v37, EU Edition). Text, DIW Berlin. Online: https://www.diw.de/en/diw_01.c.838578.en/edition/soep-core_v37eu_data_1984-2020_eu-edition.html; Statista (2024): Wohnfläche je Einwohner in Wohnungen bis 2022. In: statista. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36495/umfrage/wohnflaeche-je-einwohner-in-deutschland-von-1989-bis-2004/>
- 83** Zimmermann, P.; Brischke, L.-A.; Bierwirth, A.; Buschka, M. (2023): Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich. BBSR-Online-Publikation 09/2023.
- 84** statista (2017): Produktion von Fenstern in Deutschland nach Rahmenmaterial im Jahr 2016.; Heinrich, M. A. (2019): Erfassung und Steuerung von Stoffströmen im urbanen Wohnungsbau – Am Beispiel der Wohnungswirtschaft in München-Freiham. Technische Universität München.
- 85** Lutter, S.; Kreimel, J.; Giljum, S.; Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Schoer, K.; Manstein, C. (2023): Ressourcennutzung in Deutschland – Weiterentwicklung des deutschen Ressourcenberichts 2022 - Datengrundlagen. Umweltbundesamt. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ressourcennutzung-in-deutschland-weiterentwicklung>
- 86** Schoer, K.; Dittrich, M.; Kovanda, J.; Weinzettel, J.; Ewers, B.; Limberger, S.; Moll, S.; Baptista, N.; Bouwmeester, M. (2024): Documentation of the EU RME model - February 2024. Eurostat. Online: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6874172/Documentation+of+the+EU+RME+model/>
- 87** Lutter, S.; Kreimel, J.; Giljum, S.; Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Schoer, K.; Manstein, C. (2023): Ressourcennutzung in Deutschland – Weiterentwicklung des deutschen Ressourcenberichts 2022 - Datengrundlagen. Umweltbundesamt.
- 88** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 89** Ebd.
- 90** European Environment Agency (2021): Emerging waste streams: Opportunities and challenges of the clean-energy transition from a circular economy perspective. Online: <https://www.eea.europa.eu/publications/emerging-waste-streams-opportunities-and>
- 91** European Environment Agency (2021): Emerging waste streams: Opportunities and challenges of the clean-energy transition from a circular economy perspective.; Graulich, K.; Bulach, W.; Betz, J.; Dolega, P.; Hermann, C.; Manhart, A.; Bilsen, V.; Bley, F.; Watkins, E.; Stainforth, T. (2021): Emerging waste streams – Challenges and opportunities. Öko-Institut e.V.; IDEA Consult; IEEP. Online: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/EEA_emerging-waste-streams_final-report.pdf
- 92** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 93** Lutter, S.; Kreimel, J.; Giljum, S.; Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Schoer, K.; Manstein, C. (2022): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2022. Ressourcenbericht für Deutschland 2022 Spezial: Rohstoffnutzung der Zukunft. Umweltbundesamt.

- 94** Europäische Kommission (2023): Recht auf Reparatur: Reparaturen werden für Verbraucher/innen einfacher. In: European Commission - European Commission. Online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_23_1794
- 95** Lutter, S.; Kreimel, J.; Giljum, S.; Dittrich, M.; Limberger, S.; Ewers, B.; Schoer, K.; Manstein, C. (2022): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2022. Ressourcenbericht für Deutschland 2022 Spezial: Rohstoffnutzung der Zukunft. Umweltbundesamt; Rizos, V.; Bryhn, J.; Alessi, M.; Campmas, A.; Zarra, A. (2019): Identifying the impact of the circular economy on the Fast-Moving Consumer Goods Industry - Opportunities and challenges for businesses, workers and consumers – mobile phones as an example. A study for The European Economic and Social Committee (EESC). Centre for European Policy Studies. Online: <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/ae-03-19-510-en-n.pdf>
- 96** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 97** abfallmanager-medizin.de (2019): Die jährlichen Abfallkosten pro Krankenhausbett belaufen sich auf 800 €. In: abfallmanager-medizin.de. Online: <https://www.abfallmanager-medizin.de/zahl-des-monats/die-jaehrlichen-abfallkosten-pro-krankenhausbett-belaufen-sich-auf-800-e/>; abfallmanager-medizin.de (2023): Metalle getrennt sammeln. In: abfallmanager-medizin.de. Online: <https://www.abfallmanager-medizin.de/abfall-abc/metalle-getrennt-sammeln/>
- 98** abfallmanager-medizin.de (2020): Einweg- oder Mehrwegprodukte im Klinikum nutzen? In: abfallmanager-medizin.de. Online: <https://www.abfallmanager-medizin.de/themen/op-besteck-einweg-oder-mehrwegprodukte-im-klinikum-nutzen/>; IWKS (o.J.): Hochwertiges Recycling medizinischer Einweginstrumente. Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie. Online: https://www.iwks.fraunhofer.de/content/dam/iwks/de/documents/Flyer_Recycling%20und%20Wiederverwertung%20medizinischer%20Einmalger%C3%A4te_11_16.pdf
- 99** Verbraucherzentrale Hamburg (2022): Leichtes Aluminium – vermeiden, wo's geht! Online: <https://www.vzhh.de/themen/umwelt-nachhaltigkeit/muell-verpackungen/leichtes-aluminium-vermeiden-wos-geht>
- 100** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.; Stokstad, E. (2023): How much stuff does it take to not be poor? About 6 tons per year. American Association for the Advancement of Science. Online: <https://www.science.org/content/article/how-much-stuff-does-it-take-not-be-poor-about-6-tons-year>
- 101** Global Fuel Economy Initiative (2023): Trends in the global vehicle fleet 2023.
- 102** Blanck, R.; Zimmer, W. (2021): Klimaschutzinstrumente im Verkehr Umgestaltung der Kfz-Steuer: Bonus-Malus-System. Hg: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/uba-kurzpapier_bonus-malus-system_kliv.pdf
- 103** Assemblée nationale (2023): Projet de loi de finances n°1680 16e législature. Online: [https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/116b1680_projet-loi#](https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/116b1680_projet-loi#Baeumlin, C. (2023): Erneute Verschärfung der Kfz-Steuerung in Frankreich. In: Frankreich für Unetnehmen. Online: https://www.ffu.eu/erneute-verschaerfung-der-kfz-bestuerung-in-frankreich/)
- 104** Tagesschau (05.02.2024): Höhere SUV-Parkgebühren in Paris. Ein Vorbild für deutsche Städte? Online: <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/paris-suv-abstimmung-102.html>
- 105** Global Fuel Economy Initiative (2023): Trends in the global vehicle fleet 2023.
- 106** Tauer, R.; Aehtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland.
- 107** Aretz, E. (09.04.2019): Ende des Verbrennungsmotors. Norwegen gibt das Tempo vor. Tagesschau. Online: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbrennungsmotor-international-101.html>
- 108** Chardayre, T. I., Reckordt, M., Schnittker, H. (2022): Metalle für die Energiewende – Warum wir die Rohstoffwende und die Energiewende zusammendenken sollten. Hg: PowerShift, Berlin.
- 109** Müller-Arnold, B. (30.11.2023): Dieselparadoxie, Pendlerpauschale, Dienstwagen. Klimaschädliche Subventionen kosten den Bund 23,5 Milliarden Euro pro Jahr. Der Spiegel. Online: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/dieselparadoxie-pendlerpauschale-dienstwagen-klimaschaedliche-subventionen-kosten-den-bund-23-5-milliarden-euro-a-b36927e9-1862-4ad7-8782-6144c0ff2656>
- 110** Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2023): VERORDNUNG (EU) 2023/1542 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542>
- 111** PowerShift (2023): Written feedback of PowerShift on the European Commission's Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on circularity requirements for vehicle design and on management of end-of-life vehicles, amending Regulations (EU) 2018/858 and 2019/1020 and repealing Directives 2000/53/EC and 2005/64/EC. Online: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12633-End-of-life-vehicles-revision-of-EU-rules/F3445963_en
- 112** Deutschlandatlas (2024): Wohnungsleerstand. Online: <https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-wohnen/046-Wohnungsleerstand.html>
- 113** Statista Research Department (2024): Leerstandsquote von Wohnungen in Berlin von 2001 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/258439/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-berlin/>; Statista Research Department (2024): Leerstandsquote von Wohnungen in München von 2001 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/261657/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-muenchen/>; Statista Research Department (2024): Leerstandsquote von Wohnungen in Köln von 2001 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/267037/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-koeln/>; Statista Research Department (2024): Leerstandsquote von Wohnungen in Hamburg von 2001 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252750/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-hamburg/>
- 114** Kastner, B. (25.04.2021): Leerstand von Wohnungen: Stromzähler als Spione. Süddeutsche Zeitung. Online: <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/muenchen-leerstand-linke-massnahmen-1.5273851>
- 115** Schweighöfer, K. (10.05.2023): Ideen der Wohnungspolitik. So wollen die Niederlande die Wohnungsnot lindern. Deutschlandfunk. Online: <https://www.deutschlandfunk.de/wohnungsnot-niederlande-massnahmen-mieter-schutz-leerstand-100.html>
- 116** Statista Research Department (2024): Leerstand von Büroflächen in Berlin in den Jahren von 2003 bis 2022. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/177525/umfrage/leerstand-von-bueroflaechen-in-berlin-seit-2003/>
- 117** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 118** Prakash, S.; Low, C.; Antony, F.; Dhoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón, L. (2023): Modell Deutschland Circular Economy - Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland. Im Auftrag des WWF. Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI, Freie Universität Berlin, Freiburg.
- 119** ifeu, Wuppertal Institut, BTU Cottbus-Senftenberg(2023): Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich. Zusammenfassung für Entscheidungsträger:innen. Online: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu_paper/Suffizienzansätze_im_Gebäudebereich_Kurz-zusammenfassung.pdf
- 120** BauNetz (2023): Allianz gegen Abrisse Offener Brief im Vorfeld der Bauministerkonferenz. In: BauNetz. Online: https://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Offener-Brief-im-Vorfeld-der-Bauministerkonferenz_8433231.html

- 121** Tauer, R.; Aechtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland.
- 122** Ebd.
- 123** Zimmermann, P.; Brischke, L.-A.; Bierwirth, A.; Buschka, M. (2023): Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich. BBSR-Online-Publikation 09/2023.
- 124** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 125** Prakash, S.; Low, C.; Antony, F.; Dhoust, G.; Stuber-Rousselle, K.; Liu, R.; Gascón, L. (2023): Modell Deutschland Circular Economy - Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland. Im Auftrag des WWF. Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI, Freie Universität Berlin, Freiburg.
- 126** Tauer, R.; Aechtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland.; Postpischil, R.; Jacob, K. (2018): Evaluationen von Abgaben auf Primärbaustoffe und wechselwirkenden Instrumenten: Eine Auswertung von Evaluationen aus GB, SE, DK und EE hinsichtlich ökologische Lenkungswirkung, Effizienz und weiterer Effekte. Kurzanalyse im Projekt Ressourcenpolitik 2 (PolRes 2). Online: <https://d-nb.info/1198412704/34>
- 127** Baronick, M.; Burger, A.; Golde, M.; Keßler, H.; Unnerstall, H. (2019): Positionspapier zur Primärbaustoffsteuer. Hg: UBA, Dessau-Roßlau. Online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190819_uba_pos_primarbaustoffsteuer_bf.pdf
- 128** UBA (2019): Aluminium. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/aluminium-0#hinweise-zum-recycling>
- 129** EuRIC (2020): Metal Recycling Factsheet.; DERA (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland. Recyclingatlas für die Metallerzeugung.; UBA (2019): Aluminium.; WVMetalle (2021): Metallstatistik 2020. Gemeinsam Aufbrechen.
- 130** DERA (2023): Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe. – DERA Rohstoffinformationen 58, Berlin.
- 131** Supple-Harri, L.; Bego, K.; Droemann, M. (2021): Breaking the Two-Year-Cycle. Extending the useful life of smartphones. NGI - Next Generation Internet.
- 132** Tauer, R.; Aechtner, J. (2023): Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045 – Zum Schutz von Klima und Biodiversität. WWF Deutschland.
- 133** European Parliament (2024): Deal on strengthening consumers' right to repair. Online: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240129IPR17216/deal-on-strengthening-consumers-right-to-repair>
- 134** Antonucci Rezende, J. (2024): Neue EU-Regeln sollen Reparaturen ausgewählter Produkte erschwinglicher machen; Aktivist*innen drängen auf ein umfassendes Recht auf Reparatur. Right to Repair Europe. Online: <https://repair.eu/de/news/neue-eu-regeln-sollen-reparaturen-ausgewaehlt-er-produkte-erschwinglicher-machen-aktivistinnen-draengen-auf-ein-umfassendes-recht-auf-reparatur/>; Meyer, K. (2024): Recht auf Reparatur: EU legt vor, jetzt muss die Bundesregierung liefern. Runder Tisch Reparatur. Online: <https://runder-tisch-reparatur.de/recht-auf-reparatur-eu-legt-vor-jetzt-muss-die-bundesregierung-liefern/>
- 135** European Parliament (2023): P9_TA(2023)0454. Framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials.
- 136** PowerShift (2023): Rohstoffwende: Der EU-Gesetzesentwurf zu kritischen Rohstoffen weist erhebliche Lücken auf, um eine soziale, ökologische und global gerechte Transformation zu ermöglichen. Ein Positionspapier zum Critical Raw Materials Act. Online: https://power-shift.de/wp-content/uploads/2023/07/DE_CRMA-Position-Paper-Juli-2023.pdf
- 137** Zapf, M. (15.02.2024): Wie Deutschland sich Rohstoffe mit einem Staatsfonds sichern will. Capital. Online: <https://www.capital.de/wirtschaft-politik/wie-deutschland-sich-rohstoffe-mit-einem-staatsfonds-sichern-will-34459304.html>
- 138** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 139** statista (2023): Sales volume of smartphones in Germany from 2009 to 2023 (in million devices).
- 140** European Commission JRC (2020): Guidance for the assessment of material efficiency: application to smartphones. Publications Office, LU.; Supple-Harri, L.; Bego, K.; Droemann, M. (2021): Breaking the Two-Year-Cycle. Extending the useful life of smartphones. NGI - Next Generation Internet. Online: <https://aankopen.vlaanderen-circulair.be/publicaties/download-2/breaking-the-two-year-cycle-extending-the-useful-life-of-smartphones>
- 141** Rizos, V.; Bryhn, J.; Alessi, M.; Campmas, A.; Zarra, A. (2019): Identifying the impact of the circular economy on the Fast-Moving Consumer Goods Industry - Opportunities and challenges for businesses, workers and consumers – mobile phones as an example. A study for The European Economic and Social Committee (EESC). Centre for European Policy Studies.; Supple-Harri, L.; Bego, K.; Droemann, M. (2021): Breaking the Two-Year-Cycle. Extending the useful life of smartphones. NGI - Next Generation Internet.
- 142** Dittrich, M., Limberger, S., Ewers, B., Petri, F., Doppelmayr, A. (2024): Kurzstudie „Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU“. Hg: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Heidelberg.
- 143** Ebd.

Metallverbrauch senken: Praktische Vorschläge zur Gestaltung der Rohstoffwende

Herausgeber

PowerShift – Verein für eine ökologisch-solidarische Energie- & Weltwirtschaft e.V.

Greifswalder Str. 4, 10405 Berlin

Tel.: +49 30 420 85 295

E-Mail: info@power-shift.de

Web: <https://power-shift.de>

Autor*innen: Maja Wilke, Michael Reckordt

Redaktion: Adrian Bornmann, Hannah Pilgrim, Alex Jäger

Layout, Satz/Reinzeichnung: Tilla Balzer | buk.design

Berlin, März 2024

© PowerShift e. V.

Alle Links in den End- und Fußnoten wurden am 23.02.2024 auf Gültigkeit überprüft.

Dieses Hintergrundpapier ist auf Basis der von PowerShift beim ifeu beauftragten Kurzstudie „*Nutzung und Reduktionspotentiale von Basismetallen in Deutschland und der EU*“ entstanden. Die Studie ist zu finden unter https://power-shift.de/wp-content/uploads/2024/03/Kurzstudie_Nutzung-und-Reduktionspotentiale-von-Basismetallen_PowerShift.pdf.

Wir bedanken uns herzlich bei den Autor*innen Monika Dittrich, Sonja Limberger, Birte Ewers, Florian Petri und Anja Doppelmayr.

PowerShift – Verein für eine ökologisch-solidarische Energie- & Weltwirtschaft e. V.

Unser Ziel ist eine ökologisch und sozial gerechtere Weltwirtschaft. Dafür setzen wir unsere Expertise in Handels-, Rohstoff- und Klimapolitik ein: Mit umfassenden Recherchen durchleuchten wir politische Prozesse, benennen die Probleme eines ungerechten globalen Wirtschaftssystems und entwickeln Handlungsalternativen. Um unsere Ziele zu erreichen, formulieren wir politische Forderungen, betreiben Informations- und Bildungsarbeit und schmieden starke Bündnisse – mit anderen Organisationen, sozialen Bewegungen und Bürger*innen. Gemeinsam mischen wir uns ein!

Wenn Sie über unsere Arbeit auf dem Laufenden bleiben wollen, dann abonnieren

Sie unseren Newsletter: <https://power-shift.de/newsletter-bestellen>

Diese Studie wurde von der European Climate Foundation unterstützt.

Die Verantwortung für die in dieser Studie dargelegten Informationen und Ansichten liegt bei den Autor*innen. Die European Climate Foundation kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen oder ausgedrückten Informationen verantwortlich gemacht werden.



