

# Metallbedarfe für den Netzausbau

## Einführung

Das Stromnetz ist, so schreibt es das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) auf seiner Website, „das Rückgrat einer gelungenen Energiewende“.<sup>1</sup> Und dies gilt im doppelten Sinne: Einerseits wird der Stromverbrauch in Deutschland durch die „Sektorkopplung“ stark steigen. Die Elektrifizierung des Verkehrs und der Industrieproduktion ebenso wie eine andere Wärmebereitstellung in Gebäuden – zum Beispiel über Wärmepumpen – werden den Strombedarf in die Höhe schnellen lassen. Andererseits soll Strom zukünftig nur noch aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Die Energiewende ist notwendig, um die Erderwärmung zu reduzieren und die Auswirkungen der Klima- und Biodiversitätskrise zu mildern. Doch die Energiewende schafft auch neue Herausforderungen für das Stromnetz, etwa in Hinblick auf Einspeisung und Transport. Ein bildhaftes Beispiel ist Deutschlands Stromerzeugung aus Windkraft: Aktuell geschieht dies sowohl onshore als auch offshore vor allem im Norden und Osten der Bundesrepublik. Doch die größten Stromverbraucher Deutschlands – die großen Industriebetriebe – sind im Süden und Westen des Landes angesiedelt. Damit der aus Windkraft erzeugte Strom in alle Ecken der Bundesrepublik gelangt, ist der Bau mehrerer tausend Kilometer neuer Stromtrassen notwendig.

Weltweit gilt: Je ambitionierter die Bekämpfung der Klimakrise voranschreiten soll, desto schneller und umfassender muss auch der Netzausbau gelingen. In einem Szenario mit relativ ehrgeizigem Klimaschutz rechnet die Internationale Energieagentur (IEA) damit, dass sich das jährliche Ausbautempo der Stromnetze bis 2040 mehr als verdoppeln muss. Etwa 50 % des Zuwachses bei Übertragungsleitungen und 35 % bei Verteilnetzen entfallen dabei auf den Ausbau der erneuerbaren Energien. Neben dem Neubau von Leitungen ist es jedoch ebenso wichtig, die bestehende Infrastruktur zu warten und zu modernisieren – sei es, um die Widerstandsfähigkeit gegen extreme Wetterereignisse zu erhöhen, oder um die Möglichkeiten eines intelligenten und flexiblen Stromnetzes („Smart Grid“) optimal zu nutzen. Die IEA geht davon aus, dass bis 2040 weltweit insgesamt mehr als 80 Millionen Netzkilometer hinzukommen müssen oder erneuert werden, wenn die für das 1,5-Grad-Ziel gesetzten nationalen Ziele erreicht werden sollen. 80 Millionen Netzkilometer: Das entspricht derzeit dem gesamten bestehenden globalen Netz.<sup>2</sup> Klar ist vor allem eins: Egal, mit welchem Szenario gerechnet wird, es müssen sowohl weltweit als auch in Deutschland unzählige Kilometer neuer Stromnetze gelegt werden.



Zur Publikation als  
PDF download

<sup>1</sup> <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html>

<sup>2</sup> <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions/executive-summary>

Eine neue Studie der Hans-Böckler-Stiftung beziffert den Investitionsbedarf in deutsche Stromnetze auf ca. 650 Milliarden Euro bis zum Jahr 2045.<sup>3</sup> Doch der Ausbau des Netzes erfordert nicht nur hohe Geldsummen, sondern verschlingt auch gigantische Mengen an Ressourcen. Denn während Strom manchmal wie unsichtbare Nichtmaterie erscheint, bedarf es nicht nur für seine Erzeugung, sondern auch für die Einspeisung und den Transport handfester Materialien. Während Kunststoffe oder ölgetränktes Papier die stromleitenden Kabel isolierend ummanteln, leiten Metalle wie Kupfer und Aluminium den Strom. So machten Stromnetze laut einer

Schätzung der IEA im Jahr 2023 insgesamt 15 Prozent der globalen Nachfrage nach raffiniertem Kupfer aus.<sup>4</sup> Laut der IEA können Stromnetze bis 2030 nach dem Bauwesen zur zweitgrößten oder zwischenzeitlich gar größten Kupfernachfrage beitragen.

Was bedeutet das für die Energiewende in Deutschland und global? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, gibt dieses Fact Sheet einen Überblick über den Netzausbau in Deutschland: Wie sieht der aktuelle Planungsstand aus – und wer ist für die Umsetzung zuständig? Was bedeutet dies für die Rohstoff- und Energiewende?

## Der Netzausbau in Deutschland

Deutschlands Stromnetz umfasst Übertragungsnetze, die Strom mit Höchstspannung transportieren, und Verteilernetze, die Regionen und Endverbraucher\*innen versorgen. Die Bundesnetzagentur (BNetzA), eine im Geschäftsbereich des BMWK angesiedelte Bundesbehörde, überwacht den Netzausbau sowie die vier Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz Transmission, Amprion, TenneT und TransnetBW. Aktuell hat das Höchstspannungsnetz – also das Übertragungsnetz – eine Länge von 37.000 Kilometern, während das Niederspannungsnetz – also das Verteilnetz – 1,2 Millionen Kilometer umfasst.<sup>5</sup> Insgesamt gibt es über 850 Verteilnetzbetreiber, von denen allerdings nur 81 über 100.000 Kunden versorgen und damit gemeinsam etwa drei Viertel des Verteilnetzes abdecken. Diese 81 Verteilnetzbetreiber sowie die vier genannten Betreiber des Übertragungsnetzes sind dazu verpflichtet, alle zwei Jahre einen Netzentwicklungsplan zu erarbeiten und damit ihre Ausbauziele offenzulegen.

Der Netzentwicklungsplan 2023-2037/2045 (bestätigt von der Bundesnetzagentur im Jahr 2022) beschreibt unter Berücksichtigung des Klimaneutralitätsgesetzes und des Ziels der Dekarbonisierung des Stromsektors drei Szenarien für die Erreichung der Klimaneutralität bis 2045. Die Szenarien unterscheiden sich beispielsweise in der Anwendung von grünem Wasserstoff, dem Ausbau erneuerbarer Energien und der Elektrolyse sowie der Rolle von Effizienzgewinnen bei steigendem Strombedarf. Gleichzeitig liegen den Szenarien bestimmte, durchaus problematische

Annahmen zugrunde – etwa, dass weiterhin lediglich auf eine „Antriebswende“ gesetzt wird, anstatt eine wahrhafte „Verkehrswende“ zu vollziehen. Anders gesagt: Alle Szenarien gehen davon aus, dass noch im Jahr 2045 zwischen 33 und 45 Millionen E-Autos in Deutschland zugelassen sein werden. Mit tatsächlichen Reduktionsszenarien – im Verkehrssektor wäre dies eine Abkehr vom motorisierten Individualverkehr (MIV) zugunsten des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), Fahrrädern und Fußverkehr – wird im wahrsten Sinne des Wortes nicht gerechnet.

Das hat Auswirkungen auf die Kalkulation des prognostizierten Bruttostromverbrauchs in Deutschland und damit auch auf die Netzentwicklungspläne. Denn die Übertragungsnetzbetreiber erarbeiten auf Basis der unterschiedlichen Szenarien die Entwürfe für den Netzentwicklungsplan 2023-2037/2045, die von der Bundesnetzagentur geprüft und genehmigt werden. Aktuell sind 119 Netzausbauvorhaben für das Übertragungsnetz geplant, die – ohne Offshore-Projekte – eine Gesamtlänge von 13.679 Kilometern umfassen. Davon sollen bis Ende 2030 etwa 10.000 Kilometer genehmigt und in Betrieb genommen werden. Der Bedarf für 2045 ist in diesen Planungen noch nicht enthalten. Die metallischen Rohstoffe für die Kabel werden vorwiegend in Ländern des Globalen Südens abgebaut. Beim Abbau von Bauxit in Guinea, oder von Kupfer aus Chile und Peru kommt es regelmäßig zu Menschenrechtsverletzungen und Umweltzerstörung.<sup>6</sup>

2

3 <https://www.boeckler.de/de/pressemitteilungen-2675-studie-berechnet-investitionsbedarf-in-deutsche-stromnetze-65371.htm>

4 <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeaac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>

5 <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html>

6 [https://www.fian.de/wp-content/uploads/2024/04/2024-03-Sangaredi-Broschuere\\_web.pdf](https://www.fian.de/wp-content/uploads/2024/04/2024-03-Sangaredi-Broschuere_web.pdf)



Bis 2030 soll das deutsche Übertragungsnetz um etwa 10.000 km erweitert werden.

Foto: Thomas Kohler, Flickr.com

## Rohstoffe für das Stromnetz

Erneuerbare Energietechnologien – von Windturbinen und Solarmodulen bis hin zu Elektrofahrzeugen und Batteriespeichern – benötigen Metalle und andere Materialien in großen Mengen. Die Internationale Energieagentur (IEA) behandelt in einem Dossier zu den „Rohstoffbedarfen für die Energiewende“ die Rohstoffe, die für „grüne Technologien“ benötigt werden.<sup>7</sup> Dazu gehören auch Stromnetze. Die IEA stuft den Bedarf an Kupfer und Aluminium für Stromnetze als „hoch“ ein, während der Bedarf anderer sogenannter „kritischer“ Rohstoffe – Kobalt, Nickel, Lithium, Seltener Erden, Chrom, Zink und Metalle der Platingruppe – als verhältnismäßig „gering“ eingestuft wird.

Kupfer und Aluminium sind die beiden wichtigsten Materialien für Drähte und Kabel. Kupfer ist aufgrund seiner hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit in vielerlei Hinsicht die bevorzugte Wahl für Stromnetze. Allerdings ist Kupfer schwerer und teurer als Aluminium. Deshalb wird es häufig für unterirdische und unterseeische Kabel eingesetzt, bei denen das Gewicht keine große Rolle spielt, während andere technische Eigenschaften (etwa Korrosionsbeständigkeit und Zugfestigkeit) erforderlich sind. Aluminium hingegen wird wegen seines Gewichtsvorteils häufig für überirdische Freileitungen verwendet. In einigen Fällen kommt Aluminium auch für unterirdische und unterseeische Kabel zum Einsatz.

Ein Szenario der IEA aus dem Jahr 2021 geht davon aus, dass bei einem relativ ambitionierten Klimaschutz im Jahr 2040 insgesamt 16 Millionen Tonnen Aluminium und 7,5 Millionen Tonnen Kupfer für Stromnetze benötigt werden. In anderen Szenarien wird berechnet, wie der Kupferbedarf zurückginge, wenn mehr Aluminium genutzt würde. Das mag für Unternehmen kostensparend sein, doch der ökonomische Aspekt sollte nicht im Vordergrund stehen. Stattdessen muss abgewogen werden, unter welchen Bedingungen und mit welchen Folgen für Mensch und Umwelt die jeweiligen Erze gewonnen werden.

Wenn es um die Erstellung von Szenarien und die Berechnung des Rohstoffbedarfs sowie seiner Umweltauswirkungen für den Netzausbau geht, gibt es noch viele Lücken zu schließen. Eine umfassende Analyse des Rohstoffbedarfs für den Netzausbau in Deutschland liegt bislang nicht vor. Eine gute Grundlage dafür schafft jedoch das „Working Paper“ des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) und des Instituts für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart, die sich im Projekt „InteResSE“ mit der interdisziplinären Bewertung des Ressourcenbedarfs für die Energiewende befassen.<sup>8</sup> In ihrer Publikation analysieren die Wissenschaftler\*innen die Materialzusammensetzung und den gesamten Lebenszyklus verschiedener Technologien für die Energiewende. Das „Working Paper“ sieht

<sup>7</sup> <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/mineral-requirements-for-clean-energy-transitions>

<sup>8</sup> <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/6b2d4caa-95af-4356-be9d-eaeb13be54f9/content>

seine Rolle darin, Forschungsarbeiten zu den Materialanforderungen für die Energiewende zu erleichtern, indem es „Technologieprofile“ mit einer kurzen Beschreibung der Technologie einschließlich der angenommenen Lebensdauer und der Materialintensität bis 2040 erstellt. Für den Netzausbau wird die Materialintensität dabei in Kilogramm pro Kilometer Übertragungsleitung angegeben.

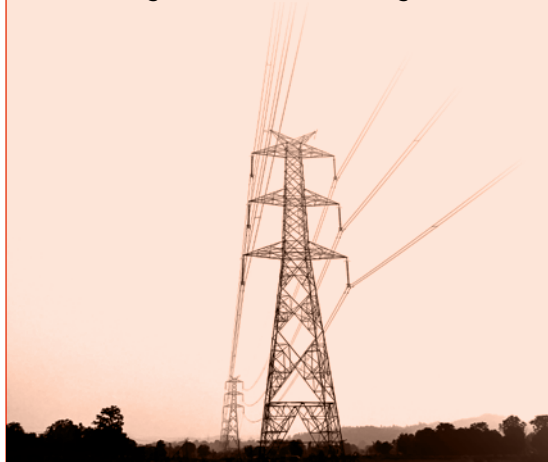
Für eine weitere Quantifizierung des Rohstoffbedarfs für den Netzausbau in Deutschland müssen die im Netzentwicklungsplan vorgesehenen Ausbaupläne, die dafür geplanten Kabel und deren notwendiger Rohstoffbedarf hochgerechnet werden. Doch sowohl die Modellierung unterschiedlicher, sektorübergreifender Energieszenarien als auch des dafür notwendigen Netzausbaus und der sich – über die Jahrzehnte verändern – Rohstoffzusammensetzung erweist sich als zeitaufwändig.

### 380 kV-Wechselstromleitungen

Das Übertragungs- bzw. Höchstspannungsnetz transportiert Strom mit einer Spannung von bis zu 380 kV (also 380.000 Volt). Aktuell ist das Höchstspannungsnetz vor allem mit überirdischen 380 kV-Wechselstromleitungen ausgestattet. Das „Working Paper“ des Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und dem Institut für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart nimmt als Beispiel für eine 380kV-Wechselstromleitung so genannte „HTLS-Leitungen“ (Engl.: High Temperature Low Sag; Deutsch: Hohe Temperatur Geringe Durchhängung) und analysiert die Materialzusammensetzung einer HTLS-Leitung mit Aluminium-Leiter Verbundwerkstoffkern (Engl.: Aluminium Conductor Composite Core; ACCC). Das HTLS besteht aus einem Hybridkern aus Kohlenstoff- und Glasfasern, die in einer Epoxidharzmatrix gebunden sind. Dieser Leiter kombiniert Aluminium mit einem leichten Verbundstoffkern aus Kohlenstoff- und Glasfasern, die durch eine Epoxidharzmatrix gebunden sind. Das Aluminium leitet die Elektrizität. Auf Basis dieses Modells und unter Berücksichtigung der sich verändernden Materialzusammensetzung mehrerer Modelle wird davon ausgegangen, dass in den Jahren 2020 bis 2030 insgesamt 11.940 Kilogramm Aluminium pro Kilometer 380-kV-Wechselstromleitung benötigt wird; in den Jahren 2030 bis 2050 dann 15.283 Kilogramm Aluminium pro Kilometer 380-kV-Wechselstromleitung. Während die Zahlen bloße Kalkulationen sind, verdeutlichen sie, dass der Netzausbau in Deutschland hohe Mengen an Aluminium benötigen wird.

### Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ)

In Deutschland ist der Transport von Strom aus dem windreichen Norden, beispielsweise aus Offshore-Windparks, in den verbrauchsstarken Süden essenziell. Politische Blockaden und Verzögerungen des Windkraftausbaus in den südlichen Bundesländern haben die Abhängigkeit noch verstärkt. Das bestehende Wechselstromnetz bietet jedoch nicht die nötige Kapazität; außerdem gehen die Übertragungen über große Distanzen mit erheblichen Energieverluste einher. Die Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) stellt eine effizientere Alternative dar. Sie ermöglicht ein geringeres Kabelgewicht pro MW Übertragungsleistung, reduzierte Energieverluste bei langen Distanzen und die aktive Steuerung der Leistungsflüsse, was die Netzstabilität erhöht. Am Zielort wird der Strom in Konverterstationen wieder in Wechselstrom umgewandelt, da dieser für die weitere Umwandlung in Mittel- und Niederspannung erforderlich ist. Seit 2016 schreibt das Bundesbedarfsplangesetz vor, dass Gleichstromleitungen vorrangig als Erdkabel gebaut werden sollen. Diese Regelung, die vor allem zur Akzeptanzhöhung in der Bevölkerung gedacht ist, wird von Netzbetreibern und Bauernverbänden auf Grund der höheren Kosten, längeren Planungsdauer und des höheren Flächenbedarfs kritisiert. Fürsprecher aus dem BMWK warnen allerdings vor erneuten Verzögerungen, wenn bereits in Anbahnung befindliche Erdkabeltrassen umgeplant werden müssten. In den meisten unterirdischen HGÜ-Kabeln wird Kupfer als Leiter verwendet. Laut einer Kalkulation des Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und dem Institut für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart werden in den Jahrzehnten 2020 bis 2050 insgesamt ca. 14.700 Kilogramm Kupfer pro Kilometer HGÜ-Kabel benötigt. Hinzu kommen 14.200 Kilogramm Blei pro Kilometer und 5.260 Kilogramm Stahl pro Kilometer. Diese Zahlen verdeutlichen erneut, dass der Netzausbau in Deutschland hohe Mengen an Metallen benötigen wird.





Bauxit für die Aluminiumproduktion wird u.a. in Guinea abgebaut. Wo früher Wälder, Menschen und Anbauflächen waren, befinden sich heute Eisenbahnlinien und staubige Tagebauten.

Foto: Benjamin Moscovici

## Rohstoffwende und Energiewende zusammendenken!

Für eine effektive Bekämpfung des Klimawandels ist der Ausbau erneuerbarer Energieinfrastruktur essenziell. Die Energiewende führt langfristig zu weniger Bergbau, vor allem da Kohle weltweit immer noch den größten Anteil ausmacht.<sup>9</sup> Trotzdem sollte der steigende Verbrauch metallischer Rohstoffe nicht auf die leichte Schulter genommen werden. Die meisten Erze, aus denen Metalle gewonnen werden, werden in China, Australien und Ländern des Globalen Südens abgebaut. Fast überall gehen mit dem Abbau Konflikte einher, sei es um die Wasser- und Landnutzung oder aufgrund von Emissionen in Luft, Böden oder Wasser. Menschen verlieren ihre fruchtbaren Ackerböden und ihr Zuhause, wenn sie für die Eröffnung oder Erweiterung einer Mine vertrieben werden. Während die Rechte von Arbeiter\*innen im Bergbau häufig verletzt werden, profitieren andere von finanziellen Einnahmen. Gleichzeitig tragen der Rohstoffabbau und die Weiterverarbeitung von Erzen zu Metallen maßgeblich zur Klima- und Biodiversitätskrise bei. Der Abbau und die Weiterverarbeitung von Eisenerz bzw. Stahl, Bauxit bzw. Aluminium, sowie der weiteren etwa 90 metallischen Elemente verursachen derzeit ca. 10 – 15 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit.

Um die Energie- und Rohstoffwende zusammenzudenken, müssen Reduktionsziele an vorderster Stelle stehen – nicht nur der CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch des Rohstoffverbrauchs. Der Bruttostromverbrauch in

Deutschland darf trotz Energiewende, Elektrifizierung des Verkehrs und anderen Formen der Sektorenkopplung nicht unendlich in die Höhe schnellen. Statt einer Antriebswende braucht es eine wahrhafte Verkehrswende, die vor allem auf die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs setzt und stattdessen den öffentlichen Personennahverkehr fördert. Zusätzlich sind Innovationen wie die Weiterentwicklung sparsamer Elektrofahrzeuge und eine kluge Integration von Fahrzeugen in das Energiesystem durch intelligente Ladeinfrastruktur entscheidend. Gleichmaßen spielt der Ausbau der Kreislaufwirtschaft mit einem Fokus auf Langlebigkeit, Reparierbarkeit und einem auf Kreislaufführung der Rohstoffe ausgelegten Produktdesign eine zentrale Rolle. Außerdem sollte die Erzeugung erneuerbarer Energien an möglichst vielen Standorten Deutschlands geschehen. Zu den Möglichkeiten der Ressourcenschonung gehört auch, die bisher kaum genutzten Windkraftpotentiale in Süddeutschland auszuschöpfen – dann wäre nicht der Bau zahlreicher neuer Stromtrassen nötig. Der Rohstoffbedarf von Netzen muss zukünftig in politischen Entscheidungen berücksichtigt werden – und neben den technologischen Anforderungen ein wichtiger Faktor in der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Kabelvariante eine Rolle spielen. Zum Schutz von Menschen und Umwelt darf dabei nicht allein der Preis ausschlaggebend sein.

<sup>9</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542435123004117?dgcid=author>

# Impressum

## Herausgeber

PowerShift – Verein für eine ökologisch-  
solidarische Energie- & Weltwirtschaft e.V.  
Greifswalder Str. 4, 10405 Berlin  
Tel.: +49 30 42805479  
info@power-shift.de

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

Eingetragen beim Registergericht AG  
Charlottenburg, VR 29859 B

<https://power-shift.de>

## Autorin

Merle Groneweg

## Redaktion

Hendrik Schnittker

## Layout, Satz & Reinzeichnung

Christopher Freeman | [conductdesign.com](http://conductdesign.com)

Berlin, Januar 2025

© PowerShift e. V.

Gefördert durch ENGAGEMENT GLOBAL mit Mitteln des



Für den Inhalt dieser Publikation sind die Herausgeber verantwortlich; die hier dargestellten Positionen geben nicht den Standpunkt von Engagement Global oder des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung wieder.

## 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>