

Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft – Material Lehrkräfte

Kurzübersicht

Laut Erneuerbare-Energien-Gesetz sollen in Deutschland bis 2030 80 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen gespeist werden. 2022 waren es erst zwischen 44-46 %. Beim Ausbau der erneuerbaren Energien (in Deutschland v.a. Windkraft und PV-Anlagen) gibt es somit noch einiges zu tun. Dabei ist eine Vielzahl an Aspekten und Herausforderungen zu beachten (z.B. Nord-Süd-Problematik bei der zentralen Stromerzeugung sowohl in Deutschland als auch in Europa, Speicherthematik bei der dezentralen Stromerzeugung, Umweltauswirkungen und Nutzungskonflikte insgesamt). Während die Stromerzeugung früher vor allem zentral organisiert war, wird sie durch kleinere Erzeugungsanlagen in Verbrauchernähe (z.B. Windkraftanlagen, Solarpaneele auf Gebäuden) zunehmend dezentraler. Dabei ist die Etablierung eines intelligenten Stromnetzes geplant, welches Leistungsschwankungen ausgleicht. Smart Meter sind dabei wichtige Komponenten, weil Verbraucher*innen damit ihren Stromverbrauch besser einsehen und regulieren können.

Thematische Einordnung

1. Strombereitstellung mit Erneuerbaren Energien¹

Im Jahr 2022 wurden 44 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen gespeist ([DeStatis](#)), laut [BMWK](#) waren es 46 %. Bis 2030 sollen es 80 % sein, das ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz festgelegt ([BMWK](#)).

2. Zentrale Stromerzeugung

2.1 Nord-Süd-Problematik²

Aufgrund geographischer Voraussetzungen gibt es innerhalb Deutschlands Unterschiede in der Erzeugung von erneuerbarer Energie ([UBA](#)). Windenergie war 2022 die zweitwichtigste Stromquelle nach Kohle ([DeStatis](#)), die Erzeugung findet hauptsächlich im Norden und Osten Deutschlands sowie auf See statt. Die größten Stromverbraucher, beispielsweise Industriebetriebe, finden sich dagegen im Süden und Westen Deutschlands ([BMWK](#)). Im Süden sind dagegen verstärkt Wasserkraft und PV-Anlagen zu finden aufgrund der höheren Globalstrahlung ([UBA](#)).

¹ Statistisches Bundesamt (2023); BMWK (2023a); BMWK (2023b)

² Umweltbundesamt (2023); Statistisches Bundesamt (2023); BMWK (2023c)



Arbeitsmaterial „Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft“ von [Unabhängiges Institut für Umweltfragen UfU e.V.](#), Projekt „Smarte Energie macht Schule (SemS)“, erarbeitet von Belinda Bäßler, 2023, lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](#) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.

2.2 Netzausbau³

Früher floss Strom in eine Richtung von Großkraftwerken bis zu den Verbrauchern (zentrale Stromversorgung). Heute sieht das anders aus, denn er muss in verschiedene Richtungen fließen, da er auch dezentral erzeugt wird, also durch kleinere Anlagen in Verbrauchernähe. Außerdem muss er teilweise wesentlich weiter transportiert werden als früher, siehe Nord-Süd-Problematik. Dies ist sowohl ein Thema beim innerdeutschen Ausbau erneuerbarer Energie als auch auf europäischer Ebene.

Der Ausbau zu europäischen Nachbarländern wird immer wichtiger, um Kosten der Energiewende zu senken und Leistungsschwankungen großräumig auszugleichen – so kann Wasserkraft aus Skandinavien mit Windkraft und PV aus Deutschland verbunden werden ([BMWK](#)).

Deshalb muss das Stromnetz intelligent und digital ausgebaut werden. Es muss also den Anforderungen der Energiewende angepasst werden. Dafür müssen mehrere tausend Kilometer Stromtrassen um- und ausgebaut werden ([BMWK](#)).

Ein intelligentes Stromnetz kombiniert alle Akteure des Energiesystems von der Erzeugung über die Speicherung bis zum Verbrauch. Über eine zentrale Steuerung werden Leistungsschwankungen, wie sie durch erneuerbare Energien üblich sind, ausgeglichen. Es wird nicht nur Energie, sondern es werden auch Daten transportiert ([UBA](#)).

Dabei sind sogenannte Smart Meter eine wichtige Komponente. Es handelt sich dabei um fernkommunizierende digitale Stromzähler, die Daten direkt an Verbraucher*innen und Netzbetreibende, Energielieferant*innen und Energiedienstleistende senden. Verbraucher*innen sehen direkt, wie viel Strom sie verbraucht haben, was zu energiesparendem Verhalten anregen kann. Außerdem können variable Tarife eingesetzt werden: Verbraucher*innen werden motiviert Strom dann zu nutzen, wenn er am günstigsten ist.

3. Dezentrale Stromversorgung

3.1 Vor- und Nachteile⁴

Dezentrale Stromversorgung wird zunehmend relevanter, z.B. durch die Installation von PV-Anlagen auf Gebäuden. Für Verbraucherinnen und Verbraucher hat dies einige Vorteile, es bestehen allerdings auch noch einige Hürden.

Durch den Eigenverbrauch von Solarstrom können Stromkosten gesenkt werden. Eine Einspeisung lohnt sich jedoch oft kaum, da die Vergütung gering ist (2022 8,6 Cent pro kWh). Zudem produziert eine PV-Anlage oft dann Strom, wenn er nicht zwingend gebraucht wird, z.B. in den sonnigen Mittagsstunden ([solarwatt](#)). Abhilfe schaffen kann ein Speichersystem, das den selbsterzeugten Strom kurzzeitig zwischenspeichert. Daneben würde eine Verbesserung der Einspeisevergütung einen weiteren Anreiz zur Installation von PV-Anlagen erzeugen. Diese müsste politisch umgesetzt werden.

³ BMWK (2023c); Umweltbundesamt (2013)

⁴ Solarwatt GmbH (2023a)



Arbeitsmaterial ‚Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft‘ von [Unabhängiges Institut für Umweltfragen UfU e.V.](#), Projekt „Smarte Energie macht Schule (SemS)“, erarbeitet von Belinda Bäßler, 2023, lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](#) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.

3.2 Speicher⁵

Da die Stromeinspeisung mit dem Einsatz erneuerbarer Energien variieren kann, kommt Speichern eine wichtige Bedeutung zu. In Zeiten besonders hoher Stromnachfrage kann das so genannte „Peak Shaving“, also das Ausgleichen der Nachfrage durch Einspeisen aus dem Speicher aufgrund höherer Börsenpreise sehr attraktiv sein ([zuse](#)). Das wird aktuell erprobt und untersucht, in der Breite ist die Funktion jedoch noch nicht verfügbar ([Verbraucherzentrale](#)). Bei Speichern handelt es sich oft um Lithium-Ionen-Akkus, welche Umweltauswirkungen (z.B. Verunreinigung von Trinkwasser durch Abbau, hoher Energieaufwand durch Herstellung, mangelhaftes Recycling) haben können ([Solarenergie](#)). Überschüssige Energie kann auch gespeichert werden, indem sie in Wasserstoff umgewandelt wird. Allerdings ist der Wirkungsgrad hier sehr gering. Das bedeutet, dass am Ende weniger nutzbare Energie bleibt, als ursprünglich erzeugt wurde ([net4energy](#)).

4 Die Energiewende als Transformationsprozess⁶

Der Begriff Transformation bezeichnet einen grundlegenden Wandel und bezieht sich auf sprunghafte Veränderungen in der politischen, wirtschaftlichen oder technologischen Entwicklung. Auslöser dessen können z.B. neue technisch-wirtschaftliche Möglichkeiten oder veränderte gesellschaftliche Bedürfnisse sein. Insgesamt handelt es sich um einen längerfristigen Lern- und Suchprozess, der seinen Abschluss mit der Etablierung und Stabilisierung neuer Systemstrukturen findet. Transformationen sind nicht einfach steuerbar, sondern lediglich über gesellschaftliche Aushandlungsprozesse lenkbar. Die Energiewende kann mit Blick auf die Stromerzeugung als solch ein Transformationsprozess angesehen werden.

Herausforderungen beim Ausbau erneuerbarer Energie

Für den Ausbau von erneuerbaren Energien werden große Flächen benötigt. Daraus ergibt sich Konfliktpotential sowohl mit der Bevölkerung als auch unter den Gesichtspunkten des Naturschutzes ([leopoldina](#)). Mögliche Umweltauswirkungen durch Aus- und Umbau der Stromnetze sind u.a.:

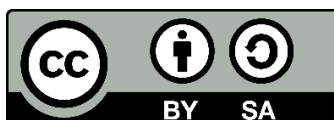
- Zerschneidung von Flächen (z.B. Lebensräume und Wälder) durch Schneisen
- Flächeninanspruchnahme durch Erdkabel
- Einfluss auf Böden durch Erwärmung, Austrocknung und Bewegung
- Veränderung von Böden in Mooren und Feuchtgebieten

Diese Umweltauswirkungen müssen beim Netzausbau mitgedacht werden ([UBA](#)).

Der Ausbau von erneuerbaren Energien allein wird für das Erreichen der Klimaschutzziele nicht ausreichen. Es müssen auch Maßnahmen zum Energiesparen umgesetzt werden. Das UBA hält eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um etwa 55 % in 2045 gegenüber 2018 für notwendig ([UBA](#)).

⁵ Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. (2021); Verbraucherzentrale NRW e.V. (2022); net4energy GmbH (2022), Solarwatt GmbH (2023b)

⁶ Deutsches Institut für Urbanistik (2017); ZDFheute Nachrichten (2022); acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. et. al (2020); Umweltbundesamt (2020); Umweltbundesamt (2021); Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. (2021); Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (2021)



Arbeitsmaterial „Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft“ von [Unabhängiges Institut für Umweltfragen UfU e.V.](#), Projekt „Smarte Energie macht Schule (SemS)“, erarbeitet von Belinda Bäßler, 2023, lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](#) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.

Allerdings wird der Stromverbrauch durch E-Autos und Wärmepumpen aller Voraussicht nach steigen ([zuse](#)).

Trotz der vielen Herausforderungen zeigen verschiedene Praxisbeispiele in Deutschland, wie die Umstellung auf erneuerbare Energie gelingen kann ([BDEW](#)).

Offene Fragen und Forschungsbedarf

Eine Studie des BUND kommt zu dem Schluss, dass der Netzausbau nicht zwingend in dem Ausmaß notwendig ist, wie von der Bundesregierung geplant, wenn vermehrt auf Dezentralität gesetzt wird. Somit kann eine breite Teilhabe ermöglicht werden, anstatt Monopolstrukturen zu begünstigen. Die Energiewende ließe sich günstiger gestalten und sie würde gesellschaftlich breiter akzeptiert werden ([BUND](#)).

Dies wird jedoch kontrovers diskutiert, da befürchtet wird, dass durch dezentrale Energieversorgung unnötig hohe Kosten entstehen. Konsens scheint dahingehend zu bestehen, dass das zukünftige Energienetz sowohl zentrale als auch dezentrale Elemente besitzt ([Leopoldina](#)).

Quellen

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V. et. al (2020): Zentrale und dezentrale Elemente im Energiesystem. Der richtige Mix für eine stabile und nachhaltige Versorgung, https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2020_ESYS_Stellungnahme_Energiesystem.pdf (Zugriff: 08.06.2023)

BMWK (2023a): Unser Strommarkt für die Energiewende, URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft.html> (Zugriff: 08.06.2023)

BMWK (2023b): Erneuerbare Energien, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> (Zugriff: 08.06.2023)

BMWK (2023c): Ein Stromnetz für die Energiewende, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html> (Zugriff: 08.06.2023)

BDEW (2023): Best-Practice-Beispiele, <https://www.bdew.de/energie/energie-macht-zukunft/best-practice-beispiele/#zwei> (Zugriff: 22.06.2023)

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (2021): Neue Studie: Die Energiewende braucht mehr Dezentralität und weniger Netzausbau – und wird dadurch billiger und gerechter, <https://www.bund.net/service/presse/pressemitteilungen/detail/news/neue-studie-die-energiwende-braucht-mehr-dezentralitaet-und-weniger-netzausbau-und-wird-dadurch-billiger-und-gerechter/> (Zugriff: 12.06.2023)



Arbeitsmaterial „Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft“ von [Unabhängiges Institut für Umweltfragen UfU e.V.](#), Projekt „Smarte Energie macht Schule (SemS)“, erarbeitet von Belinda Bäßler, 2023, lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](#) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.

Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. (2021): Dezentrale Energiewende mit digitalen Lösungen erleichtern, <https://www.zuse-gemeinschaft.de/presse/pressemitteilungen/dezentrale-energiewende-mit-digitalen-loesungen-erleichtern> (Zugriff: 08.06.2023)

Deutsches Institut für Urbanistik (2017): Was ist eigentlich ... Transformation?, <https://difu.de/nachrichten/was-ist-eigentlich-transformation> (Zugriff: 08.06.2023)

net4energy GmbH (2022): Wasserstoff-Stromspeicher: Eine Alternative für deine Photovoltaik?, <https://www.net4energy.com/de-de/energie/wasserstoff-stromspeicher> (Zugriff: 08.06.2023)

Solarwatt GmbH (2023): Lithium-Abbau – Folgen für die Umwelt, <https://solarenergie.de/stromspeicher/umweltbilanz/lithium> (Zugriff: 22.06.2023)

Solarwatt GmbH (2023): Photovoltaik Eigenverbrauch, <https://www.solarwatt.de/ratgeber/photovoltaik-eigenverbrauch> (Zugriff: 08.06.2023)

Statistisches Bundesamt (2023a): Bruttostromerzeugung in Deutschland für 2019 bis 2022, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/Tabellen/bruttostromerzeugung.html> (Zugriff: 08.06.2023)

Umweltbundesamt (2013): Was ist ein „Smart-Grid“?, <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid> (Zugriff: 08.06.2023)

Umweltbundesamt (2020): Netzausbau, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/netzausbau#Netzausbau> (Zugriff: 08.06.2023)

Umweltbundesamt (2021): Treibhausgasminderung um 70 Prozent bis 2030: So kann es gehen!, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/21_12_29_uba_pos_treibhausgasminderung_um_70prozent_bf.pdf (Zugriff: 08.06.2023)

Umweltbundesamt (2023): Erneuerbare und konventionelle Stromerzeugung, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/erneuerbare-konventionelle-stromerzeugung#zeitliche-entwicklung-der-bruttostromerzeugung> (Zugriff: 08.06.2023)

Verbraucherzentrale NRW e.V. (2022): Löhnen sich Batteriespeicher für Photovoltaik-Anlagen?, <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/loennen-sich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589> (Zugriff: 08.06.2023)

ZDFheute Nachrichten (2022): Energiewende: Massiver Ausbau des Stromnetzes und der Stromspeicher notwendig | ZDFheute erklärt, <https://www.youtube.com/watch?v=BEI2y2cYPVI> (Zugriff: 08.06.2023)



Arbeitsmaterial „Erneuerbare Energien und (intelligente) Stromnetze der Zukunft“ von [Unabhängiges Institut für Umweltfragen UfU e.V.](https://www.una-institut.de/), Projekt „Smarte Energie macht Schule (SemS)“, erarbeitet von Belinda Bäßler, 2023, lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.