

Zusammenfassung der Studie (Vorabversion) „Energiewende im Kontext von Atom- und Kohleausstieg – Perspektiven im Strommarkt bis 2040“

Kernergebnisse

- Stromverbrauch steigt insbesondere durch Elektromobilität und „Power to X“ Anwendungen deutlich an; Anstieg des Nettostromverbrauches bis 2030 um 20%, bis 2040 um 66% gegenüber 2018
- bei limitierten Photovoltaik-Ausbau mit durchschnittlich 2,5 GW pro Jahr ergibt sich unter sonst gleichen Bedingungen bereits 2022 eine Stromlücke, die auf 70 TWh in 2030 anwächst
- stärkerer Photovoltaik-Bruttozubau auf 162 GW in 2030 und 252 GW in 2040 notwendig, um in Kombination mit Speicherkapazitäten die Stromversorgung in Deutschland sicherzustellen
- steigender Anteil fluktuierender Energieträger bedingt starken Ausbau an Speicherkapazitäten zur kurzfristigen und saisonalen Stromspeicherung
- Anstieg der installierten Nettokraftwerksleistung von 202 GW in 2018 auf 330 GW in 2030 und 446 GW in 2040
- Anteil der Ökostromerzeugung am Bruttostromverbrauch steigt von aktuell 40% auf 74% in 2030 und 82% in 2040

Hintergrund

Deutschland befindet sich seit mittlerweile zwei Jahrzehnten in einem energetischen Transformationsprozess, der sogenannten Energiewende. In Bezug auf das Angebot an erneuerbarem Strom gemessen am Bruttostromverbrauch kann Deutschland stetig neue Rekordwerte vermelden, sodass Ende 2018 der Ökostromanteil bereits 40 Prozent erreichte. Mit der Stilllegung der letzten aktiven Atomkraftwerke und dem beschlossenen Kohleausstieg müssen mittelfristig 50 Prozent der heutigen Erzeugungskapazitäten im Strommarkt ersetzt werden. Dieser massive Rückgang in der Stromerzeugung trifft zugleich auf einen zukünftig steigenden Strombedarf.

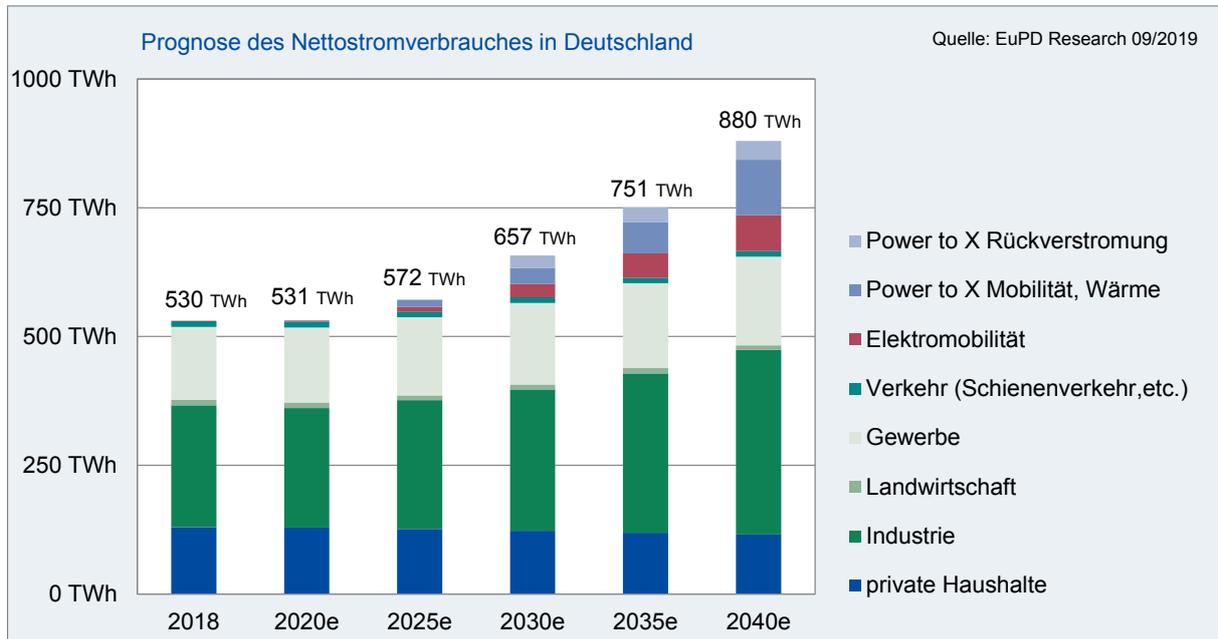
Die Studie „Energiewende im Kontext von Atom- und Kohleausstieg – Perspektiven im Strommarkt bis 2040“ von EuPD Research nimmt die aktuellen energiepolitischen Entwicklungen zum Anlass, ein realistisches Zukunftsbild des deutschen Strommarktes zu entwerfen. Hierbei wird, ausgehend von der Prognose der deutschen Stromnachfrage, bis zum Jahr 2040 aufgezeigt, wie unter der Maßgabe des energiepolitischen Dreieckes aus Ökologie, Ökonomie und Versorgungssicherheit die Zielstellungen zum Ausbau der erneuerbaren Energien erreicht werden können.

Deutlicher Anstieg des Stromverbrauches bis 2040

Im Jahr 2018 lag der Nettostromverbrauch in Deutschland bei 530 TWh. Auf dem Weg zur Zielstellung einer emissionsfreien Volkswirtschaft haben Transformationsprozesse begonnen, die den zukünftigen Bedarf an Strom stark erhöhen werden. Entsprechend bringt die Energiewende im Verkehrssektor einen stetig steigenden Anteil an teil- und vollelektrischer Fahrzeuge mit sich. Der noch geringe Bestand von 179.000 teil- und vollelektrischen Fahrzeugen Ende 2018 war mit einem zusätzlichen Stromverbrauch von gerade einmal 0,7 TWh verbunden. Im Rahmen dieser Studie wird mit einem Anstieg auf 2,7 Millionen Elektrofahrzeuge im Jahr 2025 kalkuliert, womit sich deren Strombedarf bereits auf 9 TWh erhöht. In der Periode nach 2025 beginnt gemäß aktueller Prognosen ein signifikanter Wachstumspfad der Elektromobilität in Deutschland. Dies geht mit einer Verzehnfachung der Anzahl an Elektroautos auf insgesamt 22,5 Mio. Fahrzeuge bis 2040 einher. Analog hierzu wächst die benötigte Strommenge der Elektromobilität auf 70 TWh im Jahr 2040.

Ein noch größerer Zuwachs in der Stromnachfrage wird zukünftig im Bereich „Power to X“ erwartet. Der Einsatz von Wasserstoff bzw. synthetischen Gasen stellt für die industrielle Verwendung, die Wärmeerzeugung sowie für die Wasserstoffmobilität eine signifikante Komponente zur Dekarbonisierung dar, indem dadurch fossile Brennstoffe ersetzt werden. Bis zum Jahr 2025 wird der Anstieg des Strombedarfes in der Elektrolyse auf 14 TWh beziffert. Nach 2025 wird eine weitere deutliche Erhöhung der „Power to X“-Kapazitäten und damit einhergehend des Strombedarfes dieses Bereiches erwartet. Zur Bereitstellung von Wasserstoff für Mobilität und Wärmeerzeugung nimmt der jährliche Strombedarf den Prognosen zufolge auf 107 TWh in 2040 zu.

Der zunehmende Anteil der fluktuierenden Energiequellen Photovoltaik und Windenergie bedingt den Aufbau zusätzlicher Kapazitäten an Elektrolyseeinheiten, um die saisonalen Schwankungen dieser Energiequellen auszugleichen. Entsprechend wird in wind- oder sonnenstarken Zeiten mittels der Elektrolyse Wasserstoff gewonnen und eingespeichert. In Phasen mit einem Erzeugungseingpass erfolgt dann die Rückverstromung dieses Wasserstoffs. Sowohl die Wasserstoffgewinnung als auch dessen Rückverstromung sind mit hohem Energieaufwand verbunden. Im Jahr 2040 wird hier ein Stromaufwand von 37 TWh antizipiert.

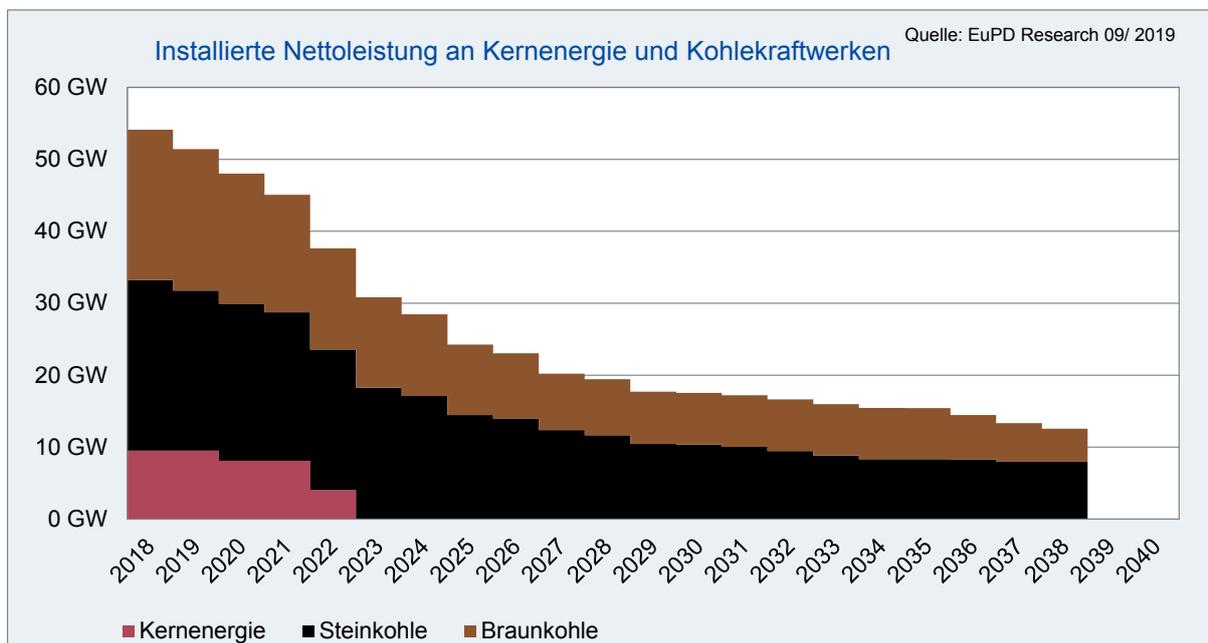


Insgesamt ergibt sich zwischen 2018 und 2030 ein Anstieg des Nettostromverbrauches in Deutschland von 20 Prozent, was einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate von 1,5 Prozent entspricht. Infolge des beschriebenen Strombedarfes insbesondere in den Bereichen „Power to X“ und Elektromobilität wird in der Folgeperiode von 2030 bis 2040 von einer Verdopplung des jährlichen Wachstums des Strombedarfes auf drei Prozent ausgegangen.

Neben den Zielstellungen zur CO₂-Reduktion im Stromsektor werden im Studienrahmen ebenso der Wärme- und der Verkehrsbereich thematisiert. Hierbei zeigt sich, dass im Wärmebereich die bestehenden hohen Potentiale der Solarthermie insbesondere in der Einbindung in Wärmenetzen zukünftig gehoben werden müssen. Gleichmaßen besitzt die Solarthermie in der Anwendung als Prozesswärme eine wichtige Bedeutung als erneuerbare Energiequelle.

Umbau des deutschen Kraftwerkparks erfordert starken Ausbau von Windenergie und Photovoltaik

Der Entwicklung wachsenden Strombedarfes steht der Rückgang an Erzeugungskapazität im konventionellen Kraftwerkspark durch den Atomausstieg sowie die Stilllegung der Braun- und Steinkohlekraftwerke gegenüber. Während der Atomausstieg bereits verbindlich festgeschrieben ist, beruht die Projektion des Bestandes an Braun- und Steinkohlekraftwerken auf bereits festgelegten Stilllegungen sowie einer Begrenzung der Betriebsdauer der Kohlekraftwerke auf maximal 40 Jahre. Im Jahr 2038 werden dann, entsprechend der aktuell diskutierten Vorschläge der „Kohlekommission“, die noch aktiven 12,6 GW an Kohlekraftwerken außer Betrieb genommen.



Im Bereich der erneuerbaren Energien ist auch zukünftig ein Ausbau der installierten Leistung geplant. Gegenwärtig ist in Deutschland eine kumulierte Leistung von ca. 48 GW Photovoltaik (PV) installiert. Zur Umsetzung der Energiewende und Erreichung der klimapolitischen Ziele stellt die Photovoltaik eine zentrale Schlüsseltechnologie dar. Aufgrund der Reduzierung der Erzeugungskapazitäten von Kern- und Kohlekraftwerken sowie des über die bisherigen Pläne hinaus nur moderaten bzw. nur eingeschränkt möglichen Zubaus an Windenergieanlagen und sonstigen erneuerbaren Technologien, ist die Photovoltaik die Technologie mit dem größten und am schnellsten zu realisierenden Wachstumspotential.

Diese Studie ermittelt anhand des entwickelten Energiemarktmodells einen notwendigen Anstieg der kumulierten installierten PV-Bruttoerzeugungskapazität auf 102 GW in 2025, 162 GW in 2030 und 252 GW in 2040. Dabei wird vor allem das Segment der Freiflächen-/Großanlagen ab 500 kWp von heute ca. 15,7 GW auf 126,7 GW installierter Leistung anwachsen. Im Segment Gewerbeanlagen bis 500 kWp wird die installierte Leistung von heute ca. 24 GW auf ca. 91 GW im Jahr 2040 zunehmen. Für das Segment der PV-Kleinanlagen bis 10 kWp, welches die privaten Haushalte abbildet, wird eine Steigerung der installierten PV-Leistung von heute ca. 6,6 GW auf 35 GW im Jahr 2040 erwartet.

Hinsichtlich der Sättigungsquoten von Wohn- sowie Nichtwohngebäuden im Kleinanlagen- und Gewerbesegment, steigt die Sättigungsquote bei Kleinanlagen von heute 10% auf ca. 30% im Jahr 2040. Im Gewerbesegment wird ein Anstieg der Sättigungsquote von 8% auf ca. 20% erwartet.

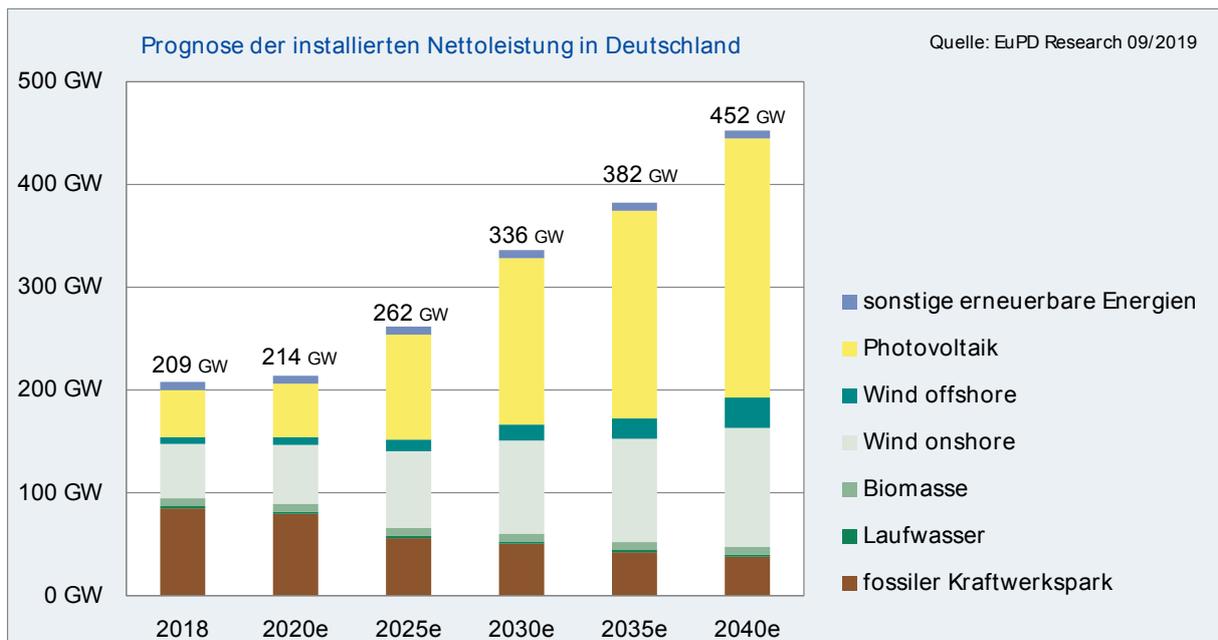
Die heute restriktiveren Rahmenbedingungen für die Windenergie äußern sich insbesondere in umfangreichen Genehmigungsprozessen (insb. Natur- und Umweltschutzaufgaben), strengeren Abstandsregelungen zur Wohnbebauung (z.B. 10H Regelung in Bayern, NRW Windenergieerlass) sowie einer hohen Anzahl an Klagen & Gerichtsverfahren aus Gründen

des Natur-, Umwelt- und Schallemissionsschutzes. Mit diesen unterschiedlichen Faktoren geht zudem eine Verringerung des Flächenpotentials sowohl für neue Anlagen als auch für das Repowering einher.

Aufgrund verschiedener Einflussfaktoren und der damit einhergehenden Unsicherheiten wird in dieser Studie davon ausgegangen, dass der Nettozubau von Windenergieanlagen an Land bei durchschnittlich drei GW pro Jahr liegt. Auf dieser Basis wird ein Anstieg der installierten Leistung von Windenergieanlagen an Land auf ca. 90 GW im Jahr 2030 und 115 GW im Jahr 2040 prognostiziert.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Windenergie auf See sind es vor allem die gesetzlich festgeschriebenen Ausbauziele (EnWG, EEG, WindSeeG), wodurch der Nettozubau vornehmlich gesteuert wird. Als Ziele gelten derzeit 7,7 GW bis 2020 und 15 GW bis 2030. Bis 2040 werden 29,4 GW an installierter offshore Windenergie erwartet.

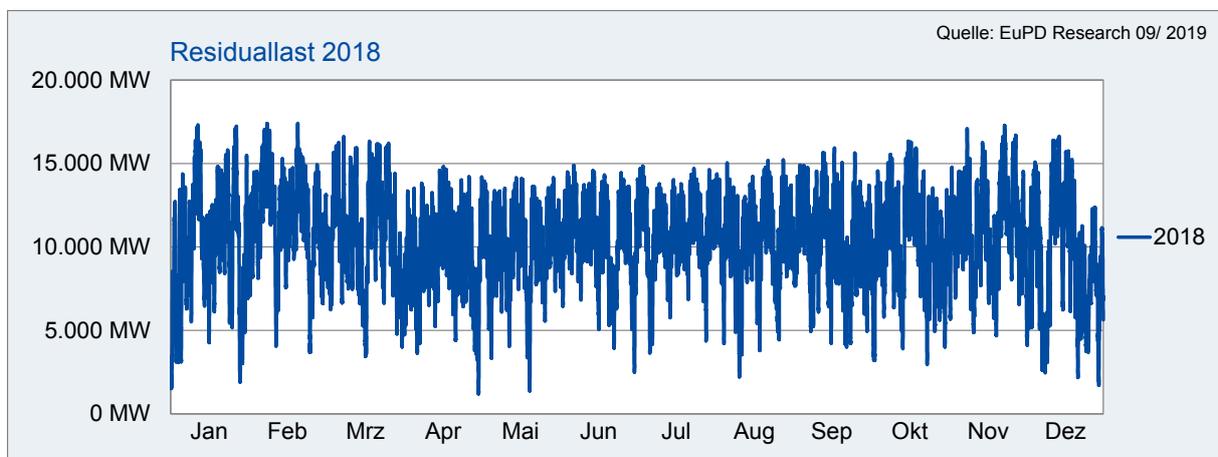
Zu den weiteren erneuerbaren Energieträgern zählen Bioenergie, Wasserkraftwerke sowie die Stromerzeugung aus Abfall. Die allgemeinen Rahmenbedingungen dieser drei Energieträger stellen ein herausforderndes Umfeld hinsichtlich des zukünftigen Ausbaus dar. Im Falle der Wasserkraft bzw. Laufwasserkraftwerken besteht in Deutschland eine natürliche Flächenrestriktion. Darüber hinaus sind Neubauten mit hohen Investitionskosten und mit erheblichen Eingriffen in die Naturlandschaft verbunden, wodurch wiederum mit starken Akzeptanzproblemen zu rechnen ist. Daher wird in dieser Studie die Annahme getroffen, dass die installierte Nettoleistung an Laufwasserkraftwerken im Betrachtungszeitraum konstant bleibt. Dies wird gleichermaßen für die Energieträger Abfall und Bioenergie unterstellt.



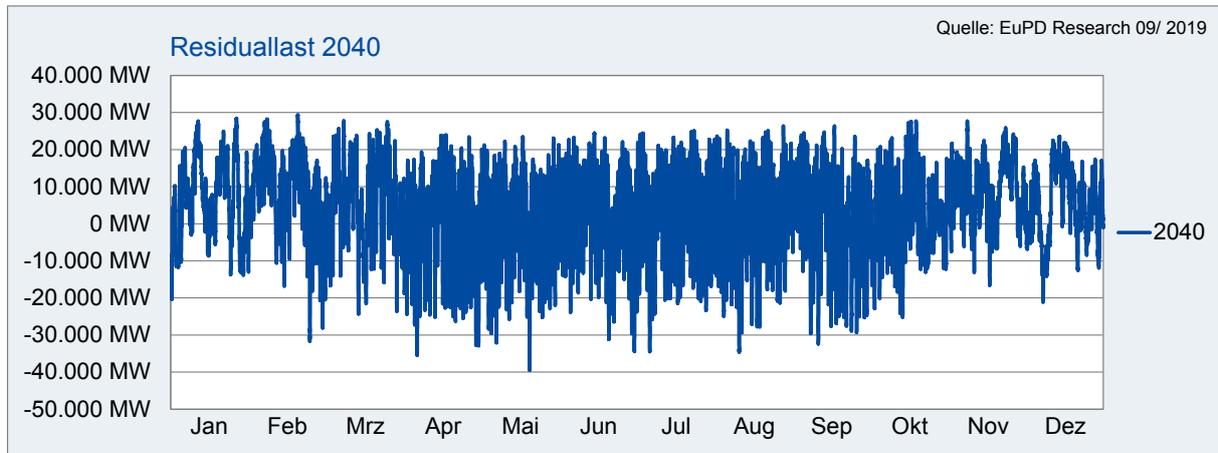
Veränderte Residuallast zeigt Umbau im Strommarkt

Die Prognose des deutschen Strommarktes basiert im Studienrahmen auf der Gegenüberstellung von Stromangebot und -nachfrage. Veränderungen im deutschen Kraftwerkspark betreffen hier das Stromangebot sowohl in der Quantität als auch in zeitlicher Verfügbarkeit des Stroms. Die zeitliche Verfügbarkeit des Stroms ist insofern eine wesentliche Komponente der Energiewende, da die wesentlichen erneuerbaren Energieträger Photovoltaik und Windenergie so genannte fluktuierende Energiequellen sind. Zum Ausgleich der mit dem skizzierten Ausbau an Solar- und Windenergie verbundenen fluktuierenden Erzeugung ist daher analog ein Aufbau an entsprechenden Speicherkapazitäten notwendig.

Die Wirkung des Umbaus des Kraftwerksparks lässt sich am deutlichsten an der so genannten Residuallast ablesen. Die Residuallast stellt die gesamtdeutsche Stromnachfrage (Lastgang) abzüglich der Stromerzeugung der nicht regelbaren Energiequellen dar. Die verbleibende Stromnachfrage muss entsprechend durch die regelbaren erneuerbaren (z.B. Biogas) und konventionellen Energieträger gedeckt werden. Der Blick auf das vergangene Jahr 2018 zeigt, dass die Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie nur in kurzen Perioden bereits ausreichte, um die Stromnachfrage in Deutschland vollständig zu decken.



Mit dem erhöhten Zubau an fluktuierenden Energieträgern erhöht sich zugleich die Schwankungsbreite der Residuallast. Die Simulation für 2040 zeigt hierbei, dass zu einem Großteil des Jahres Windenergie und Photovoltaik zu Deckung des Strombedarfes ausreichen bzw. zum Teil deutlich mehr Strom erzeugen als verbraucht werden kann. Ebenso bestehen längere Phasen, in denen weder Photovoltaik noch Windenergie ein ausreichendes Stromangebot zur Verfügung stellen können.

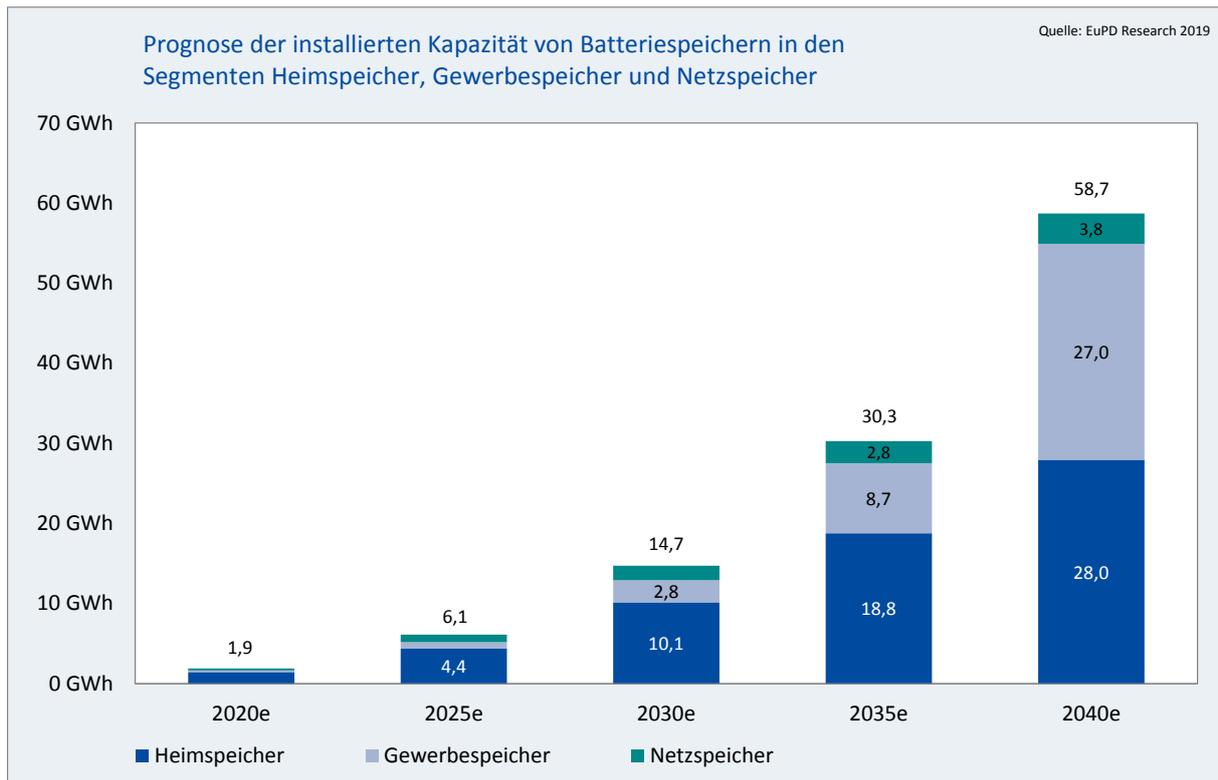


Stromspeicher als Grundpfeiler der Energiewende

Mit dem skizzierten notwendigen Ausbau der Photovoltaik und Windenergie wird die fluktuierende Stromerzeugung deutlich zunehmen. Diese voranschreitende Transformation der Stromerzeugungskapazitäten stellt den Strommarkt bzw. den Ausgleich von Stromangebot und Stromnachfrage vor neue Herausforderungen, sodass der Einsatz von Stromspeichern bzw. Speichertechnologien zukünftig ein zentrales und unabdingbares Element der Energiewende darstellt. Vor allem der Tag-Nacht-Ausgleich zwischen Verbrauch und Erzeugung von PV- bzw. Windstrom stellt die Netzinfrastruktur vor große Herausforderungen, welche durch flexibel einsetzbare Speicher auszugleichen sind. Dafür werden Speicher insbesondere in den Verteilnetzen eine wichtige Funktion wahrnehmen, um kurzfristige Erzeugungs- oder Lastspitzen auszugleichen und damit die Netz- und Systemstabilität zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang spielt der Einsatz von Stromspeicher-Technologien in Gewerbe- und Industrieunternehmen eine zunehmend wichtigere Rolle zur Energiekostenoptimierung, die als zusätzliche Flexibilitätsoption einen positiven Beitrag zur Entlastung der Netzinfrastruktur beiträgt. Im Segment der privaten Haushalte werden Stromspeicher in Verbindung mit einer hauseigenen Photovoltaikanlage bereits heute vermehrt im Rahmen eines Prosumer-Modells eingesetzt, was mittel- und langfristig einen bedeutenden Faktor für eine dezentrale und möglichst verbrauchsnahe Stromerzeugung darstellt. Unterstützt wird diese Entwicklung von einer seit Jahren anhaltenden Verringerung der Investitions- und Betriebskosten marktverfügbarer Speichertechnologien, sodass der wirtschaftliche Speicherbetrieb für Unternehmen und private Haushalte gewährleistet ist.

Hinsichtlich der saisonalen Speicherung von Solar- und Windstrom werden zukünftig Power-to-Gas-Lösungen eine wichtige Funktion ausüben. Zum einen kann damit überschüssiger Strom zur Wasserstoff-Elektrolyse verwendet und somit langfristig gespeichert werden. Zum anderen entsteht damit die Möglichkeit, das hergestellte „grüne Gas“ zu einem späteren Zeitpunkt zur Rückverstromung oder zur Betankung wasserstoff-basierter Fahrzeuge zu nutzen.

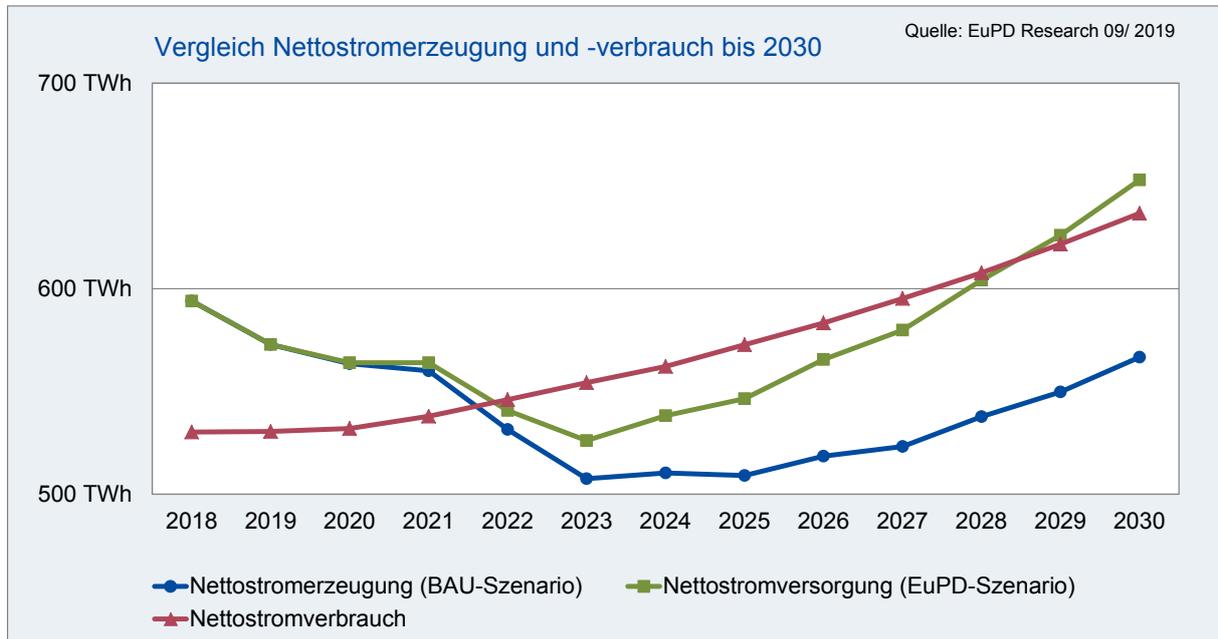
Insgesamt wird die Transformation des Energiesystems nur mithilfe eines großflächigen und vielfältigen Einsatz von Stromspeichern möglich sein. Aufgrund sinkender Kosten, eines steigenden Bedarfs und sehr flexibler sowie kundengruppenspezifischer Einsatzoptionen wird für den Speichermarkt eine Verdreißigfachung der installierten Kapazität von 1,9 GWh auf ca. 59 GWh im Jahr 2040 in Deutschland erwartet.



Massiver Ausbau der Photovoltaik notwendig, um Stromlücke zu schließen

Unter der Annahme des politisch anvisierten Zubaufpads mit einer jährlichen Neuinstallation an Photovoltaik-Anlagen von 2,5 GW ergibt sich bis 2030 eine kumulierte Photovoltaik-Leistung von 77 GW. Im Kontext eines gleichzeitigen Ausbaus der Windenergie auf 90,5 GW onshore und 15,5 GW offshore Windenergie, besteht bereits im Jahr 2022 eine Lücke zwischen Nettostromverbrauch und -erzeugung von 14,5 TWh. Bis 2027 wird sich diese Lücke verfünffachen auf 72 TWh und bleibt bis 2030 nahezu konstant bei 70 TWh.

Die Berechnungen dieser Studie zeigen, dass bereits ab 2020 ein deutlich höherer Ausbaupfad an Photovoltaik erreicht werden muss. Im EuPD Szenario wird unter sonst gleichen Bedingungen ein deutlich höherer Zubau an Photovoltaik unterstellt, der über 6 GW in 2021 und 8 GW in 2022 auf 12 GW jährliche Neuinstallationen ab 2023 ansteigt und auf diesem Niveau bis 2030 verharrt. Diese massiv verstärkten Photovoltaik-Installationen führen zu einer Verkleinerung der Stromlücke auf 26 TWh in 2025. Bereits in 2029 kann wieder ein leichter Erzeugungsüberschuss im Analyserahmen registriert werden.



Mit zusätzlichen Neuinstallationen an Photovoltaik in Höhe von 110 GW anstelle der von der Bundesregierung bislang geplanten 25 GW Photovoltaik lässt sich in dieser ersten Phase des Umbaus des deutschen Kraftwerksparks bis 2030 eine Erzeugungslücke vermeiden. Dies bedeutet für das Jahr 2025 eine installierte Leistung von 102 GW und im Jahr 2030 von 162 GW Photovoltaikleistung am Standort Deutschland.

Studienleiter bei EuPD Research:
 Dr. Martin Ammon
 Email: m.ammon@eupd-research.com
 Tel. 0228/ 971 43 22

Unterstützer dieser Studie

