



## Dezentrale Flexibilitätsoptionen: Bausteine einer klimaneutralen Stromversorgung

Wie viele kleine Erzeuger und Verbraucher das Stromnetz der Zukunft flexibilisieren und die Kosten der Stromerzeugung reduzieren.

// Moritz Vogel & Dr. Matthias Koch

### Zentrale Schlussfolgerungen

- Das technische Flexibilitätspotenzial kleiner Erzeuger und Verbraucher wird sich in Zukunft stark erhöhen.
- Diese Flexibilität kann das Netz entlasten und die Kosten der Stromerzeugung senken. Sie trägt so zur Integration erneuerbarer Energien bei.
- Voraussetzungen für den Einsatz dezentraler Flexibilität sind Mechanismen, die das Angebot an und die Nachfrage nach Flexibilität zusammenbringen.

Das Stromsystem der Zukunft wird kleinteiliger sein als heute. Der Ausbau erneuerbarer Energien führt dazu, dass nicht mehr wenige Großkraftwerke Strom und Fernwärme erzeugen, sondern immer mehr kleine und häufig auch verbrauchsnahe Stromerzeugungsanlagen, wie Photovoltaikkraftwerke oder Windenergieanlagen. Darüber hinaus werden Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen zu den dominierenden Technologien im Verkehrs- und Gebäudesektor, die häufig eingesetzt werden, um selbst erzeugten Solarstrom zu verbrauchen. Diese kleinen, dezentralen Verbraucher haben ein großes Potenzial für die Integration erneuerbarer Energien in Netz und Markt.

Im Idealfall können Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Batterieheimspeicher die variable Stromerzeugung aus Wind und Sonne bereits vor Ort nutzen, ohne das Übertragungsnetz zu beanspruchen. Dezentrale Flexibilität gleicht die Einspeiseprofile erneuerbarer Energien dann so aus, dass weniger Einspeisespitzen über das Übertragungsnetz transportiert werden

müssen. Die Netzüberlastung könnte dadurch um bis zu zehn Prozent verringert werden, das zeigen Arbeiten des Öko-Instituts. Ebenso trägt diese Flexibilität dazu bei, dass sich die Kosten der Stromerzeugung reduzieren. Sie kann Strom aus Zeiten mit großem Angebot und geringen Strompreisen in Zeiten mit niedrigem Angebot und hohen Strompreisen verschieben. Dadurch können jährlich bis zu eine Milliarde Euro eingespart werden.

### **Wie Flexibilität wirkt**

Durch ihre flexible Stromspeicherung oder ihren flexiblen Stromverbrauch passt sich dezentrale Flexibilität dem schwankenden Angebot von Wind- und Solarstrom an: Sie federn Erzeugungsspitzen erneuerbarer Energien ab, indem flexible Verbraucher, wie Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen, die Stromnachfrage erhöhen, Batteriespeicher beladen werden oder Blockheizkraftwerke die Stromerzeugung unterbrechen.

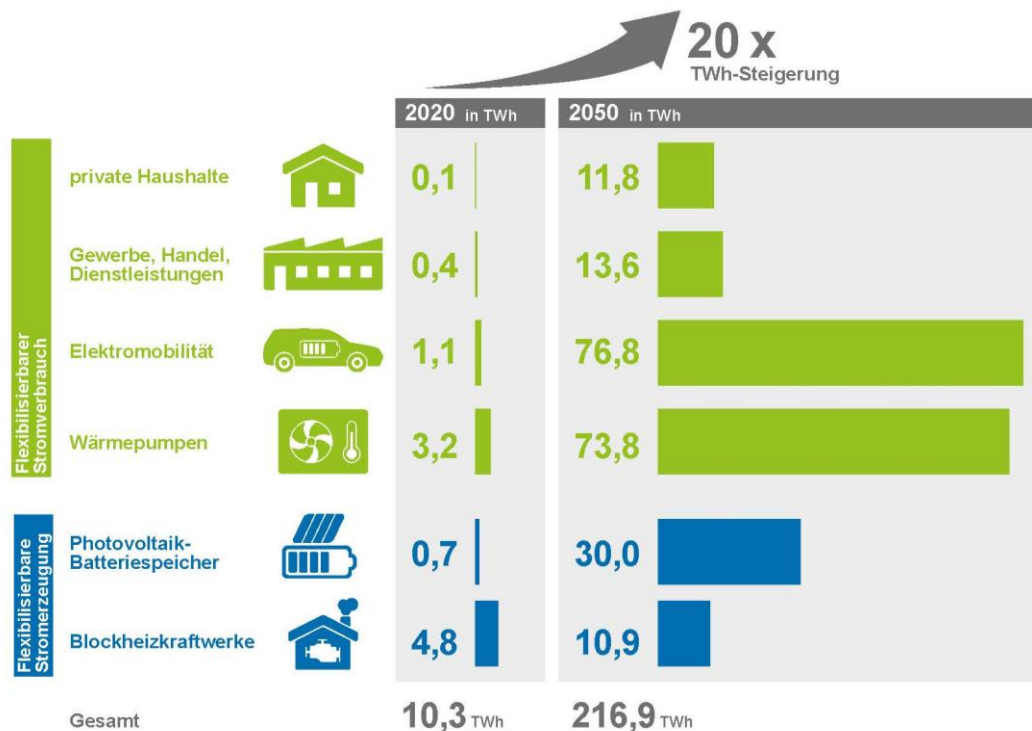
Im umgekehrten Fall, wenn nur wenig erneuerbarer Strom zur Verfügung steht, reduzieren flexible Verbraucher die Stromnachfrage, werden Batteriespeicher entladen und nehmen Blockheizkraftwerke die Stromerzeugung wieder auf. Diese dezentralen Flexibilitätsoptionen tragen so zu einem versorgungssicheren, klimaneutralen und wirtschaftlichen Stromsystem bei.

## Das technische Potenzial der Flexibilisierung im deutschen Stromnetz

Das technische Potenzial im deutschen Stromsystem ist erheblich: Im Vergleich zum Jahr 2020 kann sich die flexibilisierbare Strommenge dezentraler Erzeuger und Verbraucher bis 2050 auf rund 220 Terawattstunden (TWh) erhöhen und damit in etwa verzwanzigfachen.

Die folgende Infografik<sup>1</sup> verdeutlicht den starken Anstieg des technischen Flexibilitätspotenzials von dezentralen Erzeugern und Verbrauchern im deutschen Stromsystem bis zum Jahr 2050.

**Abbildung 1: Das technische Flexibilitätspotenzial im Stromsystem bis zum Jahr 2050**



Quelle: Öko-Institut e.V.

Im Jahr 2020 lag das technische Flexibilitätspotenzial dezentraler Erzeuger und Verbraucher bei rund 10 TWh. Das waren knapp zwei Prozent des gesamten Stromverbrauchs von 558 TWh. Bis zum Jahr 2050 kann sich die dezentrale, flexibilisierbare Strommenge auf rund 220 TWh erhöhen. Dieses Flexibilitätspotenzial sollte sinnvoll genutzt werden, auch um Netzüberlastungen zu verringern. Dafür müssen jedoch die Rahmenbedingungen stimmen.

<sup>1</sup> Quellen für die Zahlen im Jahr 2020: Anzahl batterieelektrischer Fahrzeuge (358.000): Verband der Automobilindustrie ([www.vda.de](http://www.vda.de)); jährlicher Stromverbrauch eines batterieelektrischen Fahrzeugs (3.000 kWh/Fahrzeug): genehmigter Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan 2030 (Version 2021); Anzahl Wärmepumpen (1 Million): Bundesverband Wärmepumpe e.V. ([www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de)); jährlicher Stromverbrauch einer Wärmepumpe (3.200 kWh/Wärmepumpe): genehmigter Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan 2030 (Version 2021); Speicherkapazität von PV-Heimspeichern (1,9 GWh): Bundesverband Solarwirtschaft e.V. ([www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)); installierte Leistung von Erdgas-BHKW (3,8 GW): Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur ([www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)); Volllaststunden von Erdgas-BHKW (5.000): Netzentwicklungsplan Strom 2035 (Version 2021); Stromerzeugung aus Biogas-BHKW (29 TWh): Erneuerbare Energien in Zahlen ([www.erneuerbare-energie.de](http://www.erneuerbare-energie.de))

## Koordinationsmechanismen für den erfolgreichen Einsatz von dezentralen Flexibilitätsoptionen

Um das Potenzial dezentraler Verbraucher und Erzeuger ausschöpfen zu können, müssen Mechanismen geschaffen werden, die das Angebot an und die Nachfrage nach Flexibilität zusammenbringen.

### Heutige Regelungen für einen netzdienlichen Einsatz von Flexibilität

Der heutige gesetzliche Rahmen für das Engpassmanagement durch Netzbetreiber (der sogenannte Redispatch 2.0) ermöglicht einen Zugriff auf Stromerzeuger ab einer Größe von 100 Kilowatt (§13a EnWG). Stromverbraucher hingegen kommen heute noch nicht zur Lösung von Netzengpässen zum Einsatz. Lediglich zur Erbringung von Regelleistung können sie ihre Flexibilität anbieten. Dafür ist jedoch eine Leistung von mindestens fünf Megawatt notwendig (§13i (2) Satz 4 EnWG). Eine Leistung, die durch kleine Verbraucher nicht erreicht wird. Lediglich durch das Zusammenführen mehrerer Verbraucher im Rahmen des so genannten „Pooling“ besteht die Möglichkeit, die nötige Leistung zu erreichen (§6 AbLAV).

Einen ersten Schritt in Richtung Steuerung dezentraler Verbraucher macht §14a im EnWG. Ein Netzbetreiber kann basierend auf diesem Paragraphen einem Verbraucher ein reduziertes Netzentgelt anbieten. Dieser gewährt ihm im Gegenzug die Steuerung einer Verbrauchseinrichtung. Erzeuger sind von dieser Regelung bisher ausgeschlossen. Wie genau diese Einigung zwischen Verbraucher und Netzbetreiber aussieht und wie hoch die Netzentgeltreduktion ausfällt, ist nicht definiert. Eine konkrete Ausgestaltung in einer Verordnung, die diese Punkte regelt, steht noch aus. Auch ermöglicht dieser Paragraph den Zugriff durch Verteilnetzbetreiber. Betreiber von Übertragungsnetzen können auf diese Flexibilität nicht zugreifen.

### Mechanismen für den netzdienlichen Einsatz von Flexibilität

Damit dezentrale Verbraucher und Erzeuger einen netzdienlichen Beitrag leisten können, sind zusätzliche Mechanismen nötig, die das Angebot an und die Nachfrage nach Flexibilität zusammenbringen. Dabei sind unterschiedliche Mechanismen denkbar<sup>2</sup>, so etwa die Schaffung von Märkten auf denen Flexibilität gehandelt wird. Netzbetreiber fragen sie dort nach und setzen sie netzdienlich ein. Flexibilitätsmärkte wurden bereits in den SINTEG-Projekten<sup>3</sup> erarbeitet und erprobt. So auch im Projekt enera<sup>4</sup>, an dem das Öko-Institut in den Bereichen Szenarien, Modellierung und Roadmap maßgeblich beteiligt war.

Andere denkbare Instrumente sind etwa vertragliche Einigungen zwischen Netzbetreibern und einzelnen Anbietern. Auch werden zeitvariable Netzentgelte diskutiert. Diese orientieren sich an der Netzbelastung und fallen hoch aus, wenn eine Stromentnahme das Netz belastet. Verbraucher sollen sich daran orientieren und bereits präventiv Netzengpässen gegensteuern. Welche Mechanismen schließlich zum Einsatz kommen, ist in einem Dialog zwischen Netzbetreibern, Flexibilitätsanbietern, der Regulierungsbehörde und politischen Entscheidungsträger\*innen auszuhandeln. So können Anforderungen der Stakeholder\*innen berücksichtigt und ein passendes Mechanismen-Design erarbeitet werden.

Sind die erforderlichen Rahmenbedingungen für den netzdienlichen bzw. strommarktdienlichen Einsatz von dezentralen Flexibilitätsoptionen geschaffen, können die nachfolgenden Effekte im Übertragungsnetz und im Strommarkt realisiert werden:

---

<sup>2</sup> Eine Übersicht und Bewertung dieser Instrumente finden sich im Papier „Flexibilität für das Netz“, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Flexibilitaet-fuer-das-Netz.pdf>

<sup>3</sup> Informationen zu den SINTEG-Projekten sind verfügbar unter <https://www.sinteg.de/>

<sup>4</sup> <https://projekt-enera.de/>

## Netzüberlastung um zehn Prozent verringern

Dezentrale Erzeuger und Verbraucher können das Stromnetz unterstützen und tragen damit zur Versorgungssicherheit des Systems bei: Die enera Szenarienanalyse<sup>5</sup> zeigt, dass die Überlastung im Übertragungsnetz um rund zehn Prozent reduziert werden kann, wenn dezentrale Erzeuger und Verbraucher sich im Bedarfsfall dem Netzzustand anpassen.

Vor einem Netzengpass wird dann die Stromerzeugung reduziert beziehungsweise zwischengespeichert oder die Stromnachfrage erhöht. Gleichzeitig muss in gleichem Umfang hinter dem Engpass die Stromerzeugung erhöht oder die Stromnachfrage verringert werden. Neben der zeitlichen Verfügbarkeit des Flexibilitätspotenzials muss dieses auch räumlich an den benötigten Stellen im Stromnetz lokalisiert sein.

Diese Entlastung ist eine sinnvolle Ergänzung zum weiterhin notwendigen Netzausbau. Wird dezentrale Flexibilität für den Redispatch eingesetzt, kann es den Netzbetreibern Zeit verschaffen, bis neue, innovative Betriebsmittel die Marktreife erreicht haben. Dadurch erweitert sich der Handlungsspielraum der Netzbetreiber sowohl im Betrieb als auch in der Ausbauplanung. So können zunehmend neue Netzbetriebsmittel, wie zum Beispiel Phasenschieber oder Hochtemperaturleiterseile, eingesetzt werden. Dezentrale Flexibilitäten unterstützen damit auch die Modernisierung des Stromnetzes.

## Niedrigere Stromgestehungskosten: Eine Milliarde Euro pro Jahr sparen durch Flexibilisierung

Da für die Erzeugung von Wind- und Photovoltaik-Strom keine Brennstoffe oder CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate erworben werden müssen, sind die Kosten der erneuerbaren Stromerzeugung gegenüber der Stromerzeugung mit Kohle- oder Gaskraftwerken erheblich niedriger.

Vor allem Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge, die sich beispielsweise über virtuelle Kraftwerke an der Stromerzeugung aus Wind und Sonne orientieren, reduzieren die Kosten der Stromerzeugung, indem sie erneuerbaren Strom optimal nutzen. Sie verdrängen so teure Kohle- und Gaskraftwerke aus dem Erzeugungsmix.

Szenarienberechnungen im Projekt enera zeigen, dass dezentrale, flexible Erzeuger und Verbraucher die jährlichen Kosten der Stromerzeugung um bis zu eine Milliarde Euro reduzieren können im Vergleich zum Referenzfall ohne deren Flexibilisierung. Darüber hinaus werden Strompreisspitzen gekappt und die Schwankungen der Börsenstrompreise gehen zurück.

---

<sup>5</sup> Die enera Roadmap, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/enera-Roadmap.pdf>

## Fazit

Dezentrale Flexibilität ist im Stromsystem der Zukunft ein wichtiger Baustein für Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Klimaneutralität. Sie unterstützt einen sicheren Stromnetzbetrieb und sorgt dafür, dass erneuerbare Energien optimal genutzt werden und dadurch die Kosten der Stromerzeugung sinken. Grundlage sind Mechanismen, die das Angebot und die Nachfrage nach Flexibilität zusammenbringen.

## Literatur

Vogel, M. et al. (2021), Die enera Roadmap, Öko-Institut: Freiburg. Verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/enera-Roadmap.pdf> (letzter Zugriff: 27.09.2021).

Koch et al. (2021), Pilotprojekt Dezentralisierung, Öko-Institut: Freiburg. Verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Pilotprojekt-Dezentralisierung-2021.pdf> (letzter Zugriff: 27.09.2021)

Vogel, M. & Bauknecht, D. (2020), Flexibilität für das Netz, Öko-Institut: Freiburg Verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Flexibilitaet-fuer-das-Netz.pdf> (letzter Zugriff: 20.01.2022)

## Öko-Institut e.V | Freiburg | Darmstadt | Berlin

Das Öko-Institut ist eines der europaweit führenden, unabhängigen Forschungs- und Beratungsinstitute für eine nachhaltige Zukunft. Seit der Gründung im Jahr 1977 erarbeitet das Institut Grundlagen und Strategien, wie die Vision einer nachhaltigen Entwicklung global, national und lokal umgesetzt werden kann. Das Institut ist an den Standorten Freiburg, Darmstadt und Berlin vertreten.

[www.oeko.de](http://www.oeko.de) | [info@oeko.de](mailto:info@oeko.de)

## Kontakt

Moritz Vogel | +49 761 45295-226 | [m.vogel@oeko.de](mailto:m.vogel@oeko.de)

Dr. Matthias Koch | +49 761 45295-218 | [m.koch@oeko.de](mailto:m.koch@oeko.de)