

Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamtkosteneffizienten Energiesystem



Studieninhalte und Bewertung der positiven Effekte von dezentralen Energielösungen auf das Energiesystem basieren auf einer Ausarbeitung der Roland Berger GmbH im Auftrag der Enpal B.V.

In Partnerschaft mit



Autoren

Marc Sauthoff, Dominik Löber

Mit besonderem Dank an Karin Kemetzhofner,
Lena Schull, Alexandra Weixler und Johannes Krasser

Das Urheberrecht an dieser Studie liegt bei Roland Berger GmbH.

Es darf weder von Unternehmen noch von Einzelpersonen
plagiert, teilweise oder vollständig kopiert werden und eine
Vervielfältigung oder Verbreitung in irgendeiner Form oder
mit irgendwelchen Mitteln ist nicht gestattet.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2025 Roland Berger GmbH
Bertolt-Brecht-Platz 3, 10117 Berlin

<https://www.rolandberger.com/de/>

EXECUTIVE SUMMARY

Deutschland steht an einem Scheidepunkt: Es prallen konträre politische und privatwirtschaftliche Ideologien, Meinungen und Einstellungen hinsichtlich der Zukunft des deutschen Energiesystems aufeinander. Konkret geht es um unterschiedliche Meinungen zur Elektrifizierung der Bedarfe sowie der Struktur und Rollenverteilungen innerhalb des künftigen Energiemixes in Deutschland. Hieraus ergibt sich – mehr denn je – die Notwendigkeit eine gemeinsame Linie zu finden, welche die Gesamtwirtschaftlichkeit des Energiesystems in den Vordergrund stellt und den Dezentralen Lösungen einen entsprechenden Platz zur Entfaltung einräumt. Denn jede Lösung – Erneuerbare Energien (EE), Dezentrale Lösungen (DL) und konventionelle Erzeugung (Gaskraftwerke) – hat ihre Daseinsberechtigung in einem gesamtkosteneffizienten System.

Startpunkt des Diskurses ist die Geschwindigkeit der Elektrifizierung in Deutschland: Zuletzt veröffentlichte Studien zeigen, dass diese – wenn auch verlangsamt – weiter voranschreitet. Das Land benötigt daher dringender denn je Lösungen, welche flexibel und gesamtkosteneffizient auf diese künftigen Energiebedarfe eingehen können. Die Abdeckung dieses gesteigerten Bedarfs allein durch Erneuerbare Energien oder fossile Brennstoffe ist aus Kosteneffizienz- sowie Systemgründen nicht anzustreben.

Es braucht ein Zusammenspiel aus zentralen und Dezentralen Lösungen, um alle künftigen Bedarfe abzudecken und Gesamtkosteneffizienz zu erreichen.

Es braucht ein Zusammenspiel aus zentralen und Dezentralen Lösungen, um alle künftigen Bedarfe abzudecken und Gesamtkosteneffizienz zu erreichen. Gesamtkosteneffizient meint hier eine gezielte, netzdienliche Nutzung von Erneuerbaren Energien, einen Auf- und Zubau der Dezentralen Lösungen zur Abdeckung von Flexibilitätsbedarfen sowie den bewussten, bedarfsorientierten Einsatz der konventionellen Erzeugung mittels Gas, um die Ziele der Energiewende zu minimalen gesamtwirtschaftlichen Kosten zu erreichen. Die aktive Gestaltung des künftigen Energiemixes und die einhergehende Positionierung der Dezentralen Lösungen als qualitativ tragfähige Alternative zur konventionellen Energieerzeugung mittels Gas (konventionell als auch H₂-ready) ist unumgänglich zur Sicherstellung der künftigen Versorgungssicherheit in Deutschland. Aus geopolitischer Perspektive ist eine Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und eine einhergehende Senkung des geopolitischen Risikos zudem geboten.

Der Begriff Dezentrale Lösungen beschreibt ein Energie-Ökosystem, welches Energie nah am Verbrauchsort bzw. beim Endkunden erzeugt und/oder speichert. Das inkludiert – in nachfolgender Betrachtung – PV- Anlagen, Batteriespeicherlösungen, Wärmepumpen sowie Elektromobilitätslösungen auf Basis von smartem und bidirektionalem Laden. Diese Lösungen stehen dabei in Wechselwirkung sowohl miteinander im integrierten System als auch mit dem weiteren Energiesystem auf lokaler und regionaler Ebene. Dezentrale Systeme sind in ihrem Wesen digital, vernetzt und intelligent. Diese drei Kernmerkmale erlauben es ihnen, systemdienlich und stabilisierend im Stromsystem zu wirken. Sie reduzieren Übertragungsverluste und (Übertragungs-) Netzbelastung und steigern Flexibilität, Energieautarkie und Resilienz auf lokaler Ebene.

Eine grobe Evaluation des Potenzials von Dezentralen Lösungen als Bestandteil eines gesamt-kosteneffizienten Systems zeigt einen Mehrwert i.d.H. von 185-255 Mrd. EUR im Zeitraum von 2025 bis 2045 auf. Dieser Mehrwert ergibt sich aus der Bewertung der zusätzlichen Wertschöpfung sowie der möglichen Einsparpotenziale, welche auf der Evaluation der folgenden drei Kernhebel basiert:

- **Gesamtkosteneffizienz im Energiesystem**
- **Deutsche Technologieführerschaft und lokale Wertschöpfung**
- **Direkter Mehrwert für und durch den Verbraucher**

Die Nutzung von Dezentralen Lösungen kann einen Gesamtbeitrag von ca. 40–60 Mrd. EUR zur Steigerung der Gesamtkosteneffizienz im deutschen Energiesystem leisten. Diese Reduktion erfolgt einerseits mittels einer Reduktion von Investitionskosten (CAPEX) von ca. 23–35 Mrd. EUR, andererseits durch die Senkung der laufenden Kosten (OPEX) i.d.H. von ca. 17–25 Mrd. EUR.

Das Einsparpotenzial bei den Investitionskosten beinhaltet eine durch die intelligente Integration Dezentraler Lösungen mögliche Vermeidung von Netzausbaukosten i.d.H. von 18–27 Mrd. EUR. Des Weiteren kann durch einen breiten Ausbau Dezentraler Lösungen der Bedarf an Zentralen Back-up-Kapazitäten reduziert werden. Dies bedingt eine Senkung der benötigten Anlageninvestitionskosten von ca. 5–8 Mrd. EUR. Weitere, nicht quantifizierte Effekte inkludieren die Steigerung der Ausbauflexibilität und die Reduktion der (Technologie) Lock-in Effekte.

Bei den laufenden Kosten (OPEX) basiert das Einsparpotenzial auf einer erfolgreichen Reduktion der laufenden Netzinstandhaltungskosten von ca. 2–3 Mrd. EUR. Dies sind Effekte aus dem reduzierten Ausbau auf Übertragungs- und Verteilnetzebene. Eine Senkung der Netzausgleichskosten – also der Kosten für Flexibilität – generiert zudem bis zu 15–22 Mrd. EUR an Einsparungen. Dezentrale Lösungen reduzieren hierbei durch flexible Lastverschiebung und Einspeisung den Bedarf an (zunehmend) kostspieliger Erzeugung durch Zentrale Gaskraftwerke.

Auch ermöglichen Dezentrale Lösungen die Etablierung global wettbewerbsfähiger Marktführer im entstehenden Segment der New Energy Produkte bzw. Services. Produkte wie (Small-Scale) PV, Heimspeicher, Wärmepumpen und Energiemanagementsysteme bilden hierbei die Basis für den weiteren Ausbau von Dezentralen Services, welche als ‚German IPs (Intellectual Property)‘ weltweit exportfähig sind. Grob skaliert kann man bis 2045 von einer IP-getriebenen, zusätzlichen Wertschöpfung von bis zu 20–28 Mrd. EUR ausgehen.

Des Weiteren schafft die Ausweitung von Startup-Clustern in Bereichen wie Energy-Tech, Sustainable Mobility, Home Energy Management Systems, Smart Grid sowie Sustainability Fintechs sowohl neue Beschäftigungsstrukturen als auch eine Stärkung des Technologiestandorts Deutschland. Diese Startup-Cluster können bis 2045 durch das Wachstum Dezentraler Lösungen einen beschäftigungswirksamen Impuls von bis zu 100 Tsd. neuen Arbeitsplätzen erzeugen. Die damit verbundene Gesamtwertschöpfung wird auf rund 5–7 Mrd. EUR geschätzt.

Aus Endverbraucherperspektive bietet die Nutzung Dezentraler Lösungen ein Einsparpotenzial von bis zu 14–18 Mrd. EUR. Davon entfallen rund 11–15 Mrd. EUR auf private Haushalte und etwa 3 Mrd. EUR auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Die Einsparung ergibt sich primär aus reduziertem Strombezug sowie Einspeiseerträgen bei gleichzeitiger Entkopplung vom Marktpreis. Durch den Einsatz Dezentraler Lösungen ergibt sich auf der Endverbraucherseite zudem der zentrale Effekt, dass sich diese zu sogenannten *Flexumern* entwickeln können. Das bedeutet, sie konsumieren und erzeugen nicht nur Strom, sondern

reagieren auch flexibel auf Preissignale – und leisten damit einen aktiven, systemdienlichen Beitrag zur Netzstabilität. Diese Preissignale können sowohl marktliche als auch netzseitige Signale sein, die durch geeignete Infrastruktur beim Kunden ankommen müssen.

Darüber hinaus werden bis 2045 rund 106–142 Mrd. EUR an privaten Investitionen mobilisiert – 79–105 Mrd. EUR durch Haushalte, 27–37 Mrd. EUR durch KMU. Diese Investitionen stärken nicht nur die gesamtdeutsche Wirtschaftskraft, sondern tragen zur regionalen Wertschöpfung und standortnahen Resilienz bei. Besonders im mittleren Einkommenssegment (rund 40–100 Tsd. EUR Jahreshaushaltseinkommen) kann sich dabei eine dynamische Investitionsbereitschaft entfalten, da dieses Segment besonders von gezielten Finanzierungsangeboten und Förderinstrumenten profitiert. So kann eine breite gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende ermöglicht und durch eine passgenaue Ausgestaltung schneller aktiviert werden.

Zusammengefasst bringen Dezentrale Lösungen essenziellen Mehrwert auf allen Ebenen im deutschen Energiesystem und als Teil des deutschen Energiemixes. Durch einen proaktiven Einsatz der Dezentralen Lösungen können Infrastrukturkosten nachhaltig gesenkt werden. Sie sind nachweislich in der Lage, die lokale Versorgungssicherheit zu stärken und flexible, kurzfristige Bedarfe aufzufangen – ohne den bedarfsgerechten Einsatz von Gaskraftwerken komplett außer Rede zu stellen. Regionale und lokale Wertschöpfung wird sowohl auf direktem Weg erbracht, das heißt in der Erbringung der jeweiligen Leistung, als auch auf indirektem Weg über die Absicherung und Schaffung neuer Beschäftigungsmöglichkeiten.

Die größte Wertschöpfung verbleibt allerdings – konsistent mit ihrem verbrauchsnahe Wesen – beim jeweiligen Verbraucher. Dezentrale Lösungen schaffen Sicherheit, Planbarkeit sowie individuell spürbare, finanzielle Erleichterungen und bieten eine klare und ergebnisorientierte Möglichkeit für privat(wirtschaftlich) Investitionen.

Letztlich braucht es dafür die Schaffung der richtigen Rahmenbedingungen und das Tätigen wichtiger Schritte für die erfolgreiche Festigung der Dezentralen Lösungen in einem gesamtkosteneffizienten System. Zu diesen zählen das stärkere Zuschneiden von Subventionen, Förderungen und steuerlichen Vorteilen auf Dezentrale Lösungen, das kosteneffiziente und bedarfsgerechte Design des deutschen Strommarkts, die Etablierung der Technologieführerschaft und Ermöglichung der lokalen Wertschöpfung mittels gezielter IP-Stärkung sowie die Wegbereitung für und Begleitung von Verbrauchern hin zu *Prosumern* und letztlich *Flexumern*.

Deutschland braucht konkrete, entschlossene und zielgerichtete Schritte, um die Dezentralen Lösungen im deutschen Energiesystem zu verankern und den identifizierten Mehrwert bis 2045 zu realisieren.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Die Elektrifizierung in Deutschland schreitet voran	12
1.1.	Politik und Privatwirtschaft sind sich uneins	12
1.2.	Elektrifizierung verlangt ein Neu-Denken des Energiemixes	13
2.	Zukunftsperspektive: Energiemix als Zusammenspiel zentraler und Dezentraler Lösungen	14
2.1.	Erneuerbar, Dezentral und Konventionell mittels Gas: Jede Lösung hat ihre Daseinsberechtigung im Gesamtsystem	14
2.2.	Dezentrale Lösungen bilden ein neues Ökosystem	15
3.	Dezentrale Lösungen kreieren Mehrwert und Wertschöpfung für das deutsche Energiesystem bis 2045	17
3.1.	Dezentrale Lösungen können bis zu 255 Mrd. EUR an Wertschöpfung generieren	18
3.2.	CAPEX und OPEX-Reduktionen erhöhen die Gesamtkosteneffizienz	19
3.2.1.	Intelligente Nutzung der Dezentralen Lösungen senkt benötigte Investitionskosten (CAPEX) im Gesamtsystem	19
3.2.2.	Intelligente Nutzung der Dezentralen Lösungen senkt laufende Kosten (OPEX) im zukünftigen Energiesystem	20
3.3.	Deutsche Technologieführerschaft und gesteigerte lokale Wertschöpfung treiben den Innovationsmotor an	21
3.3.1.	IP-Wertschöpfung als Anteil der Gesamtwertschöpfung monetarisieren	21
3.3.2.	Tech Champions sichern zukünftige Arbeitsplätze	22
3.4.	Endkunden entwickeln sich vom „Prosumer“ zum „Flexumer“	23
3.4.1.	Ersparnis als direkter Mehrwert für den Endverbraucher	23
3.4.2.	Mobilisierung von (privatem) Investitionskapital	24
4.	Fazit und Handlungsempfehlungen	25
5.	Schlusswort	26
6.	Abbildungsverzeichnis	27
7.	Quellen	27

1. Die Elektrifizierung in Deutschland schreitet voran

1.1. Politik und Privatwirtschaft sind sich uneins

Deutschland steht an einem Scheidepunkt: Es prallen konträre politische und privatwirtschaftliche Ideologien, Meinungen und Einstellungen hinsichtlich der Zukunft des deutschen Energiesystems aufeinander. Konkret geht es um unterschiedliche Meinungen zur Elektrifizierung der Bedarfe sowie der Struktur und Rollenverteilungen innerhalb des künftigen Energiemixes in Deutschland.

„Wir müssen anerkennen, dass der Strom allein aus erneuerbaren Quellen keine günstige Stromversorgung, schon gar nicht für energieintensive Unternehmen erreicht. Wir brauchen neue Gaskraftwerke.“

„Wir brauchen den ganzen Instrumentenkasten, aber die Gaskraftwerke werden die Hauptlast tragen müssen.“



Katharina Reiche
BMWE

„Auf dem Weg zum gesellschaftlich breit getragenen Kohleausstieg 2038 darf es kein weiteres endgültiges Abschalten von Kohlekraftwerken geben, solange keine neuen Gaskraftwerke als Ersatz gebaut sind.“



CDU CSU Energie-Agenda

Abbildung 1: Dezentrale Lösungen im gesamtwirtschaftlichen Kontext – Stimmen aus Wirtschaft & Politik²

Aus den Wortmeldungen unten zeichnet sich ein – nach außen gerichtet – konservativer politischer Kurs mit Fokus auf Zentrale, Konventionelle Erzeugung ab. Aus Industrieperspektive herrscht Uneinigkeit hinsichtlich der Rolle und Wertigkeit der einzelnen Lösungen im Gesamtsystem sowie auch als Antwort für künftige (Flexibilitäts-)Bedarfe. Am Ende treffen Ideologien auf gesamtwirtschaftliche Notwendigkeiten, was einen gemeinsamen Diskurs erschwert.

„Wir brauchen Versorgungssicherheit und dazu gehören Back-up-Kapazitäten. Gaskraftwerke sind sicher nicht die alleinige Lösung. Deswegen plädieren wir dafür, den Lösungsraum zu erweitern.“

enercity

Aurélie Alemany
enercity

„Wir brauchen drei Dinge: Erneuerbare Energien, die die Hauptlast tragen bei der Erzeugung. Speicherkapazitäten, die v.a. kurzfristig oder über einige Tage den notwendigen Ausgleich herstellen. Und dann braucht es gesicherte Backup-Kapazitäten und das werden Gaskraftwerke sein.“

RWE

Markus Krebber
RWE

„Die Energiewirtschaft braucht keine Subventionen für Gaskraftwerke. Das Geld kann die neue Regierung gerne sinnvoller verwenden.“

bne Bundesverband
Neue Energiewirtschaft

Robert Busch
BNE

¹ Handelsblatt (2025), CDU (2024), Energiate (2025), RWE (2025), BNE (2025)

Hieraus ergibt sich – mehr denn je – die Notwendigkeit eine gemeinsame Linie zu finden, welche die Gesamtwirtschaftlichkeit des Energiesystems in den Vordergrund stellt

Hieraus ergibt sich – mehr denn je – die Notwendigkeit eine gemeinsame Linie zu finden, welche die Gesamtwirtschaftlichkeit des Energiesystems in den Vordergrund stellt und den Dezentralen Lösungen einen entsprechenden Platz zur Entfaltung einräumt. Ein weiterer Blick auf den aktuellen Diskurs zeigt, dass der Beitrag und die Rolle der Dezentralen Lösungen nicht klar im Gemeinverständnis verankert ist. Die Dezentrale Lösungen werden im Moment (noch) nicht als adäquate Alternative für die Bereitstellung von flexiblen Strombedarfen wahrgenommen.

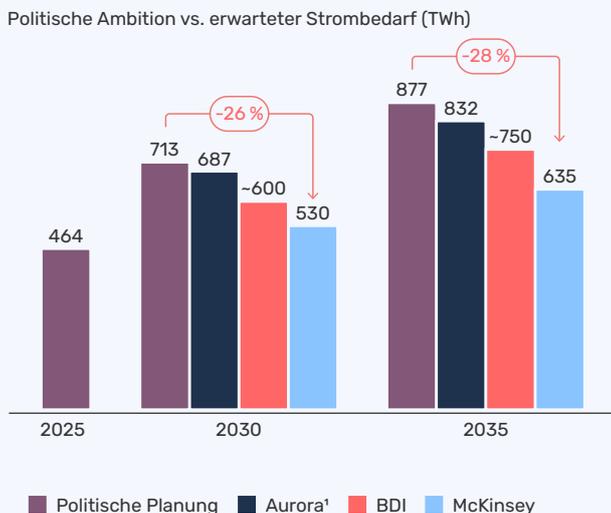
Grundsatz in diesem White Paper ist, dass alle Lösungen – Erneuerbare Energien (EE), Dezentrale Lösungen (DL) und konventionelle Erzeugung – ihre Daseinsberechtigung in einem gesamtkosteneffizienten System haben. Außen vor gelassen wird im Zuge des Papers ein Diskurs über Merit Order bzw. eine direkte Gegenüberstellung der Erneuerbaren, Dezentralen Lösungen und Konventionellen.

1.2. Elektrifizierung verlangt ein Neu-Denken des Energiemixes

Die derzeitige politische Planung geht von einem Anstieg des erwarteten Strombedarfs von ca. 50% bis 2030 und ca. 90% bis 2035 aus. Ausgangspunkt hierfür ist der Bedarf von 464 TWh Strom in 2024, welcher auf 713 TWh in 2030 bzw. 877 TWh in 2035 ansteigen soll. Kürzlich veröffentlichte Studien zeigen, dass die Elektrifizierung in Deutschland – wenn auch verlangsamt – weiter voranschreitet: Aktuelle Einschätzungen aus verschiedensten Studien (u.a. Aurora, BDI) zeigen eine Steigerung von 20–50% bis 2030 sowie von 40%–80% bis 2035.

Als Hintergründe bzw. treibende Faktoren dieser doch größeren Spanne innerhalb der Abschätzungen liegen – unter anderem – eine Verlangsamung der Elektrifizierung von Verkehr (EVs), Wärme (Wärmepumpen) und Industrie (u.a.: elektrifizierte Prozesse). Als Gegenpol hierzu stehen allerdings sicherlich Bereiche mit erhöhter Stromnachfrage wie z.B.: Rechenzentren und KI-gestützte Lösungen. Demgegenüber steht der (prognostizierte) Energiemix in Deutschland: Erneuerbaren Energien werden ca. 85–90% der Energieerzeugung im künftigen Energiemix zugesprochen – der Rest des Bedarfs soll durch fossile Energieträger abgedeckt werden.

Elektrifizierung der Bedarfe



Energiemix in Deutschland 2035

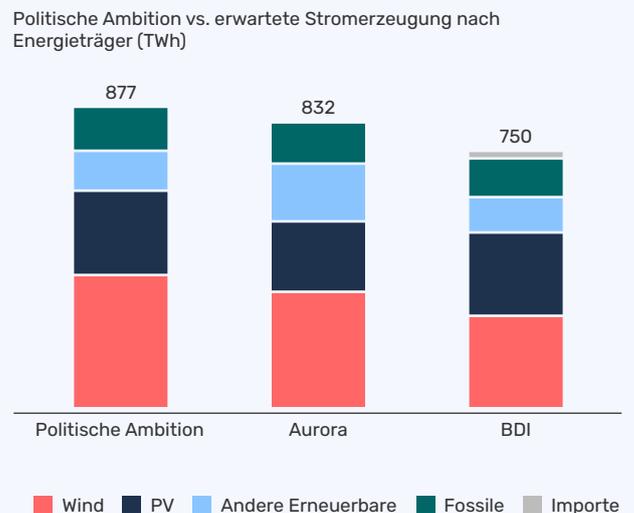


Abbildung 2: Prognose zukünftiger Strombedarfe und des Deutschen Strommixes

Auch wenn der prognostizierte Anstieg der Stromnachfrage geringer sein sollte als bisher gedacht, bedarf es dennoch einer kritischen Hinterfragung des künftigen Energiemixes. Denn die Abdeckung des gesteigerten Bedarfs allein durch Erneuerbare Energien und/oder fossile Brennstoffe ist aus Kosteneffizienz- sowie Systemgründen nicht anzustreben. Vielmehr benötigt es eine Kombination aus Erneuerbar und Konventionell sowie Dezentral und Zentral, um auf die verschiedenen Ziele der Energiewende einzuzahlen:

Klimaneutralität: Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65% zu reduzieren und 2045 die Klimaneutralität zu erreichen. Diese Ziele sind gesetzlich verankert und durch die neue Bundesregierung bestätigt. Dabei spielt die Dekarbonisierung des Stromsystems eine wichtige Rolle. Erneuerbare und Dezentrale sind hierbei kostengünstiger als die Dekarbonisierung konventioneller Energieerzeuger durch Wasserstoff oder CCS.

Resilienz: Resilienz bezeichnet die Widerstandsfähigkeit einer Volkswirtschaft – ihre Anpassungsfähigkeit an kurzfristige Veränderungen externer Rahmenbedingungen. Im Kontext des Energiesystems stellt dabei die Reduzierung etwaiger Abhängigkeit von einzelnen oder wenigen externen Zulieferern, z. B. durch Anpassung und Diversifizierung des Energiemixes, einen wichtigen Faktor dar.

Versorgungssicherheit: Ziel und Maßstab der Energiewende ist, die Energiebedarfe Deutschlands jederzeit möglichst CO₂-arm und kosteneffizient decken zu können. Hierin besteht der Versorgungsauftrag und die Verantwortung der Regierung und der Energieversorger. In einem dekarbonisierten, von erneuerbarer, aber fluktuierender Energieversorgung getriebenen System sind dabei auch zentrale, konventionelle Kapazitäten notwendig, um z. B. anhaltende Dunkelflauten überbrücken zu können.

Vor allem aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit, ist sicherlich der Grad der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und das einhergehende, geopolitische Risiko zu berücksichtigen. Die Stärkung von Dezentralen Lösungen als eine (weitere) Alternative zur Abdeckung von Verbrauchsspitzen bzw. zur Bereitstellung von benötigter Flexibilität kann hier nur

wünschenswert sein und die besagte Abhängigkeit reduzieren.

2. Zukunftsperspektive: Energiemix als Zusammenspiel zentraler und Dezentraler Lösungen

Der künftige Energiemix muss aus einem effektiven und effizienten Zusammenspiel aus zentralen und Dezentralen Lösungen bestehen. Jede Lösung – Erneuerbar, Dezentral oder Konventionell – hat hierbei ihre jeweilige Daseinsberechtigung und erbringt wichtige Leistungen im Gesamtsystem.

2.1. Erneuerbar, Dezentral und Konventionell mittels Gas: Jede Lösung hat ihre Daseinsberechtigung im Gesamtsystem

In einem gesamtkosteneffizienten System hat jede Lösung – Erneuerbare Energien (EE), Dezentrale Lösungen (DL) und Konventionelle Erzeugung mittels Gaskraftwerke – entsprechende Aufgaben für die Bereitstellung der nachgefragten Strommenge zu erbringen. Großspeicherlösungen – als zweiter Teil der Klammer – bieten Möglichkeiten der lokalen, großskaligen Speicherung von Elektrizität. Ihre Effekte – und Beiträge – werden in weiterer Folge nicht behandelt.

Erneuerbare Energien (EE): EE dienen zur primären Bereitstellung der nachgefragten Energie im deutschen Energiesystem. Im Kontext dieses White Papers bezeichnen sie großflächiges PV, Windparks, Wasserkraft und sonstige CO₂-freie Energieerzeugung. EE sind der Hoffnungsträger und Treiber des deutschen Transformationspfads hin zu einem klimaneutralen Deutschland. Ihr Kernmehrwert stammt dabei aus den – vergleichbar – niedrigen Erzeugungskosten (PV/Wind ohne Brennstoffkosten) sowie der Schaffung der langfristigen Unabhängigkeiten von Energie- bzw. Brennstoffimporten.

Dezentrale Lösungen (DL): DL sind vorrangig für die Absicherung bzw. Abflachung der Verbrauchsspitzen relevant. Die Erzeugung und Nutzung der Energie erfolgen auf lokaler bzw. maximal regionaler Ebene. Bestenfalls können so kurzfristige lokale Bedarfe auch lokal abgedeckt werden durch die „smarte Steuerung“

der vorhandenen Verbräuche und Einspeisung. Die Energiesouveränität kann so auf regionaler Ebene gestärkt und die Versorgungssicherheit unterstützt werden. Durch vergleichsweise geringe Investitionsbedarfe und Planungszeiträume sowie ihre Modularität kann der Ausbau der DL – politisch incentiviert – schnell und flexibel skaliert werden. Ein solcher schrittweiser Ausbau hat dabei, im Vergleich zum Frontloading zentraler Kapazitäten, den Vorteil, dass sich die Skalierung der flexiblen Kapazitäten an der tatsächliche bzw. kurzfristig vorhersehbaren Bedarfsentwicklung orientieren kann. Durch eine zeitliche Verschiebung in die Zukunft können Dezentrale Lösungen bestenfalls fallende Investitionskosten ausnutzen, wenngleich ihr Anschluss eines Ausbaus der Verteilnetze bedarf.

Konventionelle Energieerzeugung (Gaskraftwerke): In diesem Kontext ist konventionelle Energieerzeugung gleichzusetzen mit Gas-basierter Energieerzeugung. Hierin subsumiert sind konventionelle GuD Anlagen aus auch „H2-ready“ Anlagen. Als regelbare, das heißt gezielt und kurzfristig hochfahrbare, Kapazität dient gasbasierte Erzeugung als flexibles Back-up. Sie sichert kurzfristige(re) Bedarfe im Kontext fluktuierender Erzeugung durch Erneuerbare ab. Auch im Kontext der Industriekompatibilität spielt Gas- basierte Energieerzeugung weiterhin eine Rolle: Sei es zur gezielten Nutzung von Abwärme/Abgasen als Brennstoff bzw. zur Sicherstellung der benötigten, kontinuierlichen Energieflüsse vor Ort. In der Abwesenheit ausreichender Speicherkapazitäten für Erneuerbare Energien, stellt die Konventionelle Energieerzeugung – auch in Kombination mit CCS – eine Übergangstechnologie dar. Der Wertigkeit als Übergangstechnologie entgegensetzen ist die CO₂-Intensität der Stromerzeugung sowie die herrschende Volatilität der Brennstoffpreise. Dabei tragen steigende CO₂-Preise perspektivisch zu steigenden Preisen Konventioneller Energieerzeugung bei.

Alle drei Technologiegruppen sind notwendig und spielen im zukünftigen Stromsystem eine wichtige Rolle. Um die drei Ziele der Energiewende – Klimaneutralität, Resilienz und Versorgungssicherheit – nachhaltig und kosteneffizient zu erreichen, müssen Ausbau und Skalierung der Technologien jedoch koordiniert werden – mit klarer Reihenfolge bzw. Gewichtung. An erster Stelle steht dabei der gezielte und netzdienliche Ausbau der EE, der die primäre Versorgung mit günstigem und CO₂-freiem Strom ermöglicht. Diese erneuerbaren

Kapazitäten werden parallel durch die Stärkung der Dezentralen Lösung unterstützt, welche als Back-up kurzfristige Bedarfsspitzen decken bzw. reduzieren. Nur danach verbleibende (Spitzen-)Bedarfe, die insbesondere bei temporärer, aber länger andauernder niedriger Erzeugung durch Erneuerbare anfallen, werden durch Konventionelle gedeckt, die abgestimmt auf die EE- und DL-Kapazitäten schrittweise bedarfsgerecht zugebaut werden sollten.

Im Rahmen dieses White Papers werden Großspeicherlösungen – wie z. B. großskalige Batteriespeicher oder Wärmespeicher – nicht näher betrachtet. Diese Technologien übernehmen in vielen Konzepten zur Energiezukunft eine zentrale Rolle, insbesondere mit Blick auf die zeitliche Entkopplung von Stromerzeugung und -verbrauch. Großbatteriespeicher bieten das Potenzial zur kurzzeitigen Glättung von größeren Netzfluktuationen, während Wärmespeicher – etwa in Kombination mit Power-to-Heat-Konzepten – zur saisonalen Energiespeicherung beitragen können. Beide Lösungsansätze erfordern jedoch eigenständige technologische, regulatorische und wirtschaftliche Analysen, die über den Fokus dieser Betrachtung hinausgehen. Etwaige, weitere positive – oder negative – Effekte dieser Großspeicherlösungen auf den Mehrwert Dezentraler Lösungen werden somit nicht betrachtet.

2.2. Dezentrale Lösungen bilden ein neues Ökosystem

Der Begriff der Dezentralen Lösungen beschreibt ein neues Energie-Ökosystem bestehend aus einer Vielzahl von verschiedenen Technologien, Ansätzen und Systemen. Im Mittelpunkt der Lösungen steht die (räumliche) Nähe von Stromerzeugung und -verbrauch sowie die Endkundennähe. Die Dezentralen Lösungen stehen dabei in Wechselwirkung sowohl miteinander im lokalen, integrierten System als auch mit dem weiteren Energiesystem, in das sie eingebettet sind und in dem sie fungieren. Dezentrale Systeme sind in ihrem Wesen digital, vernetzt und intelligent. Diese drei Kernmerkmale erlauben es ihnen, systemdienlich und stabilisierend im Stromsystem zu wirken. Technologische Basis für ein modernes, flexibles Stromsystem sind Smart Meter. Sie ermöglichen die präzise Erfassung von Verbrauchs- und Erzeugungsdaten in Echtzeit, die in einem auf Dezentralen Lösungen basierendem System elementar sind.

Technologie	
<p>Energieerzeugung & Speicherung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Small-scale Photovoltaik PV • Kleinwindkraftanlagen • Batteriespeicherlösungen/Heimspeicherlösungen 	<p>Heating & Cooling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wärmepumpen • Klimaanlage • Smarte Thermostate
<p>Intelligente Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Smart Grids • Demand Side Management • Virtuelle Kraftwerke • Energiemanagementsystem (EMS) 	<p>Mobilität</p> <ul style="list-style-type: none"> • EVs als Batteriespeicher • Wallbox • Bidirektionales Laden • Smartes, unidirektionales Laden

Abbildung 3: Überblick über zentrale Technologien im Ökosystem der Dezentralen Lösungen

Die Wirkweise und Vernetzung eines Dezentralen Systems lässt sich illustrieren anhand eines lokal per Energiemanagementsystem (EMS) gesteuerten und mit einem virtuellen Kraftwerk verbundenem System aus PV, Heimspeicher, Wärmepumpe und EV/Wallbox. Um die Mittagszeit, wenn die PV-Erzeugung im Energiesystem hoch ist, jedoch nur ein geringer oder kein Verbrauch zu Hause stattfindet, fließt der überschüssige Strom aus der PV-Anlage in den Batteriespeicher für die spätere Nutzung und/oder in die Wärmepumpe, welche Wasser für die spätere Nutzung erwärmt und somit ebenfalls als thermischer Energiespeicher fungiert.

Dadurch kann am Abend der über den Tag hinweg erzeugte Strom genutzt werden. In ähnlicher Weise kann das Laden des EVs zeitlich so gesteuert werden, dass es in Zeiten hoher Stromerzeugung und geringen Verbrauchs fällt. Bei bidirektionaler Funktionalität kann der Strom auch wieder ins Netz bzw. den Haushalt zurückgegeben werden. Insgesamt werden so Bedarfsspitzen bedient und fluktuierende Einspeisemengen geglättet. Wenn mehrere solcher Systeme in einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen sind, ergibt sich eine signifikante steuerbare Einspeise- und Verbrauchskapazität, welche gezielt und harmonisiert gesteuert werden kann, um stabilisierend und ausgleichend in lokalen Netzen zu wirken. Diese Wirkweise der Dezentralen Lösungen kann durch entsprechende Preissignale aus dem Markt oder Netz ergänzt bzw. verstärkt werden.

3. Dezentrale Lösungen kreieren Mehrwert und Wertschöpfung für das deutsche Energiesystem bis 2045

Die Kernergebnisse zusammengefasst und in Relation gestellt:

- Gesamthaft können 185–255 Mrd. EUR an Mehrwert generiert werden – aufs Jahr runtergebrochen bedeutet das eine Wertschöpfung von bis zu 13 Mrd. EUR pro Jahr bis 2045.
- Das jährliche Wertschöpfungspotenzial durch Dezentrale Lösungen entspricht somit ca. 50 % der Jahresbudgets des Klima- und Transformationsfonds (ca. 25 Mrd. in 2025).
- Das Einsparpotenzial intelligent integrierter Dezentrale Lösungen bei den Netzinvestitionen beläuft sich bis 2045 auf bis zu ca. 1,4 Mrd. EUR pro Jahr und damit 40–50 % der auf Niederspannungsebene geplanten Ausbauinvestitionen der Netzbetreiber.
- Das gesamte CAPEX-Einsparpotenzial durch Dezentrale Lösungen von ca. 1–2 Mrd. EUR pro Jahr – Das entspricht ungefähr 50–70 % des bis 2029 jährlichen für Energieinfrastruktur vorgesehenen Sondervermögens der Bundesregierung.
- Dezentrale Lösungen können die Flexibilitätskosten – verstanden als Re-dispatchkosten – um ca. 40 % senken: 80–100 EUR / MWh für dezentrale Lösungen vs. 130–150 EUR / MWh durch konventionelle & Reservekraftwerke. Die fortschreitenden Kostendegression für Erneuerbare sowie dezentrale Lösungen als auch Gaspreisschwankungen können diesen Kostenvorteil noch steigern in den kommenden Jahren.
- Dezentrale Lösungen schaffen ca. 100.000 Arbeitsplätze bis 2045 – das sind ca. 5.000 Arbeitsplätze pro Jahr. Dies entspricht einer kumulierten Steigerung von über 30 % gemessen an derzeit ca. 280.000 Arbeitsplätzen lt. Umweltbundesamt im Jahr 2023 bei den Erneuerbaren Energien.
- Im Optimum können private Haushalte und KMUs (Klein und Mittelbetriebe) ihre Energiekosten im Mittel um rund 50 % senken.
 - **Für Privathaushalte:** basierend auf dem Vergleich von einem gewichteten, durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 4000 kWh/Jahr und durchschnittlichen Kosten von ca. 40 ct/kWh gegenüber einem Einsparpotential von ca. 900–1.200 EUR Jahr
 - **Für KMUs:** basierend auf dem Vergleich von einem gewichteten, durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 15.000 kWh/Jahr und durchschnittlichen Kosten von ca. 18 ct/kWh gegenüber einem Einsparpotential von ca. 1.500–2.500 EUR Jahr
- Private Haushalte investieren rund 8.500 EUR in eine Dezentrale Lösung (typischerweise bestehend aus Photovoltaikanlage, Batteriespeicher und ggf. ergänzender Infrastruktur wie einer steuerbaren Wärmepumpe oder Wallbox). Das entspricht – je nach Einkommensklasse – um die 15 % des Bruttojahreseinkommens eines Privathaushalts.

3.1. Dezentrale Lösungen können bis zu 255 Mrd. EUR an Wertschöpfung generieren

Dezentrale Lösungen können in Deutschland ca. 185–255 Mrd. EUR Mehrwert bzw. Wertschöpfung über den Zeitraum von 2025–2045 generieren. Dieser Mehrwert ergibt sich aus der Bewertung der zusätzlichen Wertschöpfung sowie der möglichen Einsparpotenziale durch die Nutzung von Dezentralen Lösungen.

Mehrwert der Dezentralen Lösung in Mrd. EUR (2025–2045)

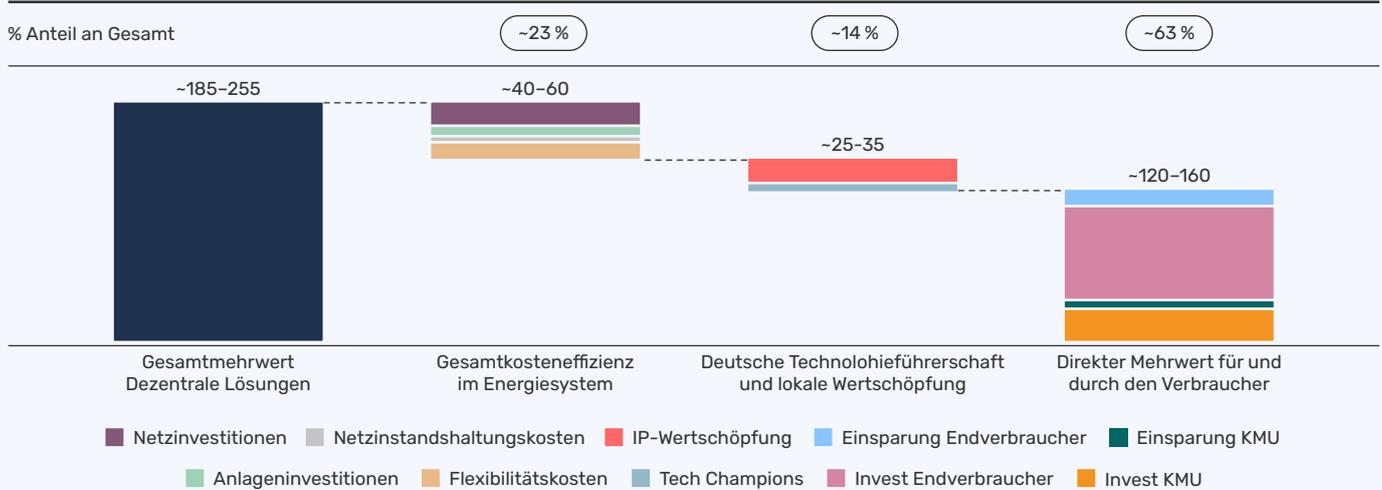


Abbildung 4: Ergebnisse der Quantifizierung des Mehrwerts der Dezentralen Lösungen

Drei übergreifende Hebel – und deren untergeordnete Treiber – generieren den identifizierten Mehrwert:

Gesamtkosteneffizienz im Energiesystem: Dezentrale Lösungen als Teil des Energiesystems ermöglichen eine nachhaltige Senkung der Investitionen (CAPEX) sowie der laufenden Kosten (OPEX).

Deutsche Technologieführerschaft und lokale Wertschöpfung: Dezentrale Lösungen ermöglichen deutsche Technologieführerschaft durch Skalierung im „New Energy“ Sektor und steigern die lokale Wertschöpfung als Treiber der Entwicklung exportfähiger Services sowie der Etablierung lokaler Know-How Hubs als „Tech Champion Cluster“.

Direkter Mehrwert für und durch den Verbraucher: Dezentrale Lösungen steigern die Wertschöpfung aus Verbrauchersicht für KMU und Endkonsumenten durch eine direkte Kostenersparnis und fördern die aktive Teilnahme am Energiemarkt inkl. Investitionen mit privat(wirtschaftlichem) Kapital.

Hinweis zur Quantifizierung: Die Berechnungen fokussieren sich auf den Mehrwert der verbrauchsnahe Dezentralen Lösungen. Quereffekte auf andere Energieerzeuger werden nicht betrachtet. Es handelt sich um (teil-)quantifizierte Einzeleffekte und es wird kein Anspruch auf ein vollintegriertes Modell (inkl. Baseline/Szenarien) erhoben. Fokus der Kalkulationen ist eine Mehrwerts- bzw. Wertschöpfungsbetrachtung. Die Addition der Gesamteffekte erfolgt unter Vernachlässigung des Vorzeichens und folgt einer jährlichen Betrachtungsweise.

3.2. CAPEX und OPEX-Reduktionen erhöhen die Gesamtkosteneffizienz

Gesamtkosteneffizienz im Energiesystem
(2025–2045; % | Mrd. EUR)

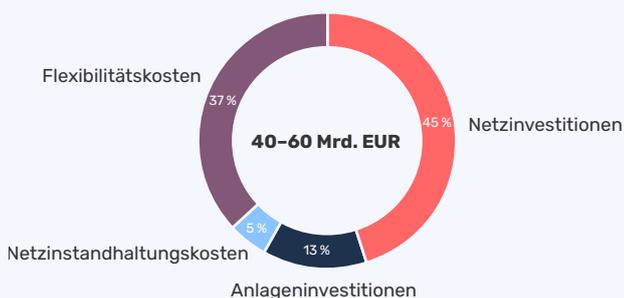


Abbildung 5: Ergebnisse Quantifizierung Gesamtkosteneffizienz im Energiesystem

Dezentrale Lösungen stärken die Gesamtkosteneffizienz des Energiesystems durch geringere Investitionskosten (CAPEX) sowie durch niedrigere laufende Kosten (OPEX). Hierbei können gesamtheitlich bis zu 40–60 Mrd. EUR an zusätzlicher Wertschöpfung bis 2045 generiert werden.

Kerntreiber innerhalb des Hebels Gesamtkosteneffizienz sind auf CAPEX-Seite die Senkung der Netz- bzw. der Anlageninvestitionen sowie auf OPEX-Seite die Netzinstandhaltungskosten sowie Kosten für Flexibilität (u. a. Redispatch). Essentielle Voraussetzung für die Aktivierung der Treiber sind dabei intelligenter Ausbau und Integration Dezentraler Lösungen in das Energiesystem, das heißt unter gezielter Vernetzung zur systemdienlichen Steuerung, sowie ein befähigender regulatorischer Rahmen und ein entsprechendes Marktdesign.

3.2.1. Intelligente Nutzung der Dezentralen Lösungen senkt benötigte Investitionskosten (CAPEX) im Gesamtsystem

Wesentliche Hebel innerhalb der benötigten CAPEX zur Transformation des Energiesystems in Deutschland sind die Anlageninvestitionen sowie die Netzinvestitionen. Dabei ist die Reduzierung der Investitionsbedarfe natürlich aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, aber darüber hinaus ebenso aus Verbrauchersicht wünschenswert, da diese sowohl den durchschnittlichen Börsenstrompreis durch das Merit Order System als auch die Netzentgelte erhöhen, welche die Ausbaukosten auf die verschiedenen Verbrauchergruppen umlegen.

Anlageninvestitionen

Der intelligente Ausbau und die Integration Dezentraler Lösungen in das Energiesystem ermöglicht flexible Lastverschiebung, wodurch Verbrauchsspitzen im Netz geglättet werden. Diese sogenannte Lastkappung reduziert die benötigten zentralen (konventionellen) Kapazitäten zur Deckung hoher Bedarfe in Zeiten geringer Erzeugung aus Erneuerbaren. In einem Net Zero Transformationspfad kann die intelligente Nutzung der Dezentralen bis zu 7 GW notwendiger neuer Gaskraftwerkskapazitäten vermeiden². Die so vermiedenen Investitionen machen 13% bzw. 5–8 Mrd. EUR des Gesamtkosteneffizienzpotenzials der Dezentralen Lösungen aus. Mit Blick auf Ziele der Energiewende kann zudem der Lock-in fossiler Energieträger und „alter“ Netzstrukturen bei einer

So wird Kapital frei, das in alternative, nachhaltige Dezentrale Lösungen fließen kann ohne Mehrkosten für die öffentliche Hand.

² Agora & FfE (2023)

Überdimensionierung zentraler Back-up Kapazitäten verhindert werden. Die langfristige Bindung von Kapital in Großkraftwerken mit langer Nutzungsdauer und staatliche Subventionen für deren Neubau entfallen. So wird Kapital frei, das in alternative, nachhaltige Dezentrale Lösungen fließen kann ohne Mehrkosten für die öffentliche Hand.

Netzinvestitionen

Des Weiteren können die notwendigen Investitionen in den Netzausbau auf Übertragungs- sowie Verteilnetzebene direkt und indirekt durch den intelligenten Ausbau der Dezentralen Lösungen gesenkt werden. Der Effekt der Dezentralen Lösungen auf den Übertragungsnetzausbau ist dabei indirekt, bewirkt durch die Reduktion notwendiger neuer Gaskraftwerkskapazitäten. Dadurch können die Kosten für den Anschluss an das Übertragungsnetz, bestehend aus Anschlussleitung und Netzanschlusskomponenten wie Schaltfelder, bzw. für die Ertüchtigung existierender Anschlüsse vermieden werden. Der größere, direkte Effekt der intelligenten Integration und netzdienlichen Nutzung Dezentraler Lösungen auf die Netzinvestitionen entsteht jedoch auf Ebene der Verteilnetze. Hier werden bei gleicher installierter Leistung Last- und Einspeisespitzen verringert, was die benötigte Netzkapazität reduziert. So können die Kosten für den geplanten, durch die Dezentralen Lösungen bedingten Verteilnetzausbau auf Niederspannungsebene um 40-50 % reduziert werden. Die Einsparungen über beide Netzebenen hinweg stellen 45 % bzw. 18-27 EUR des Gesamtkosteneffizienzpotenzials dar.

3.2.2. Intelligente Nutzung der Dezentralen Lösungen senkt laufende Kosten (OPEX) im zukünftigen Energiesystem

Zentrale Hebel mit Blick auf die im zukünftigen Energiesystem anfallenden OPEX sind die Netzinstandhaltung und Flexibilitätskosten.

Netzinstandhaltung

Die intelligente Nutzung Dezentraler Lösungen hat positive Einspareffekte auf die anfallenden

Netzinstandhaltungskosten im Gesamtsystem. Zunächst verringert sich durch den reduzierten Netzausbau die zu betreibende und zu wartende Netzlänge. Gleichzeitig verringert die flexible Lastverschiebung durch intelligente Dezentrale die Belastung von Netzkomponenten, was die spezifischen Betriebs- und Wartungskosten verringert. Denn auch wenn einzelne Dezentrale Anlagen nur eine geringe Leistung und damit begrenzten Effekt haben, kann durch ihre Bündelung innerhalb eines virtuellen Kraftwerks eine signifikante steuerbare Masse entstehen mit positivem Beitrag zur lokalen Netzstabilität. Der Beitrag Dezentraler Lösungen zur Vermeidung von Netz(komponenten)überlastung kommt dabei auch direkt den Endverbrauchern zugute, indem stabilitätsbedingte Abregelung von Geräten (z.B. PV oder Wärmepumpe) vermieden wird. Zusammen ergibt sich bei den Netzinstandhaltungskosten ein Einspareffekt von 2-3 Mrd. EUR über den Zeitraum bis 2045, was 5 % des Gesamtkosteneffizienzpotenzials entspricht.

Flexibilitätskosten

Darüber hinaus verringert die Spitzenlastkappung durch flexiblen Verbrauch und die netzdienliche Einspeisung in Zeiten besonders hohen Stromverbrauchs die benötigte Stromerzeugung durch teure konventionelle und Reservekraftwerke. Eine im Studienvergleich konservative Strommenge von 20 TWh aus Gaskraftwerken kann so günstiger durch Erneuerbare und Dezentrale Lösungen bereitgestellt werden^{3,4}. Insbesondere die Aktivierung von Reservekraftwerken gestaltet sich dabei teuer, da Kosten fürs Vorhalten und kurzfristige Hochfahren der Kapazitäten auf niedrige Produktionsmengen umgelegt werden müssen. Der Redispatch durch konventionelle und Reservekraftwerke kostete in den letzten Jahren insgesamt ca. 130-150 EUR/MWh im Vergleich zu nur 20-70 EUR/MWh durch Erneuerbare Energien.⁵ Bei einer Bereitstellung durch Dezentrale zu einem Preis von ca. 80-100 EUR/MWh ergibt sich bis 2045 ein Einsparpotenzial von etwa 15-22 Mrd. EUR, was ca. 37% des Gesamtkosteneffizienzpotenzials entspricht.⁶ Bei einer erwarteten Kostendegression von Erneuerbaren und Dezentralen und einem gleichzeitigen Anstieg der CO₂-Preise sowie möglicher (geopolitischer)

³ Agora & FfE (2023)

⁴ Zum Vergleich siehe z.B. E.ON & FfE (2025)

⁵ BNetzA (2025a)

⁶ Fraunhofer ISE (2023)

Angebotsengpässe im Gasbezug könnte die Kostendifferenz und somit das Einsparpotenzial jedoch noch deutlich höher ausfallen.

Dezentrale Lösungen haben das Potenzial, den deutschen Innovationsmotor substantiell zu stärken

3.3. Deutsche Technologieführerschaft und gesteigerte lokale Wertschöpfung treiben den Innovationsmotor an

Deutsche Technologieführerschaft und lokale Wertschöpfung
(2025–2045; % | Mrd. EUR)

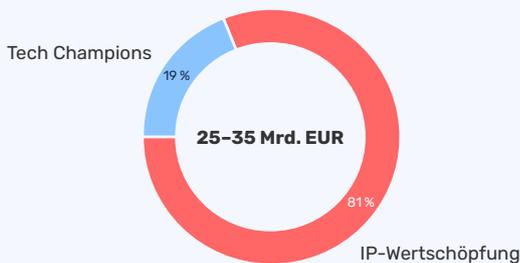


Abbildung 6: Ergebnisse Quantifizierung Deutsche Technologieführerschaft & Lokale Wertschöpfung

Dezentrale Lösungen haben das Potenzial, den deutschen Innovationsmotor substantiell zu stärken – sowohl durch die Generierung von Intellectual Property (Geistiges Eigentum, IP) Wertschöpfung als auch durch beschäftigungswirksames Wachstum. Bis 2045 können so voraussichtlich 25–35 Mrd. EUR an zusätzlichem Mehrwert für die deutsche Volkswirtschaft entstehen.

Im Kontext Technologieführerschaft und lokale Wertschöpfung stehen dabei zwei Hebel im Fokus: Zum einen die Monetarisierung geistigen Eigentums durch

die Weiterentwicklung systemorientierter Lösungen, zum anderen die Schaffung neuer Arbeitsplätze in verschiedenen Startup Clustern innerhalb Deutschlands. Als möglicher Katalysator dieser Wertschöpfung kann neben der Flexibilisierung des Systems auch ein Ausbau der IP-Diplomatie dienen.

3.3.1. IP-Wertschöpfung als Anteil der Gesamtwertschöpfung monetarisieren

Dezentrale Lösungen sind mehr als nur physische Geräte – sie beruhen auf modularen Systemarchitekturen, sind softwaregestützt und verfügen über einen klar ausgeprägten Markenerkennungswert. Ihre Relevanz zeigt sich insbesondere in einem Marktumfeld, das sich zunehmend von singulären Produkttransaktionen hin zu integrierten, servicebasierten Leistungsbeziehungen entwickelt – mit kontinuierlicher Nutzerinteraktion und langfristiger Kundenbindung als maßgeblicher Faktor ökonomischer Differenzierung.

Die dahinterstehenden, innovativen Geschäftsmodelle und Software-Lösungen stellen ein neues geistiges Eigentum bzw. Intellectual Property (IP) dar, welches zunehmend einen Anteil des Marktwerts Dezentraler Lösungen ausmacht. Ähnlich wie in anderen Industrien – etwa Maschinenbau, Automobil oder Medizintechnik – verschiebt sich der Wertschöpfungsschwerpunkt auch im Energiesektor von der Hardware hin zu IP-getriebenen Leistungen.

Die wirtschaftliche Relevanz dieser IP zeigt sich entlang zentraler Systemkomponenten – insbesondere bei Heim-Energiemanagementsystemen, Batteriespeichern, Wärmepumpen, Wallboxen und PV-Anlagen. Intelligente, softwarebasierte Ausprägungen dieser Technologien – etwa cloudfähige Speicherlösungen, steuerbare Wärmepumpen oder netzintegrierte PV-Systeme – erzeugen IP-Bestandteile, die als Quelle inländischer Wertschöpfung wirksam werden. Im bewussten Weiterentwickeln und Managen dieser IP liegt ein Schlüssel zukünftiger Innovationskraft und langfristiger Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen.⁷

So kann durch das Wachstum Dezentraler Lösungen

⁷ E.ON (2025)

bis 2045 eine zusätzliche IP-Wertschöpfung in Höhe von 20–28 Mrd. Euro generiert werden (81% des Hebels) – mit maßgeblicher Bedeutung für die langfristige Marktpositionierung deutscher Unternehmen.

Perspektivisch kann dieses deutsche IP zu Dezentralen Lösungen auch international im Markt platziert werden und somit die Wertschöpfung für Deutschland weiter steigern – etwa durch Produktvertrieb, Lizenzmodelle oder digitale Plattformexporte, insbesondere in Form skalierbarer Software as-a-Service-Lösungen (SaaS). Deutschland bringt hierfür bereits ein starkes strukturelles Fundament mit, insbesondere durch die breite Anbieterbasis von etablierten Unternehmen und Startups mit ihrem technischen Know-how in Energie-, Steuerungs- und Regeltechnik.

3.3.2. Tech Champions sichern zukünftige Arbeitsplätze

Unternehmen und Startups im Bereich der Dezentralen Lösungen sind nicht nur technologische Innovations-treiber, sondern auch ein zunehmend relevanter Pfeiler in der Schaffung von Arbeitsplätzen in Deutschland. Neben der Entwicklung exportfähiger IP schaffen sie Arbeitsplätze für die Erschließung heimischer und neuer Märkte.

Allein im Segment der Dezentralen Lösungen entstehen bis 2045 voraussichtlich rund 100.000 neue qualifizierte Arbeitsplätze

Von den etwa 3.000 Green Tech Startups in Deutschland ordnen sich bereits heute über ein Viertel dem Energiesektor zu, mehr als ein Drittel hält auch eigene Patente.⁸ Allein im Segment der Dezentralen Lösungen entstehen bis 2045 voraussichtlich rund 100.000 neue qualifizierte Arbeitsplätze in fünf Startup-Clustern, die sich auf Dezentrale, softwaregestützte oder systemintegrierte Lösungen konzentrieren und so

deutsche Wertschöpfung i.H.v. 5–7 Mrd. EUR erzeugen: (1) Energy Tech Startups entwickeln und verkaufen mithilfe innovativer Geschäftsmodelle Technologien zur nachhaltigen Energieerzeugung- Speicherung und Verwertung; (2) Sustainable Mobility Startups bieten Lösungen zur Dekarbonisierung und systemdienlichen Nutzung der Mobilität, insbesondere über Wallboxen oder V2X-Lösungen; (3) Home Energy Management System Startups ermöglichen Haushalten die Teilnahme am Strommarkt und optimieren mithilfe von Software- Lösungen das Zusammenspiel häuslicher Energieerzeuger und -verbraucher; (4) Smart Grid Startups sind aktive Treiber der Flexibilitätsbereitstellung von Dezentraler Energie in Haushalten und ermöglichen durch smarte Technik systemdienliche Einbindung in das Stromnetz; (5) Sustainability Fintech Startups unterstützen Haushalte und KMUs bei der Schnittstelle Accounting und Sustainability und stellen z.B. CO₂-Bilanzierung oder Emissionsdaten-Plattformen zur Verfügung.

Das Verhältnis der verschiedenen Lösungen der Startup-Cluster zueinander ist von starker Reziprozität geprägt, da die Verwendung einer Lösung (z.B. PV-Anlage + Speicher) die Nutzung der anderen Lösungen (z.B. Wallbox für E-Auto oder HEM) anreizt und so zu breiterem Wachstum beitragen können. Durch die angestrebte Entwicklung können aus diesen innovativen Startups technologiegetriebene Mittelständler und künftig auch Leitunternehmen hervorgehen, die als Tech-Champions aktiv an der industriepolitischen Neupositionierung Deutschlands in neuen Kernmärkten mitwirken und Arbeitsplätze schaffen.

⁸ Startup-Verband (2025a, 2025b)

3.4. Endkunden entwickeln sich vom „Prosumer“ zum „Flexumer“

Direkter Mehrwert für und durch den Verbraucher
(2025–2045; % | Mrd. EUR)

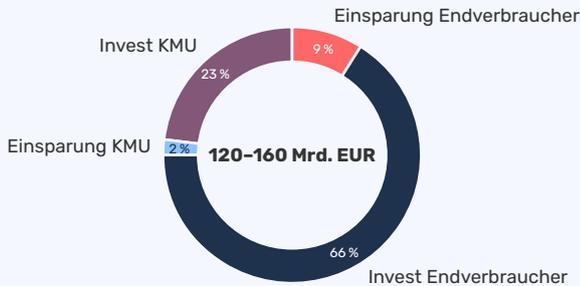


Abbildung 7: Ergebnisse Quantifizierung Direkter Mehrwert für und durch den Verbraucher

Dezentrale Lösungen ergeben einen direkten Mehrwert für und durch den Verbraucher durch direkte Einsparungen gegenüber dem Netzbezug von zentralen EVUs (Energieversorgungsunternehmen) sowie durch Aktivierung von privatem Investitionskapital von Haushalten und KMU. Hierbei können gesamtheitlich bis zu 120–160 Mrd. EUR an zusätzlicher Wertschöpfung bis 2045 generiert werden.

Kerntreiber innerhalb des Hebels sind auf Einsparungsseite die Reduktion laufender Energiekosten durch Eigenverbrauch und Einspeiserträge (ca. 11% des Hebels) sowie auf Kapitalseite die investiven Beiträge privater Haushalte und KMU in Dezentrale Lösungen (ca. 89%). Voraussetzung ist ein verlässlicher Rahmen, der Investitionen ermöglicht und Verbraucher zu *Flexumern* macht – d.h. zu aktiven Akteuren, die flexibel auf Strommarkt- und Netzsignale reagieren und so von Einsparpotenzialen profitieren können.

Private Haushalte profitieren im Durchschnitt mit ca. 900–1.200 EUR Einsparung pro Jahr durch die Nutzung Dezentraler Systeme wie Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher

3.4.1. Ersparnis als direkter Mehrwert für den Endverbraucher

Dezentrale Lösungen bieten privaten Haushalten und KMU einen unmittelbaren finanziellen Vorteil durch dauerhaft niedrigere Energiekosten. Die durch effizienten Eigenverbrauch und Einspeiserträge realisierbaren Einsparungen summieren sich bis 2045 auf insgesamt rund 14–18 Mrd. EUR. Dieses Potenzial stellt jedoch nicht nur eine aggregierte volkswirtschaftliche Messgröße dar, sondern vor allem einen konkreten ökonomischen Mehrwert für den Endverbraucher.

Private Haushalte profitieren im Durchschnitt mit ca. 900–1.200 EUR Einsparung pro Jahr durch die Nutzung Dezentraler Systeme wie Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher (mit entsprechend hoher Eigennutzung). Bis 2045 können hier so 11–15 Mrd. EUR zusätzlicher Wertschöpfung generiert werden (9% des Hebels). Kleine und mittlere Unternehmen erzielen im Durchschnitt rund 1.500–2.500 EUR Einsparung pro Jahr⁹, was insbesondere in energieintensiven Branchen einen relevanten Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit leistet und bis 2045 zu einem gesamtwirtschaftlichen Effekt von ca. 3 Mrd. EUR (2% des Hebels) führt. Die Eigenversorgung mit Strom senkt dabei nicht nur die laufenden Betriebskosten, sondern reduziert auch die Abhängigkeit von volatilen Marktpreisen und trägt zur wirtschaftlichen Resilienz von Handwerk und Mittelstand bei.

Zusätzlich zu dem identifizierten Potential können die Nutzung von Wärmepumpen weitere positive Effekte generieren. Darüber hinaus eröffnet sich

⁹ BDEW (2024)

durch Dezentrale Lösungen mittelfristig das Potenzial für neue Formen marktlicher Erlöse: Die Installation Dezentraler Erzeugungs- und Speicherkapazität schafft die technische Voraussetzung für eine aktive Partizipation am Energiemarkt.¹⁰ So wird es durch die Kombination intelligenter Steuerungstechnik und digitaler Energiemanagementsysteme möglich, flexibel auf Markt- und Netzsignale zu reagieren – etwa durch gezielte Einspeisung in Hochpreiszeiten, automatisierte und intelligente Verbrauchsverschiebung oder Einbindung in ein virtuelles Kraftwerk. Haushalte und KMU entwickeln sich damit vom klassischen *Prosumer*, der Strom erzeugt, selbst verbraucht und punktuell einspeist, zum *Flexumer*, der zusätzlich steuerbar wird und sein Erzeugungs- und Verbrauchsverhalten aktiv systemdienlich und marktorientiert ausrichtet. *Flexumer* integrieren sich durch digitale Technik in Echtzeit in das Energiesystem, reagieren auf Preissignale und leisten so einen stabilisierenden und wirtschaftlich wirksamen Beitrag zur Gesamtversorgung. In diesem Kontext können Preissignale sowohl marktliche als auch netzseitige Signale sein, die durch geeignete Infrastruktur beim Kunden ankommen müssen. Das stärkt wirtschaftliche Selbstverantwortung und leistet zugleich einen Beitrag zu einer dezentral organisierten, marktorientierten Energiepolitik.

3.4.2. Mobilisierung von (privatem) Investitionskapital

Dezentrale Lösungen führen nicht nur zu Einsparungen, sondern aktivieren erhebliches privates Investitionskapital. Bis 2045 lassen sich rund 106–142 Mrd. EUR an investivem Volumen durch Haushalte und KMU mobilisieren.

Auf Private Haushalte (Einzel- und Mehrpersonenhaushalte) entfallen dabei ca. 79–105 Mrd. EUR (rd. 66 % des Hebels) durch durchschnittliche Investitionen von rund 8.500 EUR (als gewichteten Durchschnitt über alle Einkommensklassen) in eine Dezentrale Lösung – typischerweise bestehend aus Photovoltaikanlage, Batteriespeicher und ggf. ergänzender Infrastruktur wie einer steuerbaren Wärmepumpe oder Wallbox.¹¹

Zusätzliche Investitionen könnten hier intelligente Stromzähler sowie ein Energiemanagementsystem sein. Diese Investitionen erfolgen zunehmend aus eigener wirtschaftlicher Substanz – entweder durch direkte Eigenmittel oder durch Reinvestition zuvor eingesparter Energiekosten. Das realisierbare Investitionsvolumen variiert dabei in hohem Maße mit dem verfügbaren Haushaltseinkommen.

Besonders im mittleren Einkommenssegment (rd. 40–100 Tsd. EUR Jahreshaushaltseinkommen) entfaltet sich eine dynamische Investitionsbereitschaft.¹² Diese Haushalte könnten besonders von gezielten Finanzierungsangeboten und Förderinstrumenten profitieren, die eine breite gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende ermöglichen – und durch deren passgenaue Ausgestaltung zusätzlich aktiviert werden.

Mit zunehmendem Haushaltseinkommen steigt die Investitionsbereitschaft in Dezentrale Energiesysteme, wodurch wie zuvor beschrieben wiederum höhere Einsparpotenziale und marktliche Erlösmöglichkeiten erschlossen werden können – durch eine systemdienliche Teilnahme an flexibilisierten Energiemärkten.¹³

Auch KMU leisten mit durchschnittlichen Investitionen von rund 26 Tsd. EUR pro Unternehmen einen substantiellen Beitrag zur Modernisierung des Energiesystems.¹⁴ Die damit einhergehende privatwirtschaftlich getragene Investitionstätigkeit von ca. 27–37 Mrd. EUR bis 2045 (23 % des Hebels) entlastet staatliche Investitionsbudgets und schafft zugleich die Möglichkeit, öffentliche Mittel gezielter zu reallokieren – etwa zugunsten strategischer Infrastrukturprojekte, wirtschaftsnaher Zukunftsinvestitionen. So entsteht eine neue Form systemischer Beteiligung, bei der individuelle wirtschaftliche Interessen mit ordnungspolitisch relevanten Zielen in Einklang gebracht werden – im Sinne einer marktwirtschaftlich integrierten, Dezentralen Energiearchitektur.

¹⁰ Agora (2024)

¹¹ Destatis (2024)

¹² Destatis (2024)

¹³ HTW Berlin (2023)

¹⁴ IfM Bonn (2024)

Die gemeinsam von privaten Haushalten und kleinen wie mittleren Unternehmen getragenen Investitionen verbleiben im lokalen Wirtschaftskreislauf und unterstützen gezielt die angestrebte wirtschaftliche Belebung.

Die gemeinsam von privaten Haushalten und kleinen wie mittleren Unternehmen getragenen Investitionen verbleiben im lokalen Wirtschaftskreislauf und unterstützen gezielt die angestrebte wirtschaftliche Belebung. Sie leisten einen konkreten Beitrag zur strategischen Standortpolitik, indem sie regionale Wertschöpfungsketten aktivieren, wirtschaftliche Resilienz stärken und gezielte Wachstumsimpulse setzen.

4. Fazit und Handlungsempfehlungen

Dezentrale Lösungen bringen essenziellen Mehrwert auf allen Ebenen im deutschen Energiesystem:

Durch einen proaktiven Einsatz der Dezentralen Lösungen können Infrastrukturkosten nachhaltig gesenkt werden. Dezentrale Lösungen sind nachweislich in der Lage, die lokale Versorgungssicherheit zu stärken und flexible, kurzfristige Bedarfe aufzufangen – ohne den bedarfsgerechten Einsatz von Gaskraftwerken komplett außer Rede zu stellen. Denn eines ist auch klar aus heutiger Perspektive: Es braucht für die Transformation des deutschen Energiesystems sowohl den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien, die proaktive Nutzung Dezentraler Lösungen als auch den bedarfsgerechten Einsatz von Gaskraftwerken.

Dezentrale Lösungen bringen regionale und lokale Wertschöpfung auf direktem Weg, das heißt in der Erbringung der jeweiligen Leistung, als auch auf indirektem Weg über die Absicherung und Schaffung neuer Beschäftigungsmöglichkeiten. Die größte Wertschöpfung verbleibt allerdings – konsistent mit ihrem verbrauchsnahe Wesen – beim jeweiligen Verbraucher. In einer Welt geprägt von kurzfristigen

Preissprüngen und maximaler Unsicherheit auf Verbraucherseite, welche Rufe nach staatlichen Kostendeckeln hervorrufen, schaffen Dezentrale Lösungen Sicherheit, Planbarkeit und individuell spürbare, finanzielle Erleichterungen und bieten eine klare und ergebnisorientierte Möglichkeit für private Investitionen.

Folglich repräsentiert die Nutzung von Dezentralen Lösungen als Teil eines gesamtkosteneffizienten Energiesystems einen robusten Schritt für die Abdeckung der künftigen Flexibilitätsbedarfe in Deutschland. Hierfür braucht es die richtigen Rahmenbedingungen und konkrete Schritte, um Ausbau von und Zugang zu Dezentralen Lösungen zu beschleunigen:

Förderungen und steuerliche Anreize stärker auf Dezentrale Lösungen zuschneiden: Förderungen und steuerlichen Vorteile sollten (noch) stärker direkt auf den Bau, Einsatz und die Erhaltung von Dezentralen Lösungen einzahlen. Hierbei zu beachten ist das Setzen und Verfolgen von konkreten (Subventions-/Förder-)Zielen sowie das entsprechende Monitoring der jeweiligen Programme. Auch der Allokationsmechanismus ist von Relevanz, da dieser am Ende die Verteilungslogik der Mittel bestimmt (bspw. Kosten und/oder CO₂). Des Weiteren bedarf es regionale Flexibilität und dezentrale Entscheidungsstrukturen, um den lokalen Ansprüchen und Bedürfnissen gerecht zu werden und Planungssicherheit zu stärken.

Deutschen Strommarkt kosteneffizient und bedarfsgerecht designen: Dezentralen Lösungen sollten aktiv und strategisch als vollwertiger Bestandteil des Energiemixes genutzt werden und beim Design des zukünftigen Strommarkts, im Stromnetz(-ausbau) sowie der Bereitstellung der kurzfristigen Strombedarfe mitgedacht und beachtet werden. Für die Flexibilitätsbedarfe müssen Mechanismen geschaffen werden, welche einen komplementären, marktlichen Redispatch durch Dezentrale Lösungen als Usus möglich machen bzw. bestärken. Der Ausbau des Stromnetzes sollte unter Beachtung der Leistungsmöglichkeiten der Dezentralen Lösungen erfolgen und zugleich die Implementierung von Smart Grid Strukturen beschleunigen. Auf Verbraucherebene bedarf es einen Bürokratieabbau, welcher effektiv die Hürden für Installation und Anschluss Dezentraler Lösungen beschleunigt.

Technologieführerschaft etablieren und lokale Wertschöpfung ermöglichen: Dezentrale Lösungen erwirtschaften bereits einen signifikanten Beitrag zur Deutschen Wirtschaft. Dieser kann durch eine effiziente und zukunftsgetriebene Nutzung des geistigen Eigentums – Intellectual Property (IP) – noch weiter gestärkt werden. Zu einer Steigerung der Exportfähigkeit der IP können hierbei beispielsweise eine Stärkung der „IP- Diplomatie“ mittels Abkommen mit ausgewählten Partnern und mit Fokus auf New Energy Technologien einen Beitrag leisten. Auch können staatliche Angebote wie IP-Exportberatung(en) sowie Lizenzierungsplattformen für eine beschleunigte Nutzbarmachung von IP im Ausland sorgen. Hand in Hand und als Verstärker für die Entwicklung von proprietärer, deutscher IP fungieren Technologie-Cluster wie Greentech, Energy Home Systems, Smart Grid und Intelligente Infrastruktur. Deutschland kann und muss – aus Brille der Technologieführerschaft – die richtige und nötige Infrastruktur, Flächen, Bildungsangebote und Finanzierungsoptionen bereitstellen, um die Entwicklung von neuen Firmen (Startups) zu ermöglichen sowie die Weiterentwicklung von etablierten Unternehmen zu unterstützen.

Wegbereiter und -begleiter von Verbraucher zu Prosumer zu Flexumer: Dezentrale Lösungen ermöglichen erstmals absolute Transparenz über Marktgeschehen, Marktmechanismen und Marktpreissetzung. Diese Transparenz befähigt – in Theorie – den interessierten Verbraucher (Konsument/Unternehmen) proaktiv und selbstbestimmt den eigenproduzierten bzw. eigengespeicherten Strom am Strommarkt zu handeln. Bei entsprechendem Wissen und Zugang, kann so nachhaltig Wert für den Verbraucher und – im weiteren Sinne – für die Gesamtwirtschaft geschaffen werden. Hierfür braucht es entsprechende Bildungsangebote um die breite Masse der Bevölkerung mit den Grundmechanismen des Strommarktes und den Möglichkeiten zur vollen Ausschöpfung der Dezentralen Möglichkeiten vertraut zu machen. Auch die Etablierung öffentlich geführter Vergleichsplattformen hebt den Stellenwert der Dezentralen Lösungen, ermöglicht Transparenz und schafft Vertrauen in einem zum Teil noch jungen Markt.

Zusammengefasst braucht es konkrete und zielgerichtete Schritte, um die Dezentralen Lösungen im Deutschen Energiesystem zu verankern und den identifizierten Mehrwert bis 2045 zu realisieren.

5. Schlusswort

Die Dezentralen Lösungen finden nicht ausreichend Gehör im aktuellen politischen und privatwirtschaftlichen Diskurs zu Elektrifizierungsbedarfen und Versorgungssicherheit. Ihr Mehrwert in einem gesamtkosteneffizienten System ist klar – nun muss gehandelt werden. Deutschland benötigt rasches und zielgerichtetes Handeln um einen Energiemix zu schaffen, der bedarfs- und effizienzorientiert den Mehrwert der Dezentralen Lösungen nutzt und die Resilienz des Landes stärkt. Denn Dezentrale Lösungen sind essentiell für die landesweite Stärkung der Gesamtkosteneffizienz im Zuge des Transformationspfades.

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dezentrale Lösungen im gesamtwirtschaftlichen Kontext – Stimmen aus Wirtschaft & Politik

Abbildung 2: Prognose zukünftiger Strombedarfe und des Deutschen Strommixes

Abbildung 3: Überblick über zentrale Technologien im Ökosystem der Dezentralen Lösungen

Abbildung 4: Ergebnisse der Quantifizierung des Mehrwerts der Dezentralen Lösungen

Abbildung 5: Ergebnisse Quantifizierung Gesamtkosteneffizienz im Energiesystem

Abbildung 6: Ergebnisse Quantifizierung Deutsche Technologieführerschaft & Lokale Wertschöpfung

Abbildung 7: Ergebnisse Quantifizierung Direkter Mehrwert für und durch den Verbraucher

7. Quellen

[Agora & FfE] Agora Energiewende und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2023): Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen. Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können. Erreichbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/haushaltsnahe-flexibilitaeten-nutzen>. **[05.06.2025]**

[Aurora] Aurora Energy Research (2025). Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040. Erreichbar unter: https://auroraer.com/wp-content/uploads/2025/04/Aurora_EnBW_Systemkostenstudie_Apr-25_public.pdf. **[05.06.2025]**

[BDEW] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2024): Energiemarkt Deutschland 2024 – Zahlen, Daten, Fakten. Erreichbar unter: <https://www.bdew.de/publikationen>. **[05.06.2025]**

[BDI] Boston Consulting Group und Institut der deutschen Wirtschaft im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie (2025). Energiewende auf Kurs bringen: Impulse für eine wettbewerbsfähigere Energiepolitik. Erreichbar unter: <https://bdi.eu/artikel/news/transformationspfade-studie-energiewende-auf-kurs-bringen>. **[05.06.2025]**

[BNE] Bundesverband Neue Energiewirtschaft (2025). 20 GW neue Gaskraftwerke – Subventionen, auf die Deutschland verzichten kann. Erreichbar unter: [https://www.bne-online.de/bne-pressemitteilung-20gw-neue-gaskraftwerke/#:~:text=Robert%20Busch%3A%20%2E2%80%9EDie%20Energiewirtschaft%20braucht,noch%20eine%20neue%20Strompreisumlage%20schaffen](https://www.bne-online.de/bne-pressemitteilung-20gw-neue-gaskraftwerke/#:~:text=Robert%20Busch%3A%20%2E2%80%9EDie%20Energiewirtschaft%20braucht,noch%20eine%20neue%20Strompreisumlage%20schaffen.). **[29.05.2025]**

[BNZTA] Bundesnetzagentur (2021). Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2021. Erreichbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/VerteilerNetz/ZustandAusbauVerteilernetze2021.pdf?blob=publicationFile&v=1&utm_source=chatgpt.com. **[05.06.2025]**

[BNZTA] Bundesnetzagentur (2025a). Netzengpassmanagement 2024: Volumen und Kosten gesunken. Erreichbar unter: [https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/216636#:~:text=Die%20vorl%C3%A4ufigen%20Einsatzkosten%20f%C3%BCr%20Redispatchma%C3%9Fnahmen,gesunken%20\(2023%3A%201.882%20Mio.](https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/216636#:~:text=Die%20vorl%C3%A4ufigen%20Einsatzkosten%20f%C3%BCr%20Redispatchma%C3%9Fnahmen,gesunken%20(2023%3A%201.882%20Mio.). **[05.06.2025]**

[BNZTA] Bundesnetzagentur (2025b). Update: Verteilernetze bis 2024. Erreichbar unter: <https://www.smard.de/page/home/topic-article/444/215544>. **[05.06.2025]**

[BNZTA] Bundesnetzagentur (2025c). Monitoringbericht 2024. Erreichbar unter: <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2024.pdf>. **[05.06.2025]**

[CDU] CDU/CSU Bundestagsfraktion (2024). CDU/CSU Energieagenda.

Erreichbar unter: https://www.cducsu.de/sites/default/files/2024-11/241104_Diskussionspapier_Energie_0.pdf. **[29.05.2025]**

[Destatis] Statistisches Bundesamt (2024). Laufende Wirtschaftsrechnungen – Konsumausgaben privater Haushalte nach Einkommensgruppen. Erreichbar unter: <https://www.destatis.de>. **[05.06.2025]**

[DIW] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2024). Versorgungssicherheit im Stromsektor: Analyse unterschiedlicher Kapazitätsmechanismen und ihrer Interaktionen mit nachfrageseitigen Flexibilitätspotenzialen. Erreichbar unter: https://www.diw.de/de/diw_01.c.923894.de/publikationen/politikberatung_kompakt/2024_0202/versorgungssicherheit_im_stromsektor_analyse_unterschiedlicher_abteilungen_klimapolitik_und_energie_werke_hr_umwelt.html. **[05.06.2025]**

[E.ON] E.ON (2025). Intellectual property management. Erreichbar unter: <https://www.eon.com/en/innovation/future-of-energy/energy-and-beyond/intellectual-property-management.html> **[06.06.2025]**

[E.ON & FfE] E.ON und der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) (2025). E.ON Flexibilitäts-Check. Erreichbar unter: <https://www.eon.de/content/dam/eon/eon-de-zwei/documents/unternehmen/presse/energieatlas/eon-flexibilitaets-check-interaktiv.pdf>. **[05.06.2025]**

[Energate] Energate-Messenger (2025). Interview mit Aurélie Alemany. Erreichbar unter: <https://www.energate-messenger.de/news/253225/beim-geg-erwarte-ich-keine-revolution>. **[29.05.2025]**

[FÖS] Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2024). Förderung für Gaskraftwerke: Kosten und Emissionsauswirkungen des Kraftwerkssicherheitsgesetz. Erreichbar unter: https://foes.de/publikationen/2024/2024-10_FOES_Kraftwerkssicherheitsgesetz.pdf. **[05.06.2025]**

[Fraunhofer ISE] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2023). Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Erreichbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>. **[05.06.2025]**

[Handelsblatt] Handelsblatt (2025). Klimaschutz kann nicht das einzige Ziel sein. Interview mit Katherina Reiche. Erreichbar unter: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/katherina-reiche-klimaschutz-kann-nicht-das-einzige-ziel-sein/100128164.html>. **[29.05.2025]**

[HTW Berlin] Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (2023): Stromspeicher-Inspektion 2023 – Systemvergleich und Effizienzmetriken. Erreichbar unter: <https://solar.htw-berlin.de/studien/stromspeicher-inspektion-2023/>. **[05.06.2025]**

[IfM Bonn] Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2024): Jahresbericht Mittelstand 2024. Erreichbar unter: <https://www.ifm-bonn.org>.

[05.06.2025]

[McKinsey] McKinsey & Company (2025). Zukunftspfad Stromnachfrage: Perspektiven zu Veränderungen der Energiebedarfe und deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiewende in Deutschland bis 2035. Erreichbar unter: https://www.mckinsey.de/~ /media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2025/2025-01-20%20zukunftspfad%20stromnachfrage/mckinsey_zukunftspfad%20stromnachfrage_januar%202025.pdf.

[05.06.2025]

[Neon] Neon Neue Energieökonomik (2024). Mehrwert dezentraler Flexibilität Oder: Was kostet die verschleppte Flexibilisierung von Wärmepumpen, Elektroautos und Heimspeichern?. Erreichbar unter: <https://neon.energy/Neon-Mehrwert-Flex.pdf>. **[05.06.2025]**

[NEP Strom] 50Hertz Transmission, Amprion, TenneT TSO und TransnetBW (2023). Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023. Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. Erreichbar unter: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-07/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teil1_1.pdf. **[05.05.2025]**

[RLI] Reiner Lemoine Institut (2023). H2-Ready-Gaskraftwerke. Erreichbar unter: https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2023/11/RLI-Studie-H2-ready_DE.pdf. **[05.06.2025]**

[RWE] RWE (2025). 3 GW neue Gaskraftwerke bis 2030 sind noch möglich. Montel vom 11.02.2025 mit Markus Krebber. Erreichbar unter: <https://www.rwe.com/presse/interviews/3-gw-neue-gaskraftwerke-bis-2030-sind-noch-moeglich/>. **[29.05.2025]**

[RWTH Aachen] RWTH Aachen Elektrische Anlagen und Netze, Digitalisierung und Energiewirtschaft (2023). Netzbetriebsmittel und Systemdienstleistungen im Hoch- und Höchstspannungsnetz. Erreichbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/netzbetriebsmittel-und-systemdienstleistungen-im-hoch-und-hoehchstspannungsnetz.html>. **[05.06.2025]**

[Startup-Verband] Startup-Verband Deutschland (2025a). Deutscher Startup Monitor, Der Blick nach vorne. Erreichbar unter: https://startupverband.de/fileadmin/startupverband/mediaarchiv/research/dsm/Deutscher_Startup_Monitor_2024.pdf. **[05.06.2025]**

[Startup-Verband] Startup-Verband Deutschland (2025b). Green Tech Monitor 2025, Startups und die ökologische Transformation. Erreichbar unter: https://startupverband.de/fileadmin/startupverband/mediaarchiv/research/green_tech_monitor/GreenTech_Monitor_2025_.pdf. **[05.06.2025]**

