

Studien und Quellen

[POLIDOCs-KAPITEL v1]

Zweck: Zentrale Datensätze, Studien und Fachquellen zu Energiefragen so erschließen, dass andere Beiträge sie belastbar nutzen können.

Eintragseinheit: Eine Seite dokumentiert eine Quelle oder eine eng zusammengehörige Quellengruppe samt Aussagekraft.

Aufnahmekriterien: Belastbare Primärdaten, offizielle Berichte, peer-reviewte Forschung oder methodisch relevante Analysen mit Bezug zu einer Wissenslücke im Energiebuch.

Pflichtinhalt: Vollzitat, Herausgeber, Datum, Link, Methodik, zentrale Ergebnisse, Grenzen, Verwendungszweck und mögliche Interessenkonflikte.

Abgrenzung: Eigenständige Debattenantworten ohne Schwerpunkt auf Quellenkritik gehören in Strompreise oder Kosten und Wirtschaftlichkeit.

Erweiterungsauftrag: Für bestehende Wissenslücken geeignete Quellen suchen, das gesamte Buch auf Dubletten prüfen und je Quelle eine nachvollziehbare Quellenkarte ergänzen.

- [Wo liegt der wirtschaftliche Sweet Spot aus Erneuerbaren und Batteriespeichern?](#)

Wo liegt der wirtschaftliche Sweet Spot aus Erneuerbaren und Batteriespeichern?

Kurzantwort

Es gibt keine dauerhaft optimale feste Quote „x Prozent Erneuerbare plus y Gigawattstunden Batterien“. Der wirtschaftliche Sweet Spot ist der Punkt, an dem der zusätzliche Nutzen der nächsten Einheit Wind, Solar, Speicher, Netz oder flexibler Nachfrage gerade noch ihre zusätzlichen Systemkosten deckt. Er verschiebt sich mit Technikpreisen, Wetterjahren, Stromverbrauch, Netzausbau, europäischem Handel, Wasserstoffpreisen und den verfügbaren Reservekraftwerken.

Flexibilitätsoptionen nach benötigter Dauer

Eigene qualitative Darstellung. Die Übergänge sind fließend; technische Eignung bedeutet nicht automatisch Wirtschaftlichkeit an jedem Standort.

Warum Erneuerbare und Batteriespeicher gut zusammenpassen

Wind- und Solaranlagen erzeugen ohne laufende Brennstoff- und CO₂-Kosten, aber wetterabhängig. Batterien können Überschüsse aufnehmen und zeitversetzt abgeben. Dadurch können sie

- Solarstrom vom Mittag in den Abend verschieben,

- kurzfristige Prognosefehler ausgleichen,
- Regelernergie und andere Netzdienstleistungen bereitstellen,
- Abregelung reduzieren und Preisspitzen glätten,
- bestehende Netzanschlüsse besser ausnutzen.

Der erste Batteriespeicher an einem geeigneten Engpass oder Solarstandort kann deshalb sehr wertvoll sein. Mit jeder weiteren Einheit nimmt der zusätzliche Nutzen häufig ab: Sind die günstigen Überschussstunden bereits genutzt, wartet ein weiterer Speicher länger auf profitable Preisunterschiede. Genau dieser abnehmende Grenznutzen erzeugt einen ökonomischen Sweet Spot – aber keinen universellen Zahlenwert.

Leistung und Energie nicht verwechseln

Speicher werden mit zwei Größen beschrieben:

- **Leistung in GW:** Wie viel Strom kann gleichzeitig aufgenommen oder abgegeben werden?
- **Energieinhalt in GWh:** Wie lange kann diese Leistung gehalten werden?

Ein Speicher mit 1 GW Leistung und 2 GWh Kapazität kann zwei Stunden mit voller Leistung liefern. Für eine kurze Abendspitze kann das wertvoll sein; eine mehrtägige Dunkelflaute lässt sich damit nicht überbrücken. Aussagen wie „Deutschland braucht 100 GW Speicher“ sind ohne Speicherdauer daher unvollständig.

Was aktuelle Systemmodelle zeigen

Die „Systemstudie Deutschland 2026“ von Fraunhofer ISE, Fichtner und EY-Parthenon modelliert im Szenario „Prosperität“ für 2045 einen Anteil von rund **85 bis 86 Prozent Wind- und Solarenergie an der Strombereitstellung**. Speicher sind darin ein zentraler Teil der Flexibilität, aber nicht die einzige Lösung.

Für eine modellierte wind- und sonnenarme Phase in der Nacht vom 5. auf den 6. Januar beschreibt die Studie eine etwa **17-stündige** Lücke. Batterien werden zunächst entladen; zusätzlich sind begrenzte Importe und steuerbare Back-up-Kraftwerke notwendig. Für längere Dunkelflauten hält die Studie kurzfristige Instrumente wie Regelernergie, Lastverschiebung und Batterieentladung allein ausdrücklich nicht für ausreichend.

Das Modell nimmt außerdem an, dass ab 2026 ein Anteil von 20 Prozent der Elektrofahrzeuge bidirektional laden kann. Dadurch stehen bereits bezahlte Fahrzeugbatterien zeitweise dem Stromsystem zur Verfügung und verringern den Bedarf an ausschließlich für das Netz gebauten stationären Speichern. Diese Annahme ist keine Prognose: Ob sie eintritt, hängt von Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur, Vergütung, Garantien und Nutzerverhalten ab.

Der Sweet Spot ist ein Portfolio

Sekunden bis Minuten

Batterien reagieren sehr schnell und eignen sich gut für Frequenzhaltung, Regelenergie und das Glätten abrupter Änderungen. Hier zählt vor allem Leistung; große Energiemengen sind oft nicht erforderlich.

Stunden bis etwa ein Tag

Für den Solar-Mittag-Abend-Ausgleich konkurrieren Batterien mit flexiblen Wärmepumpen, Elektroautos, Industrieprozessen, Pumpspeichern und grenzüberschreitendem Handel. Kurzdauerspeicher sind besonders attraktiv, wenn sie mehrere Erlösquellen kombinieren können.

Mehrere Tage

Bei einer Dunkelflaute wächst der Energiebedarf so stark, dass ausschließlich dafür gebaute Kurzzeitbatterien schnell teuer werden. Netze, Importe, flexible Nachfrage und selten laufende steuerbare Kraftwerke können wirtschaftlicher sein. Deren langfristiger Brennstoff muss mit den Klimazielen vereinbar sein.

Wochen und Jahreszeiten

Saisonale Verschiebung verlangt andere Optionen: Wärme- und Wasserstoffspeicher, speicherbare erneuerbare Brennstoffe, Wasserkraft, europäische Ausgleichseffekte oder bewusst vorgehaltene gesicherte Leistung. Batterien können Teil des Systems bleiben, lösen das saisonale Problem aber nicht allein.

Wie ein belastbarer Optimierungsvergleich aussieht

Für jede zusätzliche Option werden über viele Wetterjahre mindestens folgende Wirkungen verglichen:

Zusätzlicher Nutzen

- vermiedene Brennstoff- und CO₂-Kosten,
- vermiedene Abregelung,
- vermiedener oder verzögerter Netzausbau,
- vermiedene Spitzen- und Reservekapazität,
- zusätzliche Versorgungssicherheit und Netzdienstleistungen.

Zusätzliche Kosten

- annualisierte Investition und Finanzierung,
- Wirkungsgradverluste,
- Betrieb, Alterung und Ersatz,
- Netzanschluss und Flächen,
- Rohstoff-, Lieferketten- und Recyclingrisiken.

Der ökonomische Ausbaupunkt ist erreicht, wenn der erwartete zusätzliche Systemnutzen einer weiteren Einheit nicht mehr höher ist als ihre zusätzlichen Kosten. Ein reiner Vergleich von Stromgestehungskosten reicht dafür ebenso wenig wie ein einzelnes historisches Preisjahr.

Faktoren, die den optimalen Speicherbedarf senken

- ein ausgewogener Mix aus Wind an Land, Wind auf See und Photovoltaik,
- stärkere Netze innerhalb Deutschlands und zu Nachbarländern,
- zeitvariable Stromtarife und flexible Industrie,
- intelligentes Laden und Vehicle-to-Grid,
- Wärme- und Kältespeicher,
- räumlich sinnvolle Ansiedlung neuer Verbraucher,
- steuerbare klimaneutrale oder emissionsarme Reserve für seltene lange Engpässe.

Diese Optionen sind keine Gegner der Batterie. Sie verhindern, dass teure Batteriekapazität für Aufgaben gebaut wird, die eine andere Technik günstiger erfüllt.

Risiken zu großer oder zu kleiner Speicherflotten

Zu wenig Speicher und Flexibilität	Zu viel gleichartiger Speicher
mehr Abregelung und negative Preise	sinkende Preisspreizung und Erlöse
stärkere kurzfristige Preisspitzen	geringe Auslastung vieler Anlagen
mehr Starts fossiler Kraftwerke	unnötige Kapital- und Rohstoffbindung
schlechtere Nutzung von Solar- und Windspitzen	Speicher löst saisonale Lücken trotzdem nicht

Einordnung der IEA

Die Internationale Energieagentur bezeichnet Batteriespeicher als die am schnellsten wachsende saubere Energietechnologie im Stromsektor und betont ihre zentrale Rolle für eine sichere Energiewende. Zugleich betrachtet sie Batterien als Teil eines größeren Systems aus Erzeugung, Netzen, Nachfrageflexibilität, Lieferketten und Recycling. Auch daraus folgt kein fester deutscher Zielwert, sondern die Notwendigkeit einer regelmäßig aktualisierten Systemplanung.

Fazit für die Debatte

“ Der wirtschaftliche Sweet Spot ist kein einzelnes Mischungsverhältnis. Kurzzeitbatterien ergänzen Wind und Solar besonders gut im Bereich von Sekunden bis Stunden. Mit zunehmender Speichermenge sinkt ihr zusätzlicher Nutzen; für mehrtägige und saisonale Lücken werden Netze, flexible Nachfrage, europäischer Handel und steuerbare klimaverträgliche Leistung benötigt.

Eine robuste Strategie baut Wind, Solar, Netze, digitale Steuerung, flexible Verbraucher und Speicher gemeinsam aus und überprüft den jeweils nächsten Ausbau anhand seines Grenznutzens. „Nur Erneuerbare plus möglichst viele Batterien“ ist ebenso wenig kostenoptimal wie „Speicher sind überflüssig“.

Quellen

- [Fraunhofer ISE, Fichtner und EY-Parthenon: Systemstudie Deutschland 2026](#), Revision vom 08.07.2026; Auftraggeber Hitachi Energy, insbesondere Kapitel 4.3, 4.4 und 5, abgerufen am 10.08.2026.
- [Fraunhofer ISE: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Bundesländer im Transformationsprozess](#), Beschreibung des REMod-Systemansatzes und der Szenarien, abgerufen am 10.08.2026.
- [Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland](#), vom Bundeswirtschaftsministerium beauftragter Szenario- und Datenspeicher, abgerufen am 10.08.2026.
- [International Energy Agency: Batteries and Secure Energy Transitions](#), 25.04.2024, abgerufen am 10.08.2026.
- [Europäische Kommission: Electricity market design](#), Abschnitte zu Energiespeichern, flexibler Nachfrage und Marktkopplung, abgerufen am 10.08.2026.