

# WERT VON GROßBATTERIESPEICHERN IM DEUTSCHEN STROMSYSTEM

Kurzstudie im Auftrag von  
BayWa r.e. AG,  
ECO STOR GmbH,  
enspired GmbH,  
Fluence Energy GmbH, und  
Kyon Energy Solutions GmbH.

DEZEMBER 2023

## Einleitung

Der Klimawandel ist eine der größten existenziellen Herausforderungen unserer Zeit. Dieser Herausforderung wollen wir mit einer Energiewende begegnen, welche fossile Energieträger in allen Anwendungsbereichen unseres Zusammenlebens durch erneuerbare Energien ersetzt oder vermeidet und damit den Weg in eine klimaneutrale Zukunft gestalten soll.

Im Zuge der Energiewende ist in Deutschland der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2022 bereits auf 46 % angestiegen (von 6,3% im Jahr 2000) und hat das Stromsystem in Deutschland grundlegend transformiert.<sup>1</sup> Die weitere Dekarbonisierung des Stromsystems bis zum Jahr 2045 verspricht dabei eine ungleich größere Herausforderung zu werden, da nicht nur die verbleibende fossile Stromerzeugung, sondern auch ein wesentlicher Anteil des bisher nicht elektrischen Energieverbrauchs elektrifiziert werden muss und hierfür zusätzliche erneuerbare Stromerzeugung benötigt wird. Gleichzeitig steht ein Großteil der bisher vorhandenen steuerbaren Erzeugungsanlagen nicht mehr zur Verfügung.

Für die weitere Energiewende sollen verschiedene neue Technologien verstärkt zum Einsatz kommen. Welche Bedeutung einzelnen Technologien dabei genau zukommt, ist zum Teil noch unsicher und hängt neben verschiedenen technologischen Entwicklungen auch von zukünftigen rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen ab. Es deutet sich aber bereits heute an, dass Großbatteriespeichern eine bedeutende Rolle für die weitere Transformation des Stromsystems hin zur Klimaneutralität zukommen wird. Großbatteriespeicher können elektrische Energie in Zeiten geringer Nachfrage bzw. hoher Verfügbarkeit speichern und elektrische Energie in Zeiten hoher Nachfrage bzw. niedriger Verfügbarkeit abgeben. Damit sind Großbatteriespeicher in der Lage, ihre Flexibilität in Form unterschiedlicher Produkte am Strommarkt anzubieten. Hierzu gehört die Bereitstellung von Flexibilität am Stromgroßhandelsmarkt, die Bereitstellung von Netz- und Systemdienstleistungen, sowie die Absicherung von Leistung. Dies senkt Strompreise und Netzkosten für Verbraucher und reduziert Preisvolatilität und Preisrisiken für Marktteilnehmer. Ein wichtiger Treiber dieser Entwicklung ist der starke Rückgang der Herstellungskosten für Batteriespeicher in den vergangenen Jahren, sowie die zu erwartende weitere Kostensenkung in den kommenden Jahren.<sup>2 3</sup>

In dieser Kurzstudie möchten wir das Potential von Großbatteriespeichern im zukünftigen Stromsystem in Deutschland beleuchten. Hierbei sind Großbatteriespeicher von Heimspeichern und Batterien in E-Autos abzugrenzen. Während Heimspeicher vor allem der Eigenverbrauchsoptimierung einzelner Verbraucher dienen und Batterien in E-Autos primär Mobilität bereitstellen sollen, sind Großbatteriespeicher speziell für verschiedene Einsatzzwecke am Strommarkt konzipiert und weisen üblicherweise eine deutliche höhere Leistung und Energiespeichermenge auf.

---

<sup>1</sup> AGEE; Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland; Stand: Februar 2023.

<sup>2</sup> BloombergNEF; Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh; December 6, 2022

<sup>3</sup> Cole & Karmakar; 2023; NREL Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2023 Update

## Großbatteriespeicher senken Großhandelspreise und reduzieren so Kosten für Verbraucher

Kapazität von Großbatteriespeichern in Deutschland könnte sich bis zum Jahr 2030 mehr als verzehnfachen

Nach Analysen von Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF), einem Analysehaus, wird der weltweite jährliche Zubau an Batteriespeichern deutlich zunehmen. Wurden im Jahr 2022 weltweit 16 GW / 35 GWh an Batteriespeichern zugebaut, rechnen die Analysten von Bloomberg NEF damit, dass sich die Zubaurate bis zum Jahr 2030 mehr als verfünffacht.<sup>4</sup>

Es ist zu erwarten, dass Deutschland dem internationalen Trend folgen wird. Waren Anfang 2023 ca. 1,2 GW bzw. 1,4 GWh Großbatteriespeicher in Deutschland installiert, so zeigen verschiedene Studien, dass sich die Leistung und das Speichervolumen von Großbatteriespeichern in den kommenden Jahren vervielfachen könnte. So wird im aktuell verabschiedeten Netzentwicklungsplan (NEP) unterstellt, dass die installierte Kapazität von Großbatteriespeichern in Deutschland bis zum Jahr 2037 auf 24 GW / 61 GWh und bis zum Jahr 2045 auf 55 GW / 136 GWh steigt.<sup>5</sup> Ein starker Anstieg der Kapazität von Großbatteriespeichern wird auch in einer Studie von Fraunhofer ISE angenommen. Diese geht im Jahr 2030 von Großbatteriespeichern mit einer Leistung von 104 GWh aus. Die Kapazität soll dann bis zum Jahr 2040 weiter auf 178 GWh ansteigen.<sup>6</sup> Eine ähnlich dynamische Entwicklung von Großbatteriespeichern wird auch im Entwurf der Szenarioannahmen für den Ten-Year-Network-Development-Plan (TYNDP) 2024 gezeigt. Dort steigt die Kapazität von Großbatteriespeichern in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf 26 GW / 52 GWh, bis zum Jahr 2040 auf 114 GW / 227 GWh und bis zum Jahr 2050 auf 185 GW / 370 GWh.<sup>7</sup>

Die von uns durchgeführte Marktsimulation bestätigt die Ergebnisse der anderen Studien. Unsere Marktsimulation kommt dabei zu dem Ergebnis, dass die Kapazität von Großbatterien in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf 15 GW / 57 GWh, bis 2040 auf 24 GW / 94 GWh und bis 2050 auf 61 GW / 271 GWh ansteigen kann. Hierbei scheinen insbesondere Großbatteriespeicher mit einer Speicherdauer von vier Stunden zu den Anforderungen des Marktes zu passen. Da unsere Marktsimulation nur den Day-Ahead Großhandelsmarkt umfasst, ist zusätzlich mit weiteren Batteriekapazitäten zu rechnen, die sich über Intraday- und Systemdienstleistungsmärkte finanzieren.

---

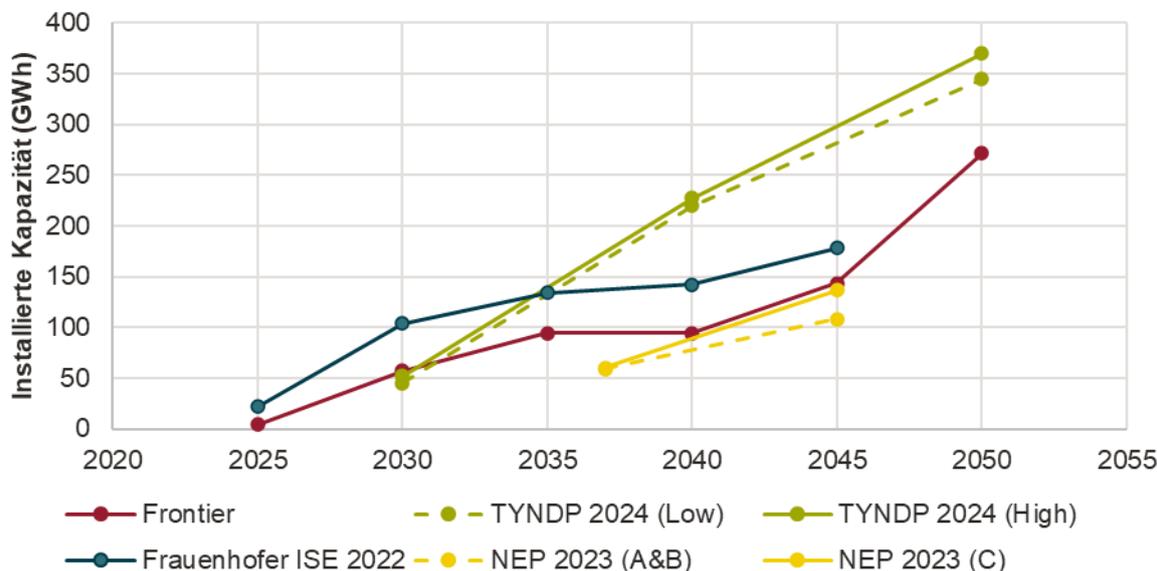
<sup>4</sup> BloombergNEF; 1H 2023 Energy Storage Market Outlook; March 21, 2023

<sup>5</sup> BNetzA (2023), Netzentwicklungsplan 2037-2045 2. Entwurf; Szenario C

<sup>6</sup> Fraunhofer ISE (2022) Batteriespeicher an ehemaligen Kraftwerksstandorten

<sup>7</sup> Entso-E (2023), TYNDP 2024 Draft Supply Inputs

Abbildung 1 Überblick zu erwartetem Ausbau der Großbatteriespeicher in Deutschland



Quelle: Frontier Economics, Entso-E TYNDP 2024 Draft Supply Inputs; NEP (2023) 2037/2045; Fraunhofer ISE (2022)

### Großbatteriespeicher generieren einen volkswirtschaftlichen Nutzen von 12 Mrd. €

Unsere Marktsimulationen zeigen weiter, dass Großbatteriespeicher auf Grund ihrer Wirkungsgradverluste im Speichervorgang zwar insgesamt zu einer höheren Stromnachfrage führen, aber durch die Verlagerung von Strom in Zeiten mit einem Stromüberschuss in Zeiten mit einem Strommangel einen erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen generieren können. Der volkswirtschaftliche Nutzen ergibt sich dabei aus einem Vergleich mit einem Szenario, in dem in Deutschland auf Grund regulatorischer Hindernisse kein marktbasierter Neubau von Großspeichern stattfindet, und der Markt diese durch andere Produktionskapazitäten ersetzt.

Wir haben berechnet, dass sich der volkswirtschaftliche Nutzen von Großbatteriespeichern in Deutschland bis zum Jahr 2050 auf etwa 12 Mrd. € beläuft. Der volkswirtschaftliche Nutzen spiegelt die Reduktion der Gesamtkosten für die Bereitstellung von elektrischer Energie wider. Hierbei zeigt sich, dass für Großbatteriespeicher höhere Investitionen notwendig sind, dies aber durch eingesparte Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Kosten, die ohne Batterien anfallen würden, um Strom durch flexible Kraftwerke bereitzustellen, mehr als kompensiert wird. So helfen Großbatteriespeicher im Jahr 2030 rund 6,2 Mio. t CO<sub>2</sub> und im Jahr 2040 rund 7,9 Mio. t CO<sub>2</sub> zu vermeiden.

Der hier ausgewiesene volkswirtschaftliche Nutzen ergibt sich somit allein aus dem Day-Ahead Großhandelsmarkt. Großbatteriespeicher können **zusätzlich dazu** weiteren volkswirtschaftlichen Nutzen durch folgende Beiträge generieren:

- Bereitstellung kurzfristiger Flexibilitätsprodukte im Intradaymarkt (siehe weitere Kapitel);

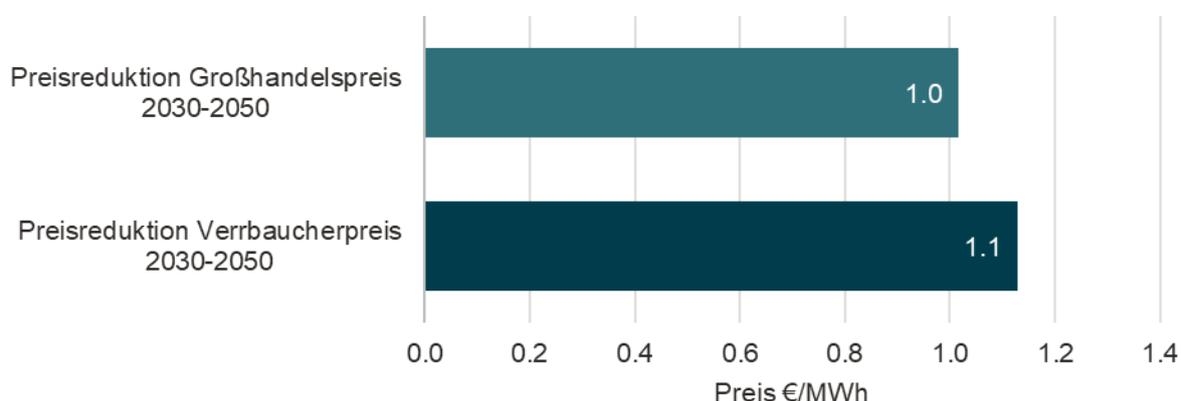
- Bereitstellung von Systemdienstleistungen (siehe weitere Kapitel);
- Erzeugung weiterer Vorteile im Stromsystem, wie der Reduktion von Netzengpassmanagementkosten und einer verbesserten Integration erneuerbarer Energien (siehe weitere Kapitel);
- Folgeeffekte dank geringerer Stromgroßhandelspreise; sowie
- Folgeeffekte dank geringerer Strompreisvolatilität.

### Großhandelspreise fallen durch Großbatteriespeicher im Durchschnitt um 1 €/MWh

Der volkswirtschaftliche Nutzen ist das Ergebnis geringerer Erzeugungskosten für Strom. Dieser muss sich aber nicht unmittelbar in einem geringeren Großhandelspreis niederschlagen. Unsere Marktsimulationen zeigen diesbezüglich, dass Batteriespeicher komplexe Preiseffekte hervorrufen können. Während des Ladevorgangs können sie einen preistreibenden Effekt haben. Demgegenüber steht ein preissenkender Effekt durch die Bereitstellung elektrischer Energie in Zeiten hoher Nachfrage. Insgesamt zeigt sich, dass Großbatteriespeicher eine preissenkende Wirkung auf die Großhandelspreise haben. Wir haben berechnet, dass dieser Effekt zwischen 2030 und 2050 im Durchschnitt bei ca. 1 €/MWh liegt. Die Effekte nehmen dabei im Zeitverlauf auf Grund der zunehmenden Dekarbonisierung des Stromsystems zu.

Da die preissenkende Wirkung von Batteriespeichern tendenziell zu solchen Zeiten auftritt, in denen viel Strom verbraucht wird, ist der Effekt für Verbraucher größer und liegt im Durchschnitt von 2030 bis 2050 bei 1,1 €/MWh. Dies zeigt, dass Verbraucher vom volkswirtschaftlichen Nutzen, den Großbatteriespeicher generieren, profitieren.

### Abbildung 2 Effekt von Großbatteriespeicher auf Großhandels- und Verbraucherpreise



Quelle: Frontier Economics

### Großbatteriespeicher reduzieren Investitionsdruck bei Gaskraftwerken

Der oben ausgewiesene Preiseffekt basiert jedoch auf der (konservativen) Annahme, dass Großbatteriespeicher, die nach 2025 nicht in den Markt eintreten, durch andere

Produktionskapazitäten im Markt fristgerecht ersetzt werden könnten. Ein Ausbleiben der Investitionen in Großbatteriespeicher, etwa auf Grund regulatorischer Hindernisse oder mangelnder Investitionssicherheit, erfordert konkret, dass bis zum Jahr 2030 in Deutschland neben 26 GW neuen Gaskraftwerken zusätzlich weitere 9 GW Gaskraftwerke errichtet werden, um die Stromnachfrage zu decken. Bis zum Jahr 2050 wäre ohne Großbatteriespeicher eine nochmals deutlich höhere Anzahl zusätzlicher Gaskraftwerke erforderlich.

Wenn keine Möglichkeit besteht, Großbatteriespeicher durch zusätzliche Gaskraftwerke zu ersetzen, wäre im Durchschnitt von 2030 bis 2050 mit einem um 4 €/MWh höheren Großhandelspreis zu rechnen (da z.B. teure DSM Maßnahmen oder teure Kraftwerke im Ausland eingesetzt werden müssten).

Die aktuellen Diskussionen rund um benötigte neue Wasserstoff- und Spitzenlastkraftwerke in Deutschland sowie die sog. „Kraftwerksstrategie“ zeigen dazu bereits, dass hier sowohl aus Sicht der Politik, aber auch aus Sicht der Marktteilnehmer<sup>8</sup> dringender Handlungsbedarf besteht und die Frage nach gesicherter und steuerbarer Leistung im Strommarkt an Bedeutung gewinnt. Auch wenn Batterien keine langfristigen Dunkelflauten absichern können, können sie dennoch kurzfristige Lastspitzen decken, erneuerbaren Strom integrieren und zudem den Einsatz von fossilen Gaskraftwerken reduzieren.

### Großbatteriespeicher reduzieren Preisvolatilität

Über die bloße Auswirkung auf das Niveau des Großhandelspreises hinaus reduzieren Großbatteriespeicher auch die Preisvolatilität im Strommarkt. Dies wird in den durchschnittlichen Preisverläufen eines Tages deutlich sichtbar. In Stunden mit niedrigen Strompreisen erhöhen Großbatteriespeicher auf Grund des Ladevorgangs den Strompreis, während hohe Strompreisspitzen durch Großbatteriespeicher hingegen reduziert werden.

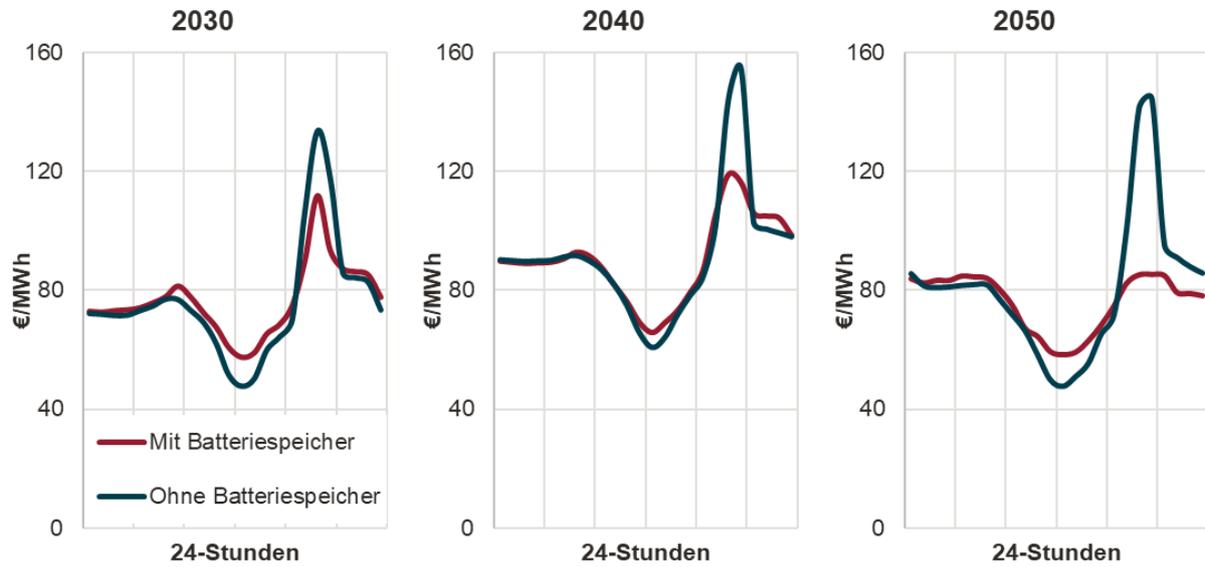
Da die Angebotskurve in Zeiten hoher Nachfrage grundsätzlich steiler ist als in Zeiten niedriger Stromnachfrage, führt dieser Effekt dazu, dass die Reduzierung des Großhandelspreises in Zeiten hoher Stromnachfrage größer ausfällt als die Erhöhung der Großhandelspreise in Zeiten niedriger Stromnachfrage. In der Summe ergibt sich daraus der beschriebene positive Effekt auf die Großhandelspreise.

Geringere Preisvolatilität ermöglicht es Marktteilnehmern, eine genauere Vorhersage der Strompreise durchzuführen, ihre Beschaffungsstrategien besser zu planen und die Strukturierungs- und Ausgleichsenergiekosten von Marktteilnehmern zu reduzieren.

---

<sup>8</sup> Siehe Zitat von BDEW-Hauptgeschäftsführerin Kerstin Andreae gegenüber dem Handelsblatt „Die Zeit droht davonzulaufen. Deshalb reicht es nicht aus, Reformen für ein Marktdesign post 2030 zu vereinbaren“; Handelsblatt; Energiewirtschaft sieht Versorgungssicherheit in Gefahr; 04.07.2023

Abbildung 3 Durchschnittlicher Preisverlauf eines Tages mit und ohne Großbatteriespeicher

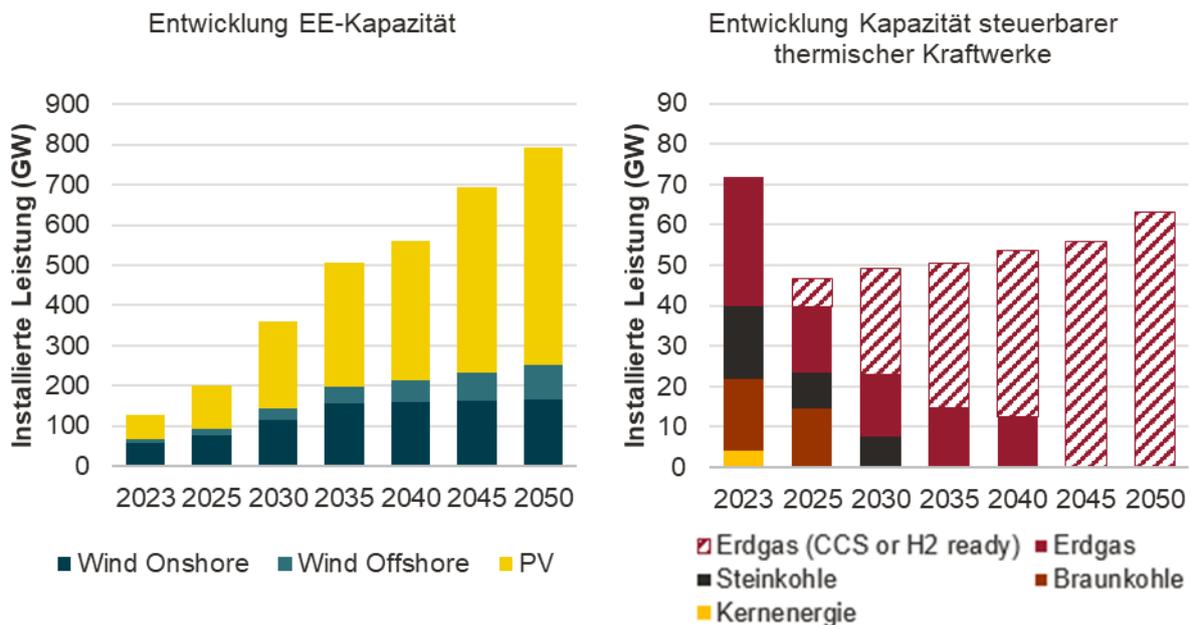


Quelle: Frontier Economics

## Großbatteriespeicher bieten Flexibilität im Intradaymarkt an, um Prognosefehler auszugleichen und erneuerbare Energien in den Markt zu integrieren

Über den Großhandelsmarkt hinaus werden Großbatteriespeicher in Zukunft einen wertvollen Beitrag zur Flexibilisierung des Stromsystems leisten. Unsere Marktsimulation zeigt, dass sich in Deutschland die installierte Leistung von Solar- und Windkraftanlagen von 129 GW Anfang 2023 bis zum Jahr 2030 auf 360 GW, bis zum Jahr 2040 auf 562 GW und bis zum Jahr 2050 auf 792 GW erhöht. Entsprechend wird das zukünftige Stromsystem in Deutschland deutlich mehr Flexibilität zur Integration der erneuerbaren Energien benötigen. Gleichzeitig sinkt jedoch die Leistung steuerbarer Kohle- und Gaskraftwerke von 72 GW Anfang 2023 auf 49 GW in 2030, 54 GW in 2040 und 63 GW in 2050.<sup>9</sup>

**Abbildung 4** Entwicklung erneuerbarer Energien im Vergleich mit Kohle- und Gaskraftwerken in Deutschland



Quelle: Frontier Economics

Großbatteriespeicher sind in diesem Marktumfeld eine der wenigen Technologien, die dem Strommarkt steuerbare Leistung zur Verfügung stellen können. Die hohe Reaktionsgeschwindigkeit von Batteriespeichern ermöglicht es dabei über den Day-Ahead-Markt hinaus, wertvolle positive und negative Flexibilität auf dem Intradaymarkt anzubieten und so die Liquidität des Intradaymarktes zu stützen. So handeln Großbatteriespeicher bereits heute ein

<sup>9</sup> Smard.de installierte Leistung Anfang 2023.

Vielfaches der tatsächlich gelieferten Energie am Intradaymarkt. Dies ist möglich, da Großbatteriespeicher Händlern als Realoption zur Verfügung stehen und diese damit eventuell verbleibende, offene Positionen aus dem Intradayhandel „realisieren“ können.

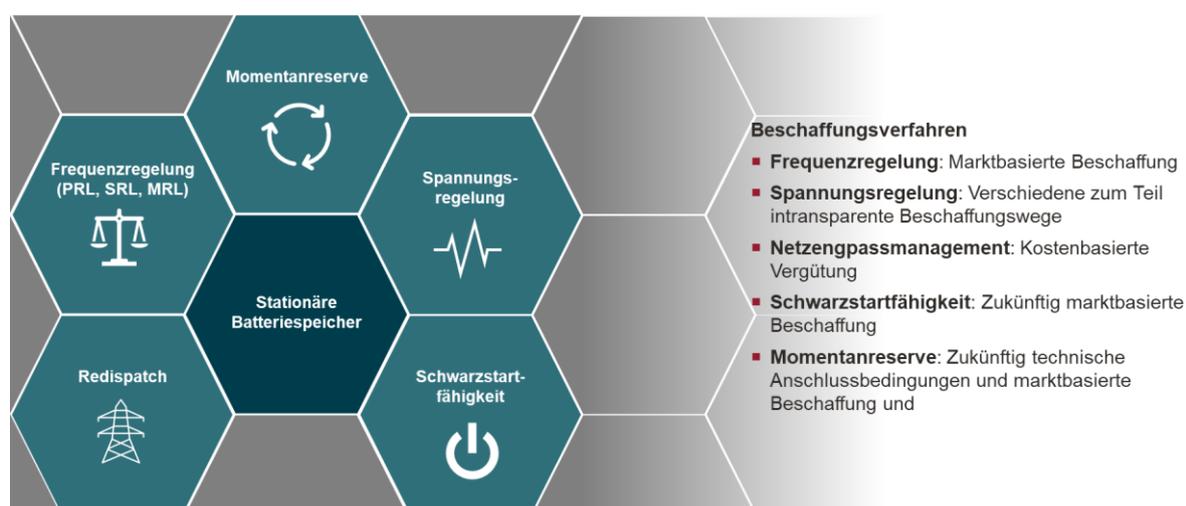
Liquide Intradaymärkte sind dabei kein Selbstzweck, sondern bieten Marktteilnehmern verschiedene Vorteile. Durch die verbesserte Möglichkeit, auf kurzfristige Veränderungen im Stromangebot und -nachfrage zu reagieren, können Unternehmen ihre Positionen besser im Markt anpassen. Besonders in volatilen Märkten spielt ein liquider Intradaymarkt deshalb eine entscheidende Rolle beim Risikomanagement. Die kurzfristige Anpassungsfähigkeit ermöglicht es Marktteilnehmern, sich gegen unvorhergesehene Ereignisse abzusichern und Preisrisiken zu minimieren. Ein weiterer Vorteil liquiderer Intradaymärkte liegt in der Integration erneuerbarer Energien. Der Intradaymarkt erleichtert es für Vermarkter von erneuerbaren Energien, Prognosefehler auf dem Markt zu handeln, anstatt diese durch teurere Ausgleichsenergie bzw. Regelenergie zu begleichen. Ein liquiderer Intradaymarkt ermöglicht es daher mit der gleichen Menge an Regelreserven mehr erneuerbare Energien im Stromsystem abzusichern und so zu integrieren.

Insgesamt fördern Großbatteriespeicher damit über ihren Beitrag zur Liquidität des Intradaymarktes eine effizientere, flexiblere und nachhaltigere Stromwirtschaft. Verbraucher profitieren von einem effizienteren Strommarkt durch niedrigere Beschaffungs- und Strukturierungskosten.

## Großbatteriespeicher können wertvolle Netz- und Systemdienstleistungen bereitstellen und die Kosten senken

Ihre Flexibilität können Großbatteriespeicher nicht nur im Day-Ahead und Intradaymarkt anbieten. Batteriespeicher sind im Grunde in der Lage, alle Arten von Netz- und Systemdienstleistungen anzubieten. Hierzu gehören: Frequenzregelung bestehend aus Primärregelung, Sekundärregelung und Minutenreserve, Spannungsregelung, Schwarzstartfähigkeit, Netzengpassmanagement und Momentanreserve.

Abbildung 5 Infografik Mögliche Systemdienstleistungen von Batteriespeicher



Quelle: Frontier Economics

Bereits heute werden Batteriespeicher für verschiedene Netz- und Systemdienstleistungen genutzt bzw. eingeplant:

- **Primärregelleistung:** Der Markt für Primärregelleistung war einer der ersten Systemdienstleistungsmärkte, an dem Großbatteriespeicher ihre Flexibilität angeboten haben. Anfang 2023 waren Batteriespeicher im Markt für Primärregelleistung mit einer präqualifizierten Leistung von 630 MW stark vertreten. Bei durchschnittlich ausgeschriebener Leistung von 555 MW im Jahr 2022, dürften Batteriespeicher auch einen Großteil der bereitgestellten Leistungen ausmachen.<sup>10</sup>
- **Netzengpassmanagement:** Die deutschen Netzbetreiber bauen aktuell zwei Großbatteriespeicher als sogenannte Netzbooster und planen im aktuellen Netzentwicklungsplan<sup>11</sup> mit drei weiteren Netzboostern. Dies sind Großbatteriespeicher, die als Betriebsmittel der Netzbetreiber eingesetzt werden sollen, um die Transportkapazität bestehender Stromleitungen zu erhöhen. Diese Projekte finanzieren sich durch Reduzierung der

<sup>10</sup> Regelleistung.net, Präqualifizierte Leistung in Deutschland, Stand 1. Januar 2023.

<sup>11</sup> BNetzA (2023), Netzentwicklungsplan 2037/2045

Redispatchkosten, die im vergangenen Jahr bereits 4,25 Mrd. € betragen haben.<sup>12</sup> Sie belegen, dass Großbatteriespeicher als kritische Assets innerhalb des deutschen Stromsystems von den Übertragungsnetzbetreibern anerkannt sind.

Ein noch größeres Potential zur Verringerung der Netzenspasskosten sehen die Netzbetreiber durch den netzdienlichen Einsatz von Großbatteriespeichern im sogenannten „Netzpuffer-Konzept“, das erstmalig im aktuellen Netzentwicklungsplan vorgestellt wurde. Durch eine marktbasierete Anreizung eines netzdienlichen Einsatzes von Großbatteriespeichern könnten diese ihre Flexibilität dem Netzbetreibern zur Verfügung stellen und so zusätzliche Einnahmen erzielen und gleichzeitig die Netzenspasskosten reduzieren.

- **Spannungsregelung:** Im Kontext der Spannungsregelung haben Netzbetreiber aktuell verschiedene Möglichkeiten, die notwendige Regelungsflexibilität zu beschaffen. Die bestehenden Beschaffungswege sind dabei nicht immer transparent. Aktuell konsultiert die BNetzA daher ein Konzept zur transparenten, diskriminierungsfreien und marktgestützten Beschaffung für Blindleistung aus dem Hochspannungsnetz. In diesen Netzebenen kann in der Regel ein zusätzlicher systemischer Nutzen für die Spannungsregelung durch zusätzliche Blindleistungserbringung erzielt werden. Großbatteriespeicher sind dabei grundsätzlich in der Lage diese Systemdienstleistung bereitzustellen. So soll der Netzbooster der TransnetBW in Kupferzell an seinem Standort auch Blindleistung bereitstellen. Durch eine in Zukunft verstärkte marktbasierete Beschaffung könnte der Beitrag von Großbatteriespeichern zur Spannungsregelung noch größer ausfallen.<sup>13</sup>
- **Momentanreserve:** Im Kontext sinkender Momentanreserve und dem von den deutschen ÜNB festgestellten Momentanreservededarf stellen Batteriespeicher zukünftig ein wertvolles Potential für Momentanreserve dar, dass es zu heben gilt.<sup>14</sup>

Über die klassischen Netz- und Systemdienstleistungen hinaus sind Großbatterien in der Lage, gesicherte Leistung für kurze Zeiträume anzubieten. Auch wenn derzeit in Deutschland kein vollumfänglicher Kapazitätsmarkt implementiert ist, zeigen Erfahrungen aus dem Ausland, dass Batteriespeicher in Kapazitätsmärkten regelmäßig Zuschläge erhalten und ihr Beitrag zur ausreichenden Bereitstellung von gesicherter Leistung anerkannt wird. Bei entsprechenden rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen haben Großbatteriespeicher damit das Potential, auch im Markt für Netz- und Systemdienstleistungen erhebliche Vorteile zu generieren, die zu niedrigeren Kosten für Netz- und Systemdienstleistungen führen.

Welches Kostensenkungspotential Großbatteriespeicher dabei entfalten können, verdeutlicht die Entwicklung des Marktes für Primärregelleistung. In diesem (kleinen) Marktsegment der Frequenzregelung wurde 2014 erstmals ein Batteriespeicher zugelassen. Heute stellen Batteriespeicher ca. 9 % der präqualifizierten Leistung.<sup>15</sup> Ihr Marktanteil an der kontrahierten Leistung dürfte jedoch ein Vielfaches davon betragen. Neben den strukturellen Veränderungen

---

<sup>12</sup> BNetzA (2023), Monitoringbericht 2022; Tabelle 41

<sup>13</sup> BNetzA (2023), Festlegungsverfahren BK6-23-072

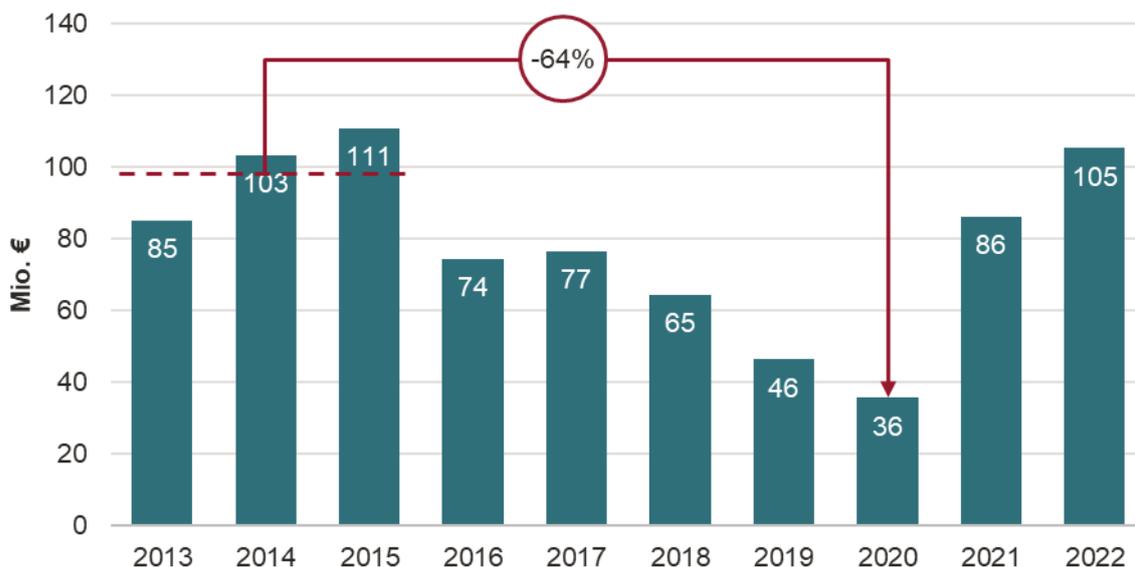
<sup>14</sup> Siehe hierzu Festlegungsverfahren der BNetzA zur marktlichen Beschaffung von Momentanreserve (Aktenzeichen: BK6-23-010), sowie BNetzA (2021), Netzentwicklungsplan 2035 Begleitdokument Systemstabilität.

<sup>15</sup> Regelleistung.net, Präqualifizierte Leistung in Deutschland, Stand 1. Januar 2023.

des Marktes für die Primärregelung, ist der Markteintritt von Batteriespeichern einer der Hauptgründe, warum die Kosten der Primärregelung in den vergangenen Jahren um ca. 64 % (verglichen mit Durchschnitt 2013 bis 2015) gefallen sind. Zwar sind die Kosten der Primärregelung im Jahr 2021 und 2022 weder gestiegen, dies ist jedoch auf Sondereffekte dieser Jahre zurückzuführen. Es ist zu vermuten, dass der Preisanstieg in diesen Jahren ohne Großbatteriespeicher deutlich höher ausgefallen wäre. Die Einsparungen für die Kontrahierung von Primärregelung führen bei Verbrauchern direkt zu reduzierten Netzentgelten.

Zwar beschränkt sich der Effekt von Batteriespeichern derzeit vor allem auf den Markt für Primärregelung, doch auf Grund der zu erwartenden und Kostendegression von Großbatteriespeichern ist damit zu rechnen, dass Großbatteriespeicher auch in weiteren Systemdienstleistungsmärkte eintreten werden und dort Wettbewerbsdruck ausüben.

**Abbildung 6** Entwicklung der Kosten von Primärregelung in Deutschland



Quelle: Frontier Economics, auf Basis von BNetzA Monitoringbericht

Hinweis: Sondereffekte 2021 und 2022

## Als modulare, dezentrale und steuerbare Erzeugungsanlagen haben Großbatteriespeicher viele weitere Vorteile

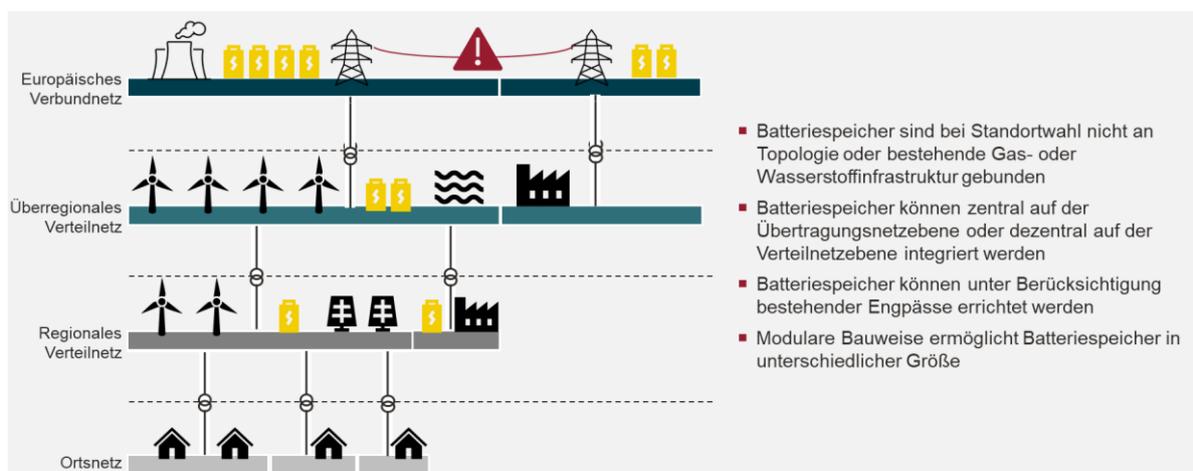
Über ihre Wirkung auf die verschiedenen Segmente des Strommarktes hinaus haben Großbatteriespeicher als modulare, dezentrale und steuerbare Anlagen viele weitere Vorteile, die das Potential der Technologie nochmals vergrößern.

Die modulare Bauweise von Großbatteriespeichern macht die Anlagen in ihrer Größe skalierbar, reduziert Bauzeiten und Konstruktionsrisiken. Dies wiederum senkt Markteintrittsbarrieren und sorgt langfristig für einen wettbewerblichen Strommarkt.

Die Bauweise und Technologie von Großbatteriespeichern bedingt zudem, dass sie im Vergleich zu anderen Kraftwerken vergleichsweise flexibel in ihrer Standortwahl sind. So sind Großbatteriespeicher in ihrer Standortwahl im Vergleich zu Pumpspeicherkraftwerken deutlich weniger durch die Geografie eingeschränkt. Im Vergleich zu Erdgas- oder Wasserstoffkraftwerken sind Großbatteriespeicher auch nicht auf Standorte in der Nähe von Erdgas- oder Wasserstoffpipelines beschränkt. So müssen Großbatteriespeicher auch nicht die Errichtung des Wasserstoff Kernnetzes abwarten, sondern können bereits geplant und errichtet werden.

Die flexible Größe von Großbatteriespeichern ermöglicht es ihnen auch, sie entweder zentral am Übertragungsnetz anzuschließen oder dezentral als Schwarm in Verteilnetzen anzusiedeln. Großbatteriespeicher können unter Berücksichtigung bestehender Engpässe errichtet werden. Hierdurch können sie sogar positive Auswirkung auf das Stromnetz haben und einen positiven Beitrag zu den gesamten Systemkosten leisten.

**Abbildung 7 Infografik: Großbatteriespeicher lassen sich flexibel in das bestehende Stromsystem integrieren**



Quelle: Frontier Economics

### Fazit:

Großbatteriespeicher sind eine Chancentechnologie und versprechen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten eine dynamische Entwicklung

Die Bedeutung von Großbatteriespeichern für das deutsche Stromsystem wird in Zukunft zunehmen. Getrieben durch stark fallende Kosten für Batteriespeicher und einer stetig wachsenden Nachfrage nach Flexibilität im Stromsystem, zeigen unsere Analysen, dass die Leistung von Großbatteriespeichern in Deutschland von derzeit 1,2 GW / 1,4 GWh bis 2030 auf 15 GW / 57 GWh und bis 2050 auf 60 GW / 271 GWh steigen kann. Sowohl bezüglich der Kostendegression als auch der Zubaurate könnten Batteriespeicher daher eine ähnlich dynamische Entwicklung haben, wie z.B. bei Photovoltaikanlagen in den vergangenen Jahren beobachtet werden konnte, jedoch ohne Förderbedarf.<sup>16</sup>

Großbatteriespeicher generieren dabei einen volkswirtschaftlichen Nutzen von mind. 12 Mrd. €

Durch die Verlagerung von Strom in Zeiten von Stromüberschuss in Zeiten mit einem Strommangel können Großbatteriespeicher einen erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen generieren. Unsere Berechnungen zeigen, dass sich der Nutzen aus dem Day-Ahead-Großhandelsmarkt allein bis zum Jahr 2050 auf etwa 12 Mrd. € beläuft und sich vor allem aus eingesparten Brennstoffkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt.

Zusätzlicher volkswirtschaftlicher Nutzen wird von Großbatteriespeichern durch die Bereitstellung von Flexibilität im Intradaymarkt und in Systemdienstleistungsmärkten, der Reduktion von Netzengpassmanagementkosten und der verbesserten Integration von erneuerbaren Energien, sowie den Folgeeffekten geringerer Strompreise und Strompreisvolatilität erzeugt.

Großbatteriespeicher senken den Großhandelspreis und die Preisvolatilität von Strom

Unsere Marktsimulationen zeigen, dass Großbatteriespeicher komplexe Preiseffekte hervorrufen können. Insgesamt zeigt sich aber, dass die preissenkende Wirkung der Speicher überwiegt. Wir haben berechnet, dass Großbatteriespeicher zwischen 2030 und 2050 im Durchschnitt den Großhandelspreis in Deutschland um ca. 1 €/MWh senken. Die preissenkende Wirkung von Batteriespeichern ist für Verbraucher größer und liegt im Durchschnitt von 2030 bis 2050 bei 1,1 €/MWh.

Großbatteriespeicher reduzieren Investitionsdruck bei Gaskraftwerken

Ein Ausbleiben der Investitionen in Großbatteriespeicher, etwa auf Grund regulatorischer Hindernisse oder mangelnder Investitionssicherheit, erfordert, dass bis zum Jahr 2030 in

---

<sup>16</sup> Siehe beispielsweise National Renewable Energy Laboratory (2023): Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2023 Update, <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85332.pdf>

Deutschland neben 26 GW neuen Gaskraftwerken zusätzliche 9 GW an Gaskraftwerke errichtet werden müssten. Auch wenn Batterien keine langfristigen Dunkelflauten absichern können, können sie dennoch kurzfristige Lastspitzen decken, erneuerbaren Strom integrieren und zudem den Einsatz von fossilen Gaskraftwerken reduzieren.

Besteht keine Möglichkeit, Großbatteriespeicher durch zusätzliche Gaskraftwerke zu ersetzen, wäre im Durchschnitt von 2030 bis 2050 mit einem um 4 €/MWh höheren Großhandelspreis zu rechnen.

### Batteriespeicher helfen Marktteilnehmern Prognosefehler auszugleichen und leisten damit einen wertvollen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien

Über den Großhandelsmarkt hinaus werden Batteriespeicher in Zukunft einen wertvollen Beitrag zur Flexibilisierung des Stromsystems leisten. Großbatteriespeicher sind in Zukunft eine der wenigen Technologien, die dem Strommarkt steuerbare Leistung zur Verfügung stellen können (dieses dann zwar sehr schnell, allerdings auch nur zeitlich begrenzt über einige Stunden). Die hohe Reaktionsgeschwindigkeit von Batteriespeichern ermöglicht es dabei, wertvolle positive und negative Flexibilität auf dem Intradaymarkt anzubieten und so die Liquidität des Intradaymarktes zu stützen. Ein liquiderer Intradaymarkt hilft Marktteilnehmern, ihre Prognosefehler auszugleichen und erneuerbare Energien effizienter in den Markt zu integrieren.

### Batteriespeicher können in einem System mit zunehmend volatilen Stromerzeugern wertvolle Netz- und Systemdienstleistungen bereitstellen und die Kosten für diese senken

Großbatteriespeicher sind im Grunde in der Lage, alle Arten von Netz- und Systemdienstleistungen anzubieten. Hierzu gehören: Frequenzregelung bestehend aus Primärregelung, Sekundärregelung und Minutenreserve, Spannungsregelung, Schwarzstartfähigkeit, Netzengpassmanagement und Momentanreserve. Darüber hinaus bieten Großbatteriespeicher in vielen Ländern über Kapazitätsmärkte gesicherte Leistung (für einige Stunden) an. Welches Kostensenkungspotential Großbatteriespeicher dabei entfalten können, verdeutlicht die Entwicklung des (kleinen) Marktes für Primärregelleistung. Neben den strukturellen Veränderungen des Marktes für die Primärregelung, ist der Markteintritt von Batteriespeichern einer der Hauptgründe, warum die Kosten der Primärregelleistung in den vergangenen Jahren um ca. 64 % gefallen sind. Auf Grund der zu erwartenden Kostendegression von Großbatteriespeichern ist damit zu rechnen, dass Großbatteriespeicher auch in weitere Systemdienstleistungsmärkte eintreten werden und dort Wettbewerbsdruck ausüben.

### Als modulare, dezentrale und steuerbare Erzeugungsanlagen haben Batteriespeicher viele weitere Vorteile

Die modulare Bauweise von Großbatteriespeichern macht die Kraftwerke in ihrer Größe skalierbar, reduziert Bauzeiten und Konstruktionsrisiken. Großbatteriespeicher sind bei Standortwahl nicht an Topologie oder bestehende Gas- oder Wasserstoffinfrastruktur gebunden und können daher in verschiedenen Größen an unterschiedlichen Stellen an das Stromnetz

angeschlossen werden. Damit können sie dort in das Stromsystem integriert werden, wo sie einen positiven Beitrag zu den gesamten Systemkosten leisten.

### Klare rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen notwendig, um Chancen von Großbatteriespeichern zu nutzen

Damit Großbatteriespeicher ihr volles Potential entfalten können, bedarf es klarer rechtlicher und regulatorischer Vorgaben, die Projektierern und Anlagenbetreibern Planungssicherheit geben und ihnen Zugang zu allen wichtigen Teilmärkten verschaffen, in denen sie Vorteile generieren. Weiter würde eine gleichberechtigte Behandlung von Batteriespeichern mit anderen Kraftwerken deren Entwicklung fördern.



Frontier Economics Ltd ist Teil des Frontier Economics Netzwerks, welches aus zwei unabhängigen Firmen in Europa (Frontier Economics Ltd) und Australien (Frontier Economics Pty Ltd) besteht. Beide Firmen sind in unabhängigem Besitz und Management, und rechtliche Verpflichtungen einer Firma erlegen keine Verpflichtungen auf die andere Firma des Netzwerks. Alle im hier vorliegenden Dokument geäußerten Meinungen sind die Meinungen von Frontier Economics Ltd.