

**SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER –  
EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?**



# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

## Kurzfassung


Die Stabilität der Netze und damit die Sicherheit der Energieversorgung ist abhängig von einem ständigen Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch. Aufgrund der Abhängigkeit Erneuerbarer Energien vom Wetter und relativ unelastischer Nachfragemuster sind anhaltend fossile Kraftwerke nötig, um die Energiesicherheit zu gewährleisten. Die daraus resultierende Doppelstruktur der europäischen Energieversorgung führt zum einen zu anhaltenden Emissionen und zum anderen zu hohen Kosten.

Mit zunehmendem technologischen Fortschritt und Skaleneffekten, maßgeblich unterstützt durch die Entwicklung in der E-Mobilität, steigt jedoch zunehmend die Wettbewerbsfähigkeit von Batterielösungen. Großbatteriespeicher, d. h. Systeme mit Kapazitäten von in der Regel mehr als 20 MW und direktem Anschluss an das Übertragungs- oder Verteilnetz, verzeichneten in diesem Zuge eine Preisreduktion von über 80 % in den letzten zehn Jahren.

Entsprechend dieser Entwicklung sowie der technologischen Eigenschaften kommen im Markt für Regelleistung<sup>1</sup> bereits deutliche Wettbewerbsvorteile zum Tragen. So können Batterien Flexibilität in beide Richtungen anbieten, während Gaskraftwerke mit ihrer Mindestleistung am Netz sein müssen und in der Folge nur geringere Flexibilität anbieten können. Auf Grund der essenziellen Bedeutung dieser Regelleistung für die Stabilität der Netze werden – zu Gunsten der Mindestleistung von Gaskraftwerken – Erneuerbare Energien abgeregelt. Batteriespeicher vermeiden ähnliche Belastungen der Netze und verbessern die Integration Erneuerbarer Energien. In der Folge würden Systemeffizienz und Kosteneffizienz profitieren.

Um einen signifikanten Zubau von Batteriespeichern zu ermöglichen sind jedoch entsprechende regulatorische Rahmenbedingungen erforderlich. Während die Investitionen in den meisten Staaten der EU noch relativ langsam verlaufen, verließ die Öffnung von Märkten

und speziellen Regelleistungprodukten für Batterien im Vereinigten Königreich der Technologie enormen Auftrieb. Heute entspricht die installierte Kapazität von Großbatteriespeichern im Vereinigten Königreich mit 1.3 GW mehr als dem doppelten der gesamten EU.

Während Aquila Capital die Hemmnisse für den Ausbau von Batteriespeichern bereits in einer Analyse im Jahr 2018 (**Insights: Aufladen im grünen Bereich**) erläuterte, zeichnet sich jedoch eine Trendwende ab. Im Vergleich zu 2018 hat die Dynamik der Preisreduktion von Batterien die Erwartungen deutlich übertroffen und es ist global eine neue Dynamik im stationären Batteriesektor zu beobachten (siehe USA, Australien). Aufgrund der Marktentwicklungen sind in den letzten Jahren weitere Länder dem regulatorischen Modell des Vereinigten Königreichs gefolgt, um Anreize für den Ausbau von Batteriespeichern zu schaffen.

Ein entsprechendes Marktumfeld ermöglicht den Batteriespeichern eine ständige Optimierung in verschiedenen Groß- und Regelleistungsmärkten. Doch die anhaltende Heterogenität der Regulatorik in Europa erfordert ein selektives Vorgehen für Investoren. Insbesondere Länder wie beispielsweise die BeNeLux Staaten, die ein entsprechendes Marktumfeld bieten, eröffnen Chancen für Investoren frühzeitig von der Entwicklung zu profitieren.

Batteriespeicher bieten über die Teilnahme am Markt für Regelleistung sowie die Optimierung am Strommarkt langfristig attraktive Geschäftsmodelle, die von der steigenden Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Kraftwerken profitieren. Gleichzeitig stabilisieren Batterielösungen die Rahmenbedingungen für Erneuerbare Energien und unterstützen damit die Energiewende. Investoren eröffnen sich im Segment der Batteriespeicher nachhaltige Anlagemöglichkeiten, die zudem die Diversifizierung innerhalb Erneuerbarer Energie Portfolien erhöhen.

## Autoren:



**Peter Schnellhammer**  
Investment Research Analyst  
peter.schnellhammer@aquila-capital.com



**Kilian Leykam**  
Investment Manager | Energy &  
Infrastructure EMEA  
kilian.leykam@aquila-capital.com

<sup>1</sup> Regelleistungen sind Reserven, die von den Netzbetreibern vorgehalten werden, um die Stabilität der Netze zu gewährleisten. Das heißt zu hohe bzw. niedrige Frequenzen auszugleichen.

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

## 1. Warum brauchen wir Batteriespeicher?

Erneuerbare Energien bilden das Fundament in der Transformation hin zu einer emissionsneutralen Industrie und Gesellschaft. Insbesondere die ausgereiften Technologien zur Wind- und Solarerzeugung bieten Möglichkeiten die Energiesysteme nachhaltig zu reorganisieren. Im Mittelpunkt der tiefgreifenden Disruption steht jedoch die Energiesicherheit als essenzieller Bestandteil sowie die Bezahlbarkeit, die jedem den Zugang ermöglicht und die grundsätzliche Akzeptanz gewährleistet. Da Erneuerbare Technologien die Netzparität<sup>2</sup> bereits signifikant überschritten haben und selbst im Vergleich zum Betrieb bestehender Thermalkraftwerke monetäre Vorteile bieten, scheint dieser Konflikt in den Hintergrund zu rücken. Doch real erreichen die Vorteile noch nicht den Verbraucher.

Die seit Beginn des Jahres 2021 fortschreitende Inflation der Energiepreise belastet private Haushalte, die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sowie die Handlungsfähigkeit der Zentralbanken schwer. Der rasante Anstieg der Strompreise erhöht dabei die Zweifel an der

europäischen Strategie. Die Entwicklungen basieren jedoch maßgeblich auf der – im Zuge der wirtschaftlichen Erholung nach der Pandemie – gestiegenen globalen Nachfrage nach fossilen Brennstoffen, die mit starken Preisanstiegen einhergeht und von der anhaltenden Importabhängigkeit Europas zusätzlich belastet wird. Im Gegensatz dazu dämpfte die Produktion Erneuerbarer Energie die Auswirkungen der hohen Preise fossiler Erzeugung.

Grund für diese Verzerrung zwischen Theorie und Wirklichkeit ist eine sehr unelastische Energienachfrage, die dazu führt, dass fossile Kraftwerke am Markt weiter den Preis setzen. Um die Stabilität der Netze zu gewährleisten, ist jedoch ein ständiges, sensibles Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch erforderlich. Während konventionelle Kraftwerke in Abhängigkeit der Nachfrage eine stabile, da regelbare, Grundlast erzeugen, sind Erneuerbare Technologien vom Wetter abhängig.

Abbildung 1: Windkraftenerzeugung in Deutschland 2019 (in GWh)<sup>3</sup>

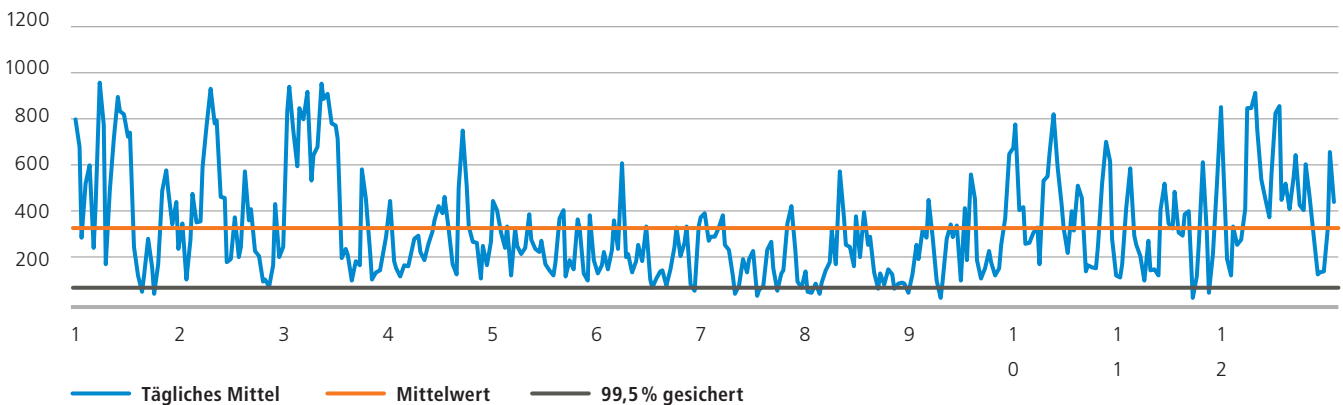


Abbildung 1 illustriert in diesem Zusammenhang die repräsentative jährliche Erzeugungskurve der Windenergie. Die tatsächlich gesicherte Leistung liegt unter dem Jahresmittel und stellt damit die Gewährleistung der Energiesicherheit vor Herausforderungen.

Aufgrund dieser Bedingungen wird die Energiegewinnung über flexible Gaskraftwerke als ideales Pendant zu volatilen Erneuerbaren Energien angesehen. Doch zum einen ist die Technologie nicht mit dem Streben nach Emissionsneutralität vereinbar, zum anderen ergeben sich anhand aktueller Preisentwicklungen und Abhängigkeiten von Exportländern Zweifel an der langfristigen Tragbarkeit des Modells.

Vorteile können jedoch über die saisonale Glättung der regenerativen Energieerzeugung generiert werden. Ein regional und technologisch diversifizierter Ansatz zeigt einen Weg auf, der eine wetterbedingte und auf Ressourcen abgestimmte Produktion und Verteilung Erneuerbarer Energien in den Mittelpunkt stellt.

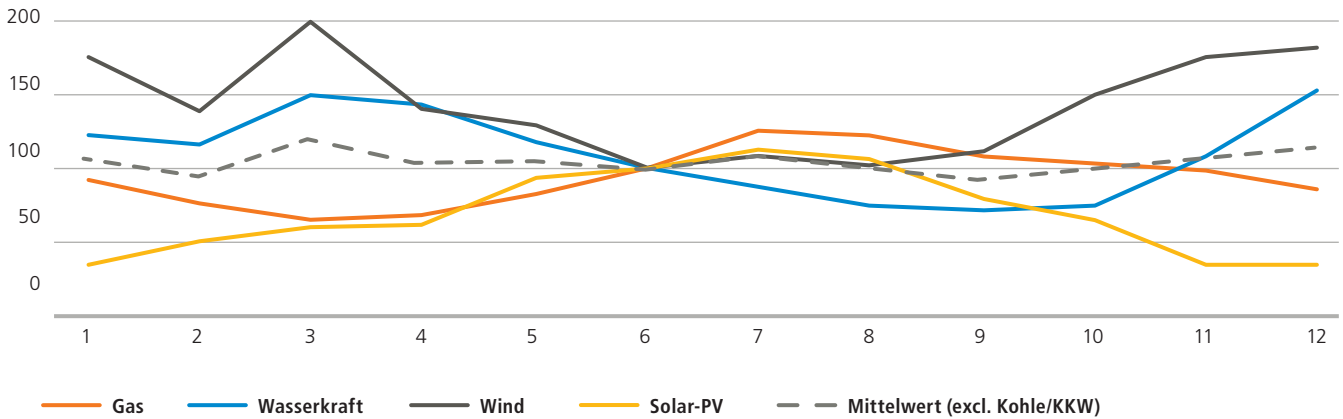
Die negativ korrelierten Technologien Solar-PV, Wind- und Wasserkraft sowie die regionalen Unterschiede zwischen Windgeschwindigkeiten an den Küsten und hoher Sonneneinstrahlung im Süden ergänzen sich gegenseitig. Am Modell der Iberischen Halbinsel kann dieser Zusammenhang gut dargestellt werden, da die natürlichen Ressourcen sehr gute und gleichwertige Bedingungen für alle drei Technologien bieten.

<sup>2</sup> Zustand in dem die Stromgestehungskosten alternativer Quellen mit denen konventioneller Kraftwerke übereinstimmen.

<sup>3</sup> Aquila Capital Research basierend auf Daten von ENTSO-E (2021)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Abbildung 2: Indexierte Produktionsprofile nach Monaten in Spanien (Mittelwert 2018, 2019, 2020)<sup>4</sup>



Resultierend ergibt sich durch einen ausgewogenen Erzeugungsmix ein deutlich geglättetes, stabiles Erzeugungsprofil, das den verbleibenden Bedarf an Speicherkapazitäten maßgeblich reduziert. Auf europäischer Ebene würde eine Integration der Energiemärkte, d.h. internationaler Netzausbau, den Speicherbedarf im Vergleich zur Autarkie um den Faktor 10 senken, wie Berechnungen des Fraunhofer-Instituts für Windenergiesysteme zeigen.

Es verbleiben jedoch signifikante tägliche Schwankungen, die durch flexible Erzeugung und Nachfrage ausgeglichen werden müssen, um die Stabilität des Stromnetzes sicherzustellen. Lithium-Ionen Batteriespeicher bieten ideale Voraussetzungen, um diese kurzfristigen Schwankungen auszugleichen und die Netze zu stabilisieren.

## 2. Technologische Rahmenbedingungen Batteriespeicher

Batterien können die Herausforderungen im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit fluktuierender Erneuerbarer Energien lösen, indem sie überschüssigen Strom für die Zeiträume speichern, in denen Wind und Sonnenenergie nicht verfügbar sind. Diese Flexibilisierung des Angebots ist die Grundvoraussetzung die Integration Erneuerbarer Energiequellen zu erhöhen und somit höhere Anteile Erneuerbarer Energie im System zu ermöglichen.

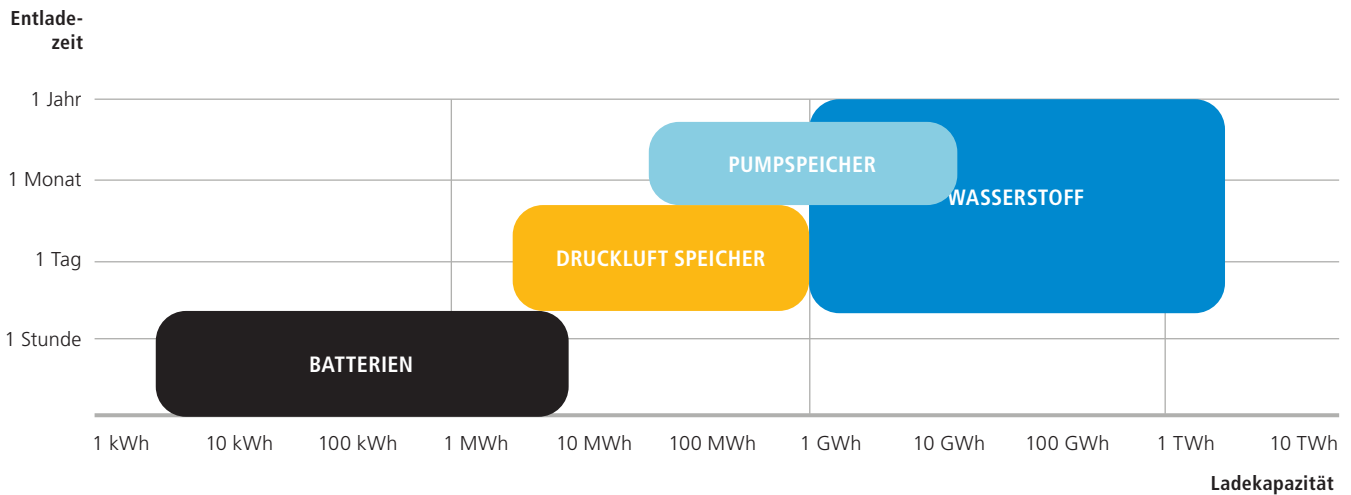
Als Kurzfristspeicher bieten Batterien ein hohes Maß an Flexibilität und erfüllen damit insbesondere zur Stabilisierung der Netze (Regelleistung) sowie zur Lastverschiebung während eines Tages die Anforderungen eines nachhaltigen auf fluktuierenden regenerativen Energiequellen basierenden Energiesystems.



<sup>4</sup> Aquila Capital Research basierend auf Daten von ENTSO-E (2021)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Abbildung 3: Vergleich Speicherlösungen<sup>5</sup>



Im Vergleich zu Langzeitspeichern weisen Batterien geringere Kapazitäten und Entladezeiten auf. Während Pumpspeicherkraftwerke und in absehbarer Zeit auch Wasserstoffanwendungen Möglichkeiten bieten mit wenigen Zyklen pro Jahr saisonale Unterschiede auszugleichen bzw. längerfristige Reserven zu bilden, können Batterien

mehrere Zyklen pro Tag durchlaufen. Insbesondere Lithium-Ionen-Batterien überzeugen durch die Fähigkeit Energie schnell wieder zur Verfügung zu stellen, wodurch sie im Vergleich zu den anderen Technologien die ideale kurzfristige Ergänzung zur schwankenden täglichen Erzeugung erneuerbaren Stroms darstellen.

## Lithium-Ionen Akkumulatoren

Lithium-Ionen Batterien stellen derzeit die führende Technologie dar. Aufgrund der hohen Energiedichte und einem daraus im Vergleich zu anderen Technologien resultierenden geringen Gewicht, sind sie unverzichtbar für tragbare elektrische Geräte sowie für die zunehmende Verwendung im Transportsektor. Zu unterscheiden sind im Bereich der Lithium-Ionen Akkumulatoren hauptsächlich die NMC Chemie (Nickel-Mangan-Kobalt) und die LFP Chemie (Lithium-Eisen-Phosphat). Die NMC Chemie war in den letzten Jahren die dominante Technologie insbesondere im Transportbereich.

Die LFP Chemie gewinnt jedoch zunehmend Marktanteile. Trotz einer geringeren Energiedichte, d.h. im Vergleich zu NMC höherem Gewicht bei gleicher Leistung, bietet diese Technologie in anderen Bereichen deutliche Vorteile. Insbesondere aufgrund der Nichtverwendung der kritischen Rohstoffe Kobalt und Nickel ergeben sich zum einen Kostenvorteile und zum anderen durch die geringere Energiedichte eine höhere thermische Stabilität, die mit geringerer Brandgefahr einhergeht.

In der Folge gewinnt die LFP Chemie zunehmend Marktanteile bei der Verwendung in batterieelektrischen Fahrzeugen (z.B. Volkswagen und Tesla) und dominiert zunehmend das Segment für stationäre Großbatteriespeicher, die im Vergleich zum Transportsektor eine deutlich geringere Sensitivität in Bezug auf das Gewicht aufweisen.

Wir als Aquila Capital setzen im Segment der Großbatteriespeicher auf die Verwendung der LFP Chemie und verbinden in diesem Zusammenhang die technischen Voraussetzungen mit unserem Fokus auf Nachhaltigkeit und soziale Aspekte.

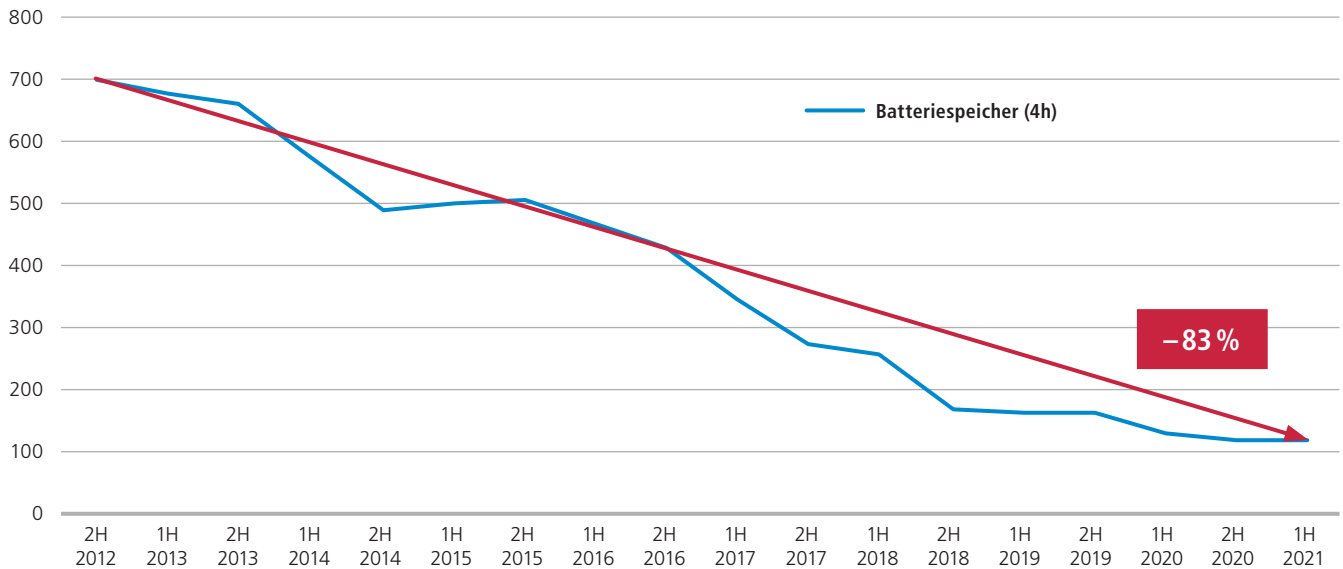
Lithium-Ionen-Batterien stellen durch einen hohen Wirkungsgrad von rund 90 % und eine hohe Energiedichte die derzeit dominierende Technologie dar. Zudem profitieren sie vom technologischen

Fortschritt und den massiven Skaleneffekten, die auf die Verwendung in der Elektromobilität zurückzuführen sind. Dieser Entwicklung entsprechend weisen Batterien enorme Preisrückgänge auf.

<sup>5</sup> Aquila Capital (illustrativ)

## SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Abbildung 4: LCOE <sup>6</sup> global benchmark (in EUR/MWh) <sup>7</sup>



Wie Abbildung 4 illustriert, sanken die Stromgestehungskosten großer Batteriespeicher um 83 % in den letzten 10 Jahren. Entsprechend dieser Entwicklung steigt die Wettbewerbsfähigkeit von Großbatteriespeichern, die sich insbesondere im Vergleich zu Gaskraftwerken misst.

Insbesondere durch die Flexibilität, d.h. schnelles An- und Abfahren entsprechend der Einspeisung aus Erneuerbaren Quellen, und im Vergleich zu Kohle scheinbar geringerer Emissionen avancierten Gaskraftwerke zur Brückentechnologie der Energiewende. Doch mit dem Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit von Batterien ist eine Trendwende zu erwarten, die signifikante Vorteile hinsichtlich der Effizienz des Energiesystems mit sich bringt. So gleichen Gaskraftwerke zwar Engpässe in der Energieversorgung aus – indem sie produzieren, wenn die Erneuerbare Erzeugung zu gering ist – bieten jedoch keine Lösung für die Überschüsse in anderen Stunden. Im Gegensatz dazu können Batterien in diesen Perioden aufgeladen werden und somit netzbedingte Abregelungen für Wind- und Solar-PV-Anlagen vermeiden. In Stunden mit geringer Produktion aus regenerativen Quellen kann der entsprechend emissionsfreie Strom zurück in das Netz gespeist werden. Zudem sinkt, bezogen auf die EU, der Bedarf

an Energieimporten, was positive Auswirkungen auf Souveränität und Energiesicherheit mit sich bringt und zudem die Auswirkungen volatiler Rohstoffpreise limitiert.

In diesem Zusammenhang lohnt sich auch ein Blick in die USA. In Kalifornien werden bereits wettbewerbsfähige großvolumige Batteriespeicher gebaut. In Kombination mit Solarparks verstetigen sie das Angebot an Erneuerbarer Energie zu Preisen, die wettbewerbsfähig gegenüber fossilen Alternativen sind. Ein vom Unternehmen 8minute derzeit entwickelter Solarpark nahe Los Angeles bietet mit einer Kapazität von 400 MWp sowie einer 4-Stunden Batterie mit 300MW/ 1200MWh erstmals Preise, die signifikant unter denen fossiler Alternativen liegen.<sup>8</sup> Zudem werden bereits stillgelegte Kapazitäten flexibler Gaskraftwerke durch neue Batterieprojekte ersetzt.<sup>9</sup> Neben der Kosteneffizienz soll so der Grundstein für die Emissionsneutralität bis 2040 gelegt werden.

Voraussetzung, um diese Entwicklung auch in Europa zu beschleunigen, sind jedoch entsprechende regulatorische Rahmenbedingungen, die den Betreibern ein positives und langfristig stabiles Marktumfeld bieten.

<sup>6</sup> Stromgestehungskosten (levelized costs of electricity)

<sup>7</sup> BNEF (2021)

<sup>8</sup> <https://www.8minute.com/2019/11/the-city-of-los-angeles-taps-8minute-solar-for-game-changing-clean-energy-project/>

<sup>9</sup> <https://www.energy-storage.news/expansion-complete-at-worlds-biggest-battery-storage-system-in-california/>

### 3. Geschäftsmodelle für Batteriespeicher

#### 3.1 Regulatorische Voraussetzungen für Investitionen in Batteriespeicher

Ausgehend von den Vorteilen die Energiespeicher mit sich bringen, entwickeln sich die regulatorischen Rahmenbedingungen ständig weiter, weisen jedoch große Unterschiede im europäischen Vergleich auf.

Die erste Generation von Batteriespeichern, die beginnend ab 2014 im Vereinigten Königreich sowie in Kontinental Europa (z.B. Deutschland) gebaut wurde, war beschränkt auf die Primärregelleistung. Zum einen wiesen die Batteriespeicher deutlich kleinere Leistungen und Speicherkapazitäten auf. Sie hatten Entladezeiträume von maximal einer Stunde oder weniger, wodurch der Einsatz in weiteren Märkten auch technologisch limitiert war. Zum anderen blieb ihnen aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen der Zugang zu weiteren Marktsegmenten verwehrt. Mit der zunehmenden Marktsättigung in der Primärregelenergie sanken die Preise und begrenzten damit die Wirtschaftlichkeit der Geschäftsmodelle.

Technologischer Fortschritt und der fundamentale Wandel im Europäischen Stromsektor führen jedoch zu einer Veränderung der Ausgangssituation. Größere Kapazitäten ermöglichen heute die

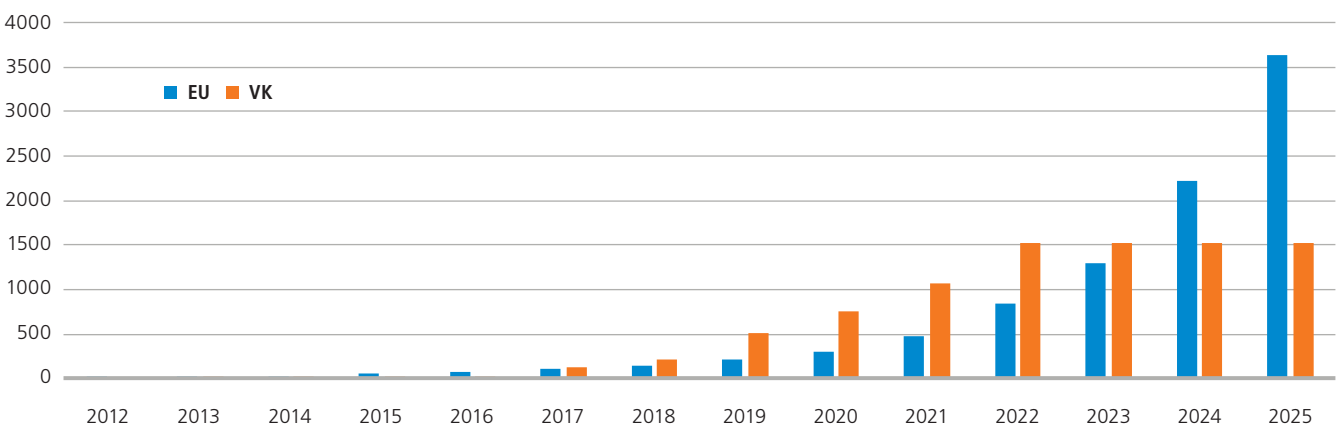
Realisierung von Skaleneffekten und längere Entladezeiträume eröffnen auf Technologiebasis auch die Möglichkeit weitere Märkte zu bedienen. Zudem erfolgten ursprünglich im Vereinigten Königreich Anpassungen der regulatorischen Rahmenbedingungen, die den Zugang in weitere Märkte ermöglichen.

Grundsätzlich lassen sich die Märkte in drei Kategorien einteilen:

- Regelenenergiemarkt: Tägliche Auktionen für Primär-, Sekundär- und Tertiärregelleistungskapazität
- Großhandelsstrommarkt: Day-Ahead, Intraday
- Langfristauktionen: Kapazitätsmärkte, Spannungskontrolle, spezielle Reserveprodukte für Batterien

Die Ausgestaltung und Maturität dieser einzelnen Marktkategorien ist in Europa noch sehr unterschiedlich ausgeprägt. Doch insbesondere die Schaffung von speziellen Regelenenergieprodukten für Batterien im Vereinigten Königreich ermöglicht die Diversifikation der Ertragsmöglichkeiten von Batteriebetreibern und reduziert damit Marktpreisrisiken. In diesem Zuge profitieren die Finanzierungsbedingungen signifikant und es entstehen die ersten Projekte, die auch das Interesse institutioneller Investoren wecken.

Abbildung 5: Entwicklung der Kapazität Großbatteriespeicher Vergleich EU und VK (in MW)<sup>10</sup>



In Abbildung 5 wird ersichtlich, dass das Marktdesign im Vereinigten Königreich Batterielösungen massiven Auftrieb verleiht. Heute ist die Kapazität von Batterien im Vereinigten Königreich mehr als doppelt so hoch wie in der gesamten Europäischen Union. Darüber hinaus befindet sich im Vereinigten Königreich eine Pipeline von 15 GW von Batterieprojekten in der Entwicklung.

Ausgehend vom Marktdesign im Vereinigten Königreich verändern jedoch auch die EU-Staaten zunehmend das Marktdesign. Die noch fehlende Harmonisierung und heterogene Strategien erfordern jedoch anhaltend ein selektives Vorgehen. So weisen zum Beispiel Italien, Portugal und Spanien weiterhin Restriktionen für die Teilnahme von Batterien am Energiemarkt auf. Es wird aber erwartet, dass die nationalen Regulatoren in naher Zukunft das Marktdesign anpassen werden und dies die Rahmenbedingungen für Batterien

<sup>10</sup> BNEF (2021)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

verbessern wird. Darüber hinaus gibt es auf EU-Ebene Projekte wie z. B. Picasso<sup>11</sup> um das Marktdesign zu harmonisieren. Insbesondere die BeNeLux-Staaten haben bereits ein Marktdesign, das sich am Markt des VK orientiert und so eine gute Grundlage für die Investition in Batterien bietet. So ermöglicht zum Beispiel der Markt in Belgien und den Niederlanden eine ständige Optimierung der Batterieerträge über verschiedene Marktsegmente insbesondere im sehr kurzfristigen und volatilen Bereich.

Neben dem Marktdesign ist vor allem die regulatorische Einordnung von Batteriespeichern entscheidend. Aufgrund ihrer Doppelrolle als Stromkonsument und Produzent besteht die Gefahr von doppelten Umlagen, Übertragungsgebühren und Steuern, die in vielen europäischen Märkten rund zwei Drittel der Konsumentenpreise verantworten.

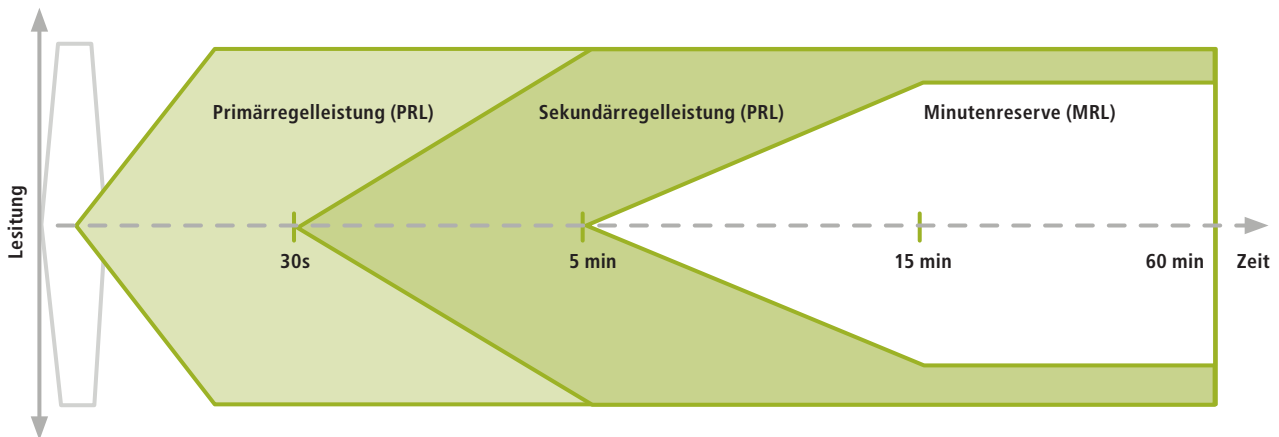
Im Nachfolgenden werden die Haupterlösquellen Regelernergie und Großhandelsstrommarkt näher betrachtet, um die Vorteile von Batterien gegenüber fossilen Kraftwerken zu definieren.

## 3.2 Regelergiemarkt

Mit dem Ausbau Erneuerbarer Energien kommt es naturgemäß in Abhängigkeit des Wetters zu höheren Schwankungen der Stromeinspeisung. Um das Stromnetz stabil zu halten ist jedoch eine gleichbleibende Frequenz (Wechselstrom) von 50 Hertz erforderlich. Die Stabilität des Netzes ist in diesem Zusammenhang abhängig von der Gewährleistung des ständigen Gleichgewichts zwischen Stromeinspeisung und Stromverbrauch. Neben der Verpflichtung für

Stromproduzenten und -versorger die Lastflüsse optimal zu planen sind Reserven notwendig. Diese Regelernergie wird vorgehalten, um im Falle einer Abweichung entweder die Stromeinspeisung zu erhöhen bzw. sie im umgekehrten Fall zu drosseln. Im Ergebnis ergibt sich ein Geschäftsmodell, das auf der Bereitstellung von Flexibilität basiert und entsprechend von den Netzbetreibern vergütet wird.

Abbildung 6: Überblick Regelernergiearten (beispielhaft für Deutschland)



Das Marktdesign für Regelernergie ist auf Europäischer Ebene noch nicht harmonisiert. Grundsätzlich unterteilt sich der Markt in den meisten Ländern, wie in Abbildung 6 ersichtlich, in drei Bereiche, die in Abhängigkeit der Bereitstellungszeit geordnet sind. Die Primärreserve verantwortet dabei den unmittelbaren Ausgleich innerhalb von Sekunden. Es folgt die Sekundärreserve mit einer Bereitstellungszeit von 5 Minuten sowie die Minutenreserve, die innerhalb von 15 Minuten einsatzbereit sein muss.

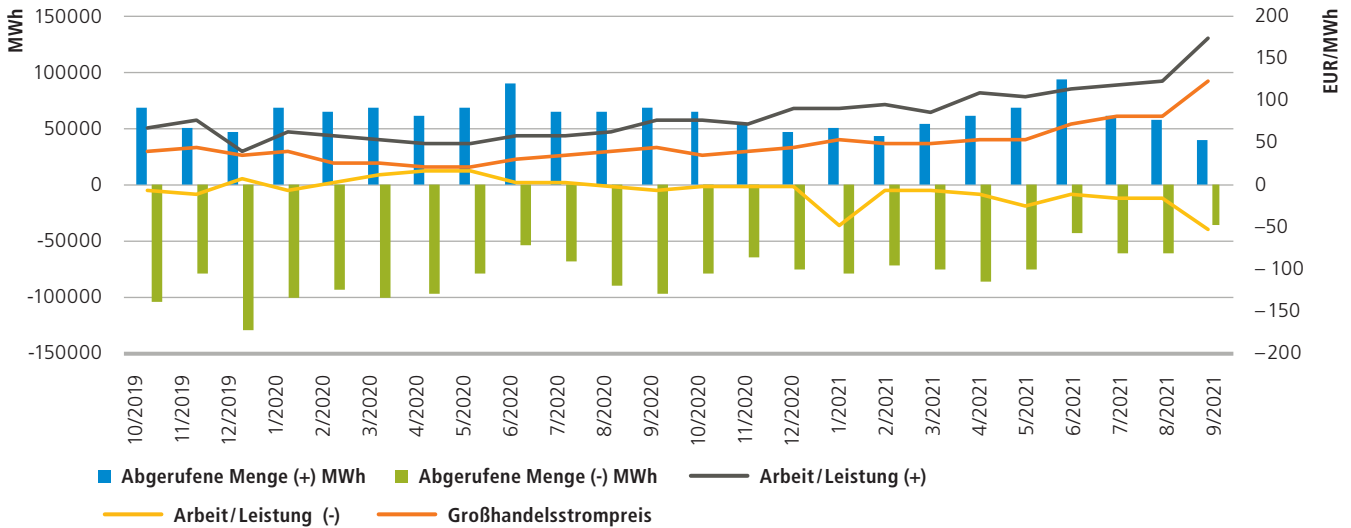
Im Rahmen der Liberalisierung der europäischen Strommärkte wird die turnusmäßig berechnete Regelleistung durch die Übertragungsnetzbetreiber ausgeschrieben. Präqualifizierte Anbieter können im Folgenden Gebote für die Bereitstellung von Flexibilität abgeben. Dabei wird zwischen der Vorhaltung (Leistungspreis) und Erbringung (Arbeitspreis) von Leistung unterschieden.

<sup>11</sup> [https://www.entsoe.eu/network\\_codes/eb/picasso/](https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/picasso/)



## SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

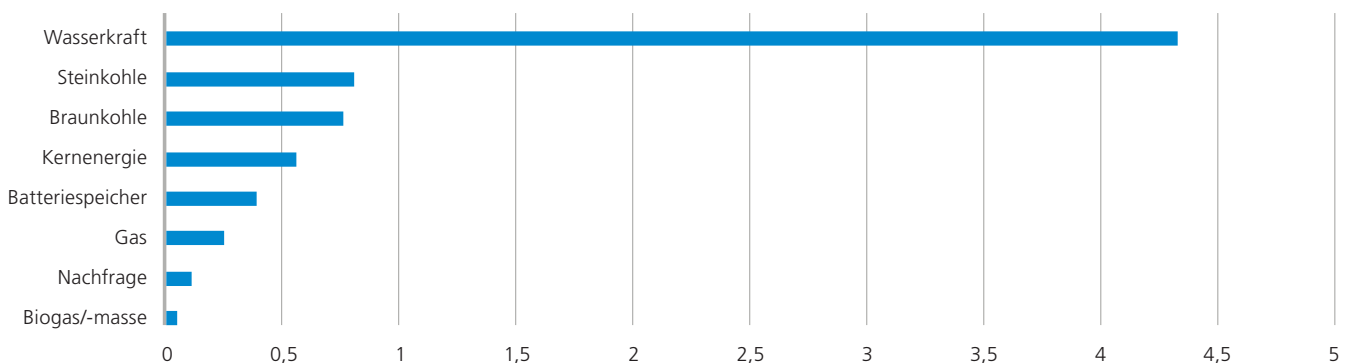
Abbildung 7: Mengen und Preisentwicklung Sekundärreserve Regenergiemarkt Deutschland im Vergleich zum Börsenstrompreis<sup>12</sup>



Am Beispiel des deutschen Marktes illustriert Abbildung 7 die Entwicklung des Regenergiemarktes. Zudem wird verdeutlicht, dass die Vergütung aufgrund der Kurzfristigkeit der Flexibilität oberhalb der des Börsenstrompreises liegt.

Batteriespeicher bieten ideale Eigenschaften für die Teilnahme am Regenergiemarkt. Erträge werden sowohl beim Laden (negative Regelleistung) als auch beim Entladen (positive Regelleistung) generiert. Aufgrund der Möglichkeit unmittelbare positive oder negative Regelleistung zur Verfügung zu stellen sind Batteriespeicher prädestiniert für die Teilnahme am Markt für Primärregelenergie.

Abbildung 8: Primärregelreserve/Präqualifizierte Leistung einzelner Technologien Deutschland (in GW)<sup>13</sup>



Scheint der Anteil der Batteriespeicher mit nur 5 % an der qualifizierten Kapazität auch gering, ergeben sich signifikante Vorteile, die zur steigenden Dominanz der Batteriespeicher im PRL-Markt beitragen.

Insbesondere die „Must-Run-Problematik“ sowie die erheblich geringere Flexibilitätsleistung fossiler Kraftwerke im Regenergiemarkt begrenzen die Integration Erneuerbarer Energien. Dieser Zusammenhang weist auch die Grenzen der als Brückentechnologie anerkannten Gaskraftwerke auf.

<sup>12</sup> Bundesnetzagentur, ENTSO-E (2021)

<sup>13</sup> <https://www.regelleistung-online.de/batteriespeicher-dominieren-den-prl-markt/> (2020)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

**Abbildung 9: Vergleich Regelleistungskapazität 100MW Batteriespeicher und 100MW Gaskraftwerk (illustrativ)<sup>14</sup>**

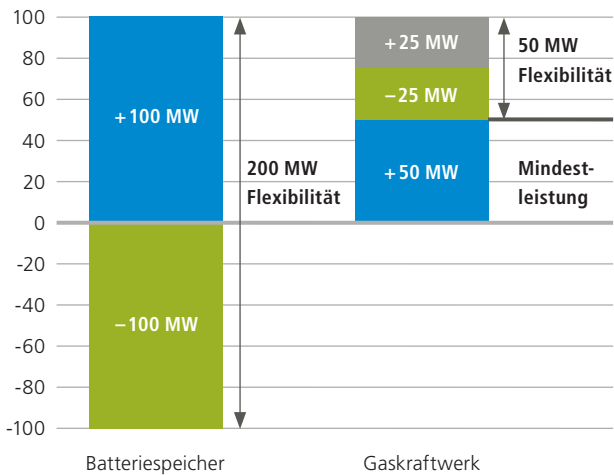


Abbildung 9 verdeutlicht die Vorteile von Batteriespeichern, die im Vergleich zu Gaskraftwerken rund die vierfache Leistung an Flexibilität bieten. Fossile Anlagen hingegen müssen ihre Mindestleistung erbringen, um überhaupt Flexibilität anbieten zu können. In diesem Zuge verdrängen sie in Zeiten hoher Erneuerbarer Produktion teilweise die Einspeisung Erneuerbarer Energien und erhöhen so die Systemkosten der Energieversorgung.

Entsprechend dieser Voraussetzungen dominieren Batteriekraftwerke zunehmend die Märkte für PRL, da sie in diesem Bereich bereits die Wettbewerbsfähigkeit erreicht haben und Regelleistung zu geringeren Preisen anbieten können.

Obwohl Batteriespeicher mit ca. 300 MW nur rund 5 % der präqualifizierten Kapazität verantworten, haben sie bereits einen Marktanteil am deutschen PRL von mehr als 50 % erreicht. Zwar wird erwartet, dass der Regelleistungsbedarf der Netzbetreiber mit dem Zubau von Erneuerbaren Energien steigt, doch größere Wachstumsmöglichkeiten für Speicher ergeben sich vor allem durch zusätzliche Erlösquellen am Großhandelsmarkt.

### 3.3 Optimierung am Grosshandelsstrommarkt

Im Zuge des Ausbaus Erneuerbarer Energien erhöht sich die Volatilität des Energieangebots. Da die Energienachfrage sehr unelastisch ist und limitierte Anpassungsfähigkeiten aufweist, erhöht ein öfter

auf tretendes Ungleichgewicht zwischen Nachfrage und Angebot die Schwankungen der Strompreise.

**Abbildung 10: Wind- und Solarproduktion sowie korrespondierender Börsenstrompreis in EUR<sup>15</sup>**

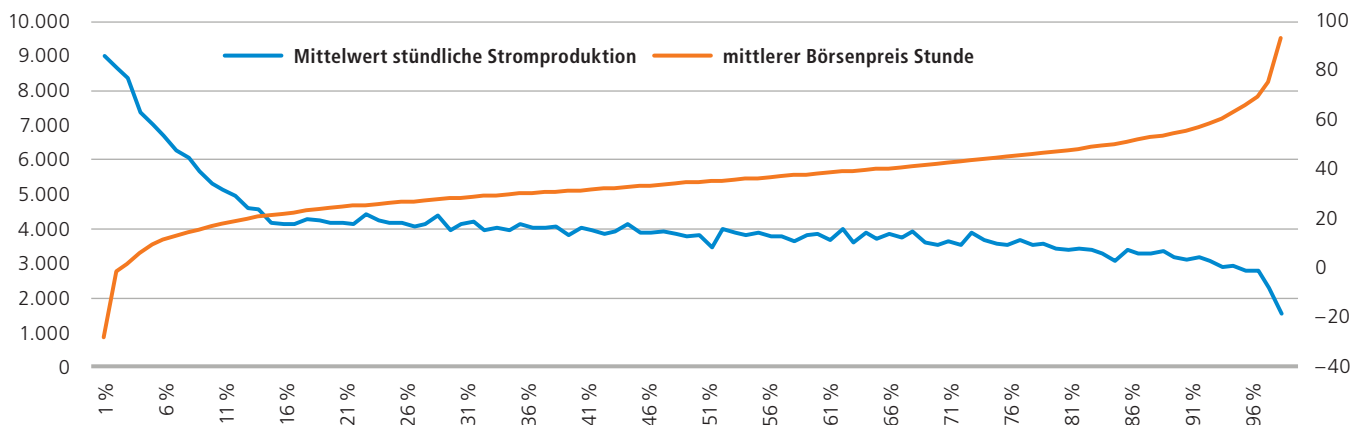


Abbildung 10 illustriert den Zusammenhang am Beispiel des deutschen Strommarktes. Hohe Einspeisung von Erneuerbaren Energien gehen mit geringen Preisen am Strommarkt einher, die in Deutschland teilweise sogar in den negativen Bereich abgleiten. Im umgekehrten Fall führt eine geringe Produktion aus regenerativen Quellen zu Stromspitzen.

Dieser Zusammenhang basiert größtenteils auf 3 Faktoren. Erstens ist die Produktion Erneuerbarer Energien wetterabhängig und damit unabhängig vom Lastprofil der Verbraucher. Zweitens erfordern Spitzenlasten, die nicht von Erneuerbaren Energien abgedeckt werden, fossile Kraftwerke – insbesondere Gas – die im Vergleich zu Erneuerbaren Energien signifikant höhere Grenzkosten aufweisen. Drittens

<sup>14</sup>IRENA (2015)

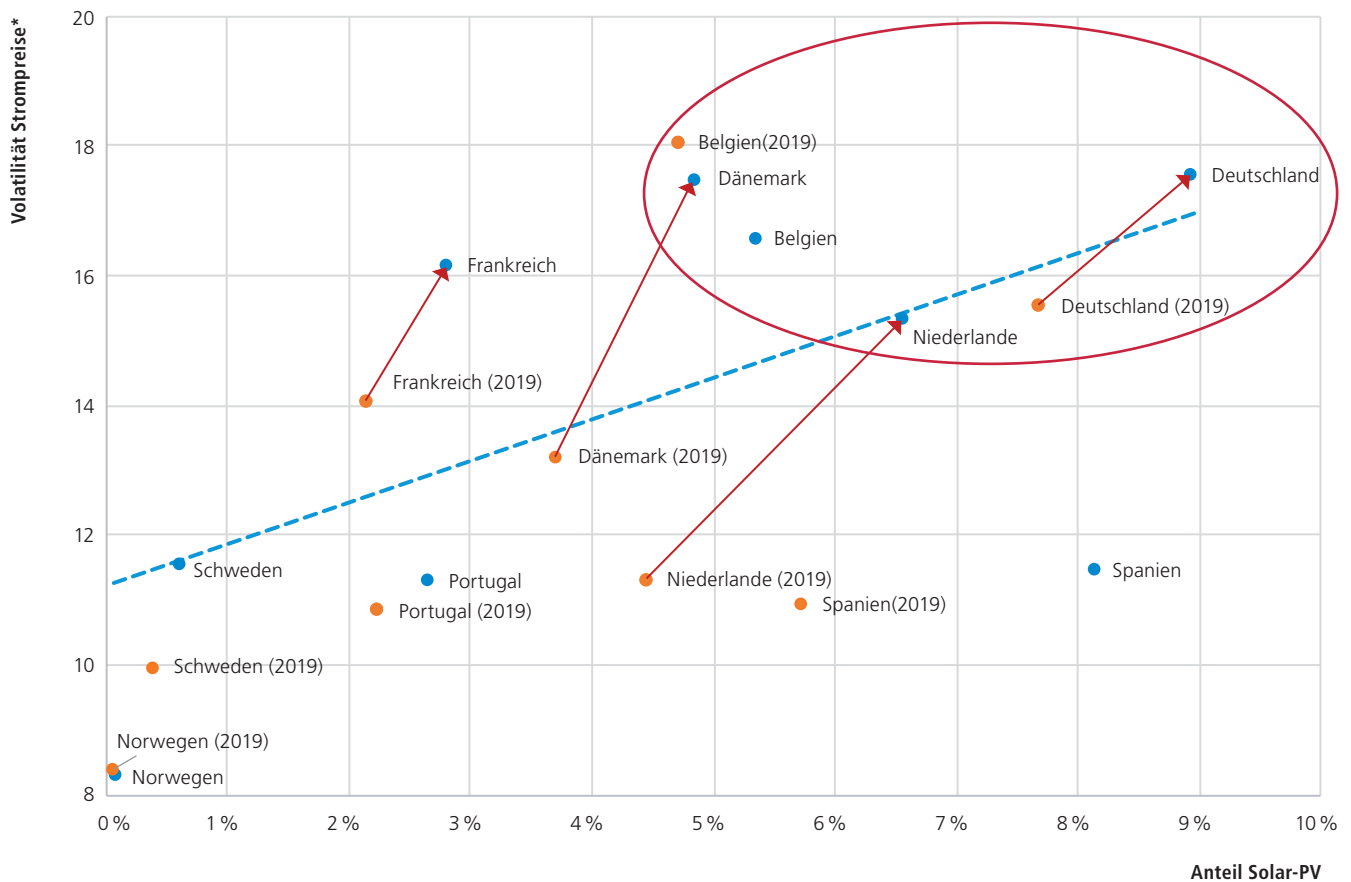
<sup>15</sup>Aquila Capital Research basierend auf Daten von ENTSO-E (2021)

## SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

weisen viele europäische Länder, wie auch Deutschland, anhaltend hohe Anteile unflexibler Kohle- und Kernkraftwerke auf. Da diese Kraftwerkstypen hohe An- und Abfahrtskosten aufweisen, ist es für die Betreiber durchaus wirtschaftlich sinnvoll bis zu einem gewissen Grad negative Preise zu akzeptieren.

Insbesondere die jeweiligen Anteile der Solar-PV Produktion am Strommix zeigen einen Zusammenhang zur Volatilität in den Märkten.

**Abbildung 11: Volatilität des Strompreises in Abhängigkeit des Anteils von Solar-PV am nationalen Erzeugungsmix (Vergleich 2019/2020)<sup>16</sup>**



Das Jahr 2020 eignet sich in diesem Zusammenhang als Prognose der weiteren Entwicklung für die kommende Dekade. Der durch die Pandemie bedingte Rückgang des Energieverbrauchs resultierte in höheren Anteilen Erneuerbarer Energie im Strommix. Abbildung 11 illustriert dabei, dass mit steigendem Anteil der Solar-PV Anteile auch die Mehrheit der Märkte signifikant höhere Volatilitäten aufweist. Ausschlaggebend ist die tageszeitliche Abhängigkeit der Solar-PV

Produktion. Beginnend mit dem Sonnenaufgang erreicht die Produktion um die Mittagszeit den Höchststand und nimmt dann wieder sukzessive ab. Die europäische Spitzenlast in den Abendstunden kann daher nicht mittels Solar-PV abgedeckt werden und erfordert zusätzliche Kapazität, zumeist aus flexiblen Gaskraftwerken, was mit erheblich höheren Kosten einhergeht.

<sup>16</sup> Aquila Capital Research basierend auf Daten von ENTSO-E und BNEF (2021)  
\* Volatilität als Standardabweichung der stündlichen Strompreise des jeweiligen Jahres

## SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Abbildung 12: Index der Solar-PV-Produktion und des Strompreises (12:00 Uhr=100) Deutschland 2020<sup>17</sup>

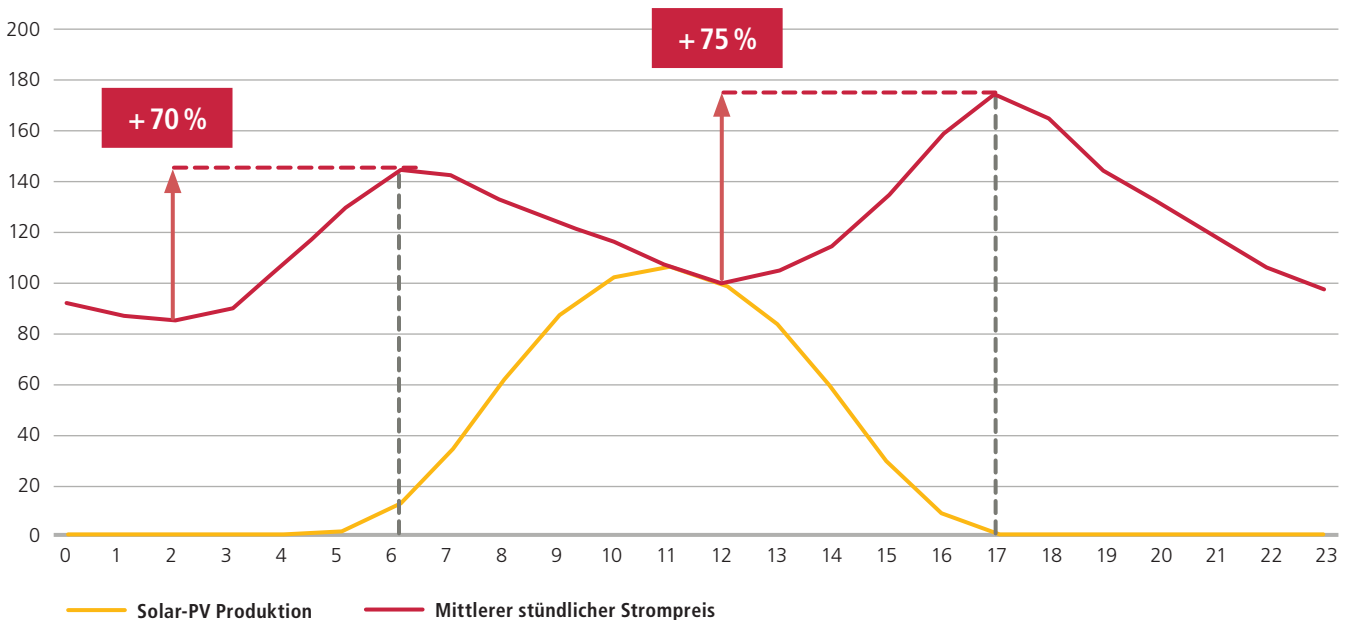


Abbildung 12 illustriert den Zusammenhang am Beispiel Deutschlands. Dargestellt sind die mittleren stündlichen Werte im Tagesablauf. Die Stromnachfrage weist in den Morgenstunden zwischen 6 und 10 Uhr sowie in den Abendstunden zwischen 16 und 18 Uhr Spitzenwerte auf. Die Produktion aus Solar-PV Anlagen hingegen erreicht naturgemäß die höchste Produktion in den Mittagsstunden, wenn die Nachfrage eher gering ausfällt. Die Produktion aus Gaskraftwerken folgt diesem Verlauf und gleicht die fehlende Solar-PV Produktion in den Morgen- und Abendstunden aus. Diese Entwicklung spiegelt sich dabei direkt im Preis wider, der sich in Abhängigkeit der Solar-PV Produktion genau entgegengesetzt entwickelt. Zwischen der Spitzenproduktion aus Solar-PV Anlagen und der Spitzenlast gegen 18 Uhr steigt der Strompreis im Jahresmittel um 75 %. Diese Lastverschiebung können Batteriespeicher leisten, in dem sie in Stunden mit hoher Solarproduktion geladen werden und in den Abendstunden entladen werden.

Dies würde zum einen die netzbedingten Abregelungen der Solar-Produktion verringern und damit die Systemkosten senken. Darüber hinaus würde es Emissionen durch Gaskraftwerke vermeiden. Die Betreiber von Speicherkraftwerken profitieren derweil von einem Preisunterschied von 75 %. Mit dem zunehmenden Abschalten von Kohlekraftwerken sowie Kernkraftwerken in Teilen Europas wird sich diese Entwicklung deutlich verschärfen und großes Potenzial für Batteriespeicher eröffnen. Insbesondere Länder mit sehr volatilen Preisen bzw. prognostiziert hohem Ausbau von Solar-PV bieten in diesem Zusammenhang attraktive Opportunitäten. Dabei stehen Batteriespeicher in direkter Konkurrenz zu Gaskraftwerken, die zwar flexibel auf die Last reagieren (gas-peaker) können, jedoch nicht in der Lage sind überschüssigen Strom zu speichern.

**Darüber hinaus bieten Batteriespeicher eine wertvolle Ergänzung für Erneuerbare Energie-Portfolios, da sie aufgrund der Lastverschiebung eine negative Korrelation zur Erneuerbaren Produktion aufweisen und somit wirkungsvoll die Diversifikation erhöhen.**

<sup>17</sup> Aquila Capital Research basierend auf Daten von ENTSO-E (2021)

#### 4. Ausblick

Mit dem Ziel der EU den Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2030 auf 65 % zu erhöhen, werden die Schwankungen am Strommarkt deutlich zunehmen. Lösungen die Flexibilität

des Angebots zu erhöhen, um das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage zu stabilisieren, sind in diesem Umfeld unverzichtbar.

Abbildung 13: Prognose des Kapazitätszubaues an Solar-PV, Wind, Kohle sowie Kernkraft in der EU (in MW)<sup>18</sup>

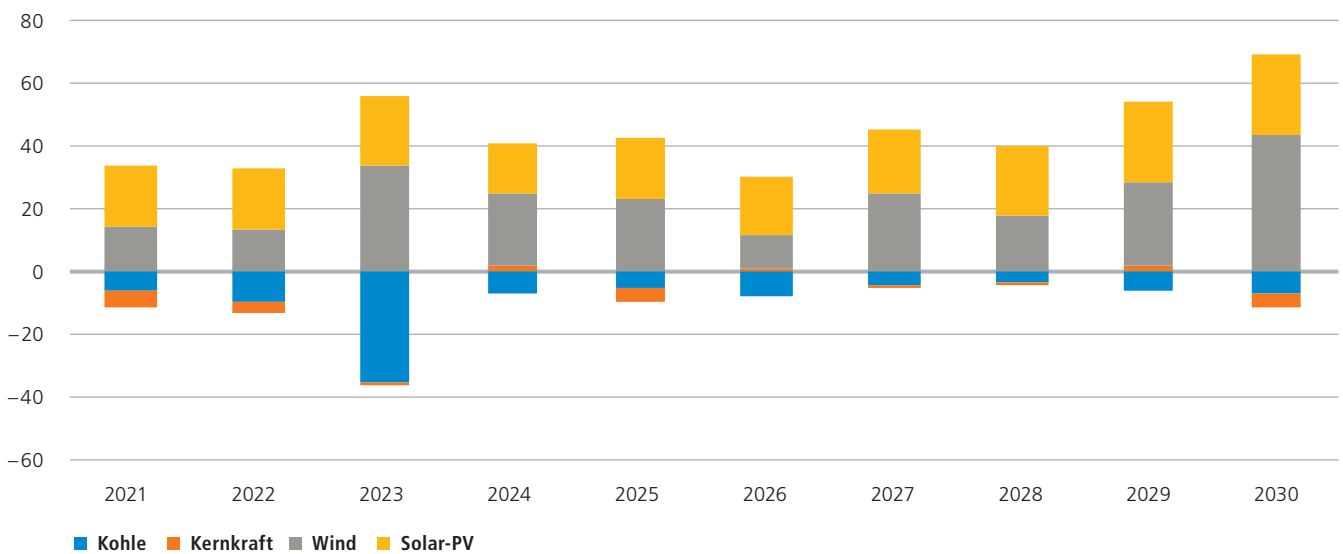


Abbildung 13 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Kapazitäten in der EU. Erwartet wird, dass sich Windkraft- und Solar-PV-Kapazitäten bis 2030 mehr als verdoppeln. Insbesondere Solar-PV Anlagen werden mit einem Wachstum von 122 % zunehmend wichtig für die Europäische Stromversorgung. Gleichzeitig sinkt die Kapazität der Kohle- und Kernkraftwerke, die anhaltend die Grundlast gewährleisten, um mehr als 70 % bzw. 10 %. Diesen Entwicklungen folgend werden auch netzbedingte Abregelungen steigen, da die Produktion Erneuerbarer Energie nicht dem Verbrauchsverhalten entspricht. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass Spitzenlasten in den Morgen- und Abendstunden durch eine voranschreitende Elektrifizierung sich zunehmend verstärken werden. Beispielsweise wird der Ausbau von Wärmepumpen zur Heizung von Gebäuden die Nachfrage in diesen Zeiträumen verstärken. In diesem Zuge können Batterien den überschüssigen Strom speichern und die Last verschieben. **So würden die ökonomischen Bedingungen für Batteriespeicher profitieren,**

**während gleichzeitig Systemeffizienz und -kosten positiv beeinflusst werden.** Insbesondere Länder, die den umfassenden Ausstieg aus grundlastfähigen fossilen- und Kernkraftwerken planen, werden hohes Potential für Batteriespeicher bieten, denn aufgefangen werden können die entsprechenden Kapazitäten nur durch die Verstärkung der Erneuerbaren Produktion. Länder wie Belgien, die einerseits das entsprechende Marktdesign aufweisen und andererseits keine Kohlekraftwerke mehr betreiben sowie bis 2025 aus der Kernkraft – die 2019 rund 50 % der Stromproduktion verantwortete – aussteigen wollen, bieten erhebliche Chancen über Batterien an dieser Entwicklung zu partizipieren.

Prognosen von Bloomberg New Energy Finance erwarten, dass der Ausbau flexibler Gaskraftwerke als Brückentechnologie sich bis 2050 innerhalb der EU verdreifacht. Doch die Wettbewerbsfähigkeit von Batteriespeichern nimmt stetig zu.

<sup>18</sup> BNEF (2021)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Abbildung 14: Prognose der Stromgestehungskosten (LCoE) Deutschland (in EUR/MWh)<sup>19</sup>

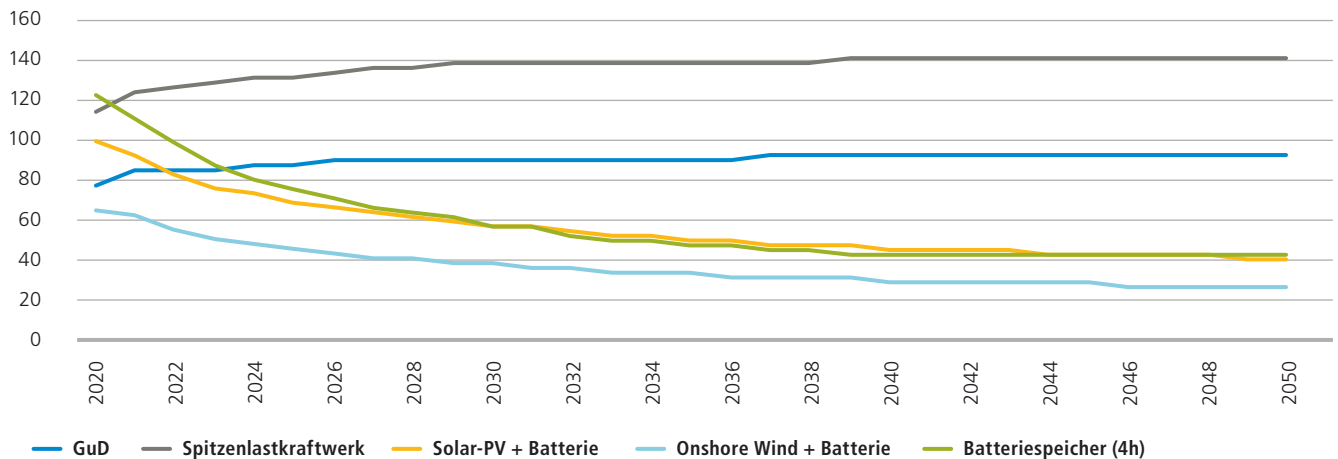


Abbildung 14 verdeutlicht, dass Batteriespeicher im Vergleich zu Gas-Spitzenlastkraftwerken (gas-peaker) bereits die Wettbewerbsfähigkeit erreicht haben und diese in den nächsten Jahren auch gegenüber hocheffizienten Gaskraftwerken entwickeln. Die stetige Zunahme dieser Dynamik zeigt sich ebenfalls im Vergleich zu unserer Marktanalyse aus dem Jahr 2018.<sup>20</sup> So liegen die Prognosen für das Jahr 2025 mit 75 EUR/MWh bereits 13 % unter dem Niveau, das 2018 erwartet wurde.

Die anhaltende Kostenreduktion ist dabei insbesondere auf den technologischen Fortschritt sowie Skaleneffekte zurückzuführen, da die den Berechnungen zugrundeliegende Eigenkapitalrendite nur marginal sinkt.<sup>21</sup>

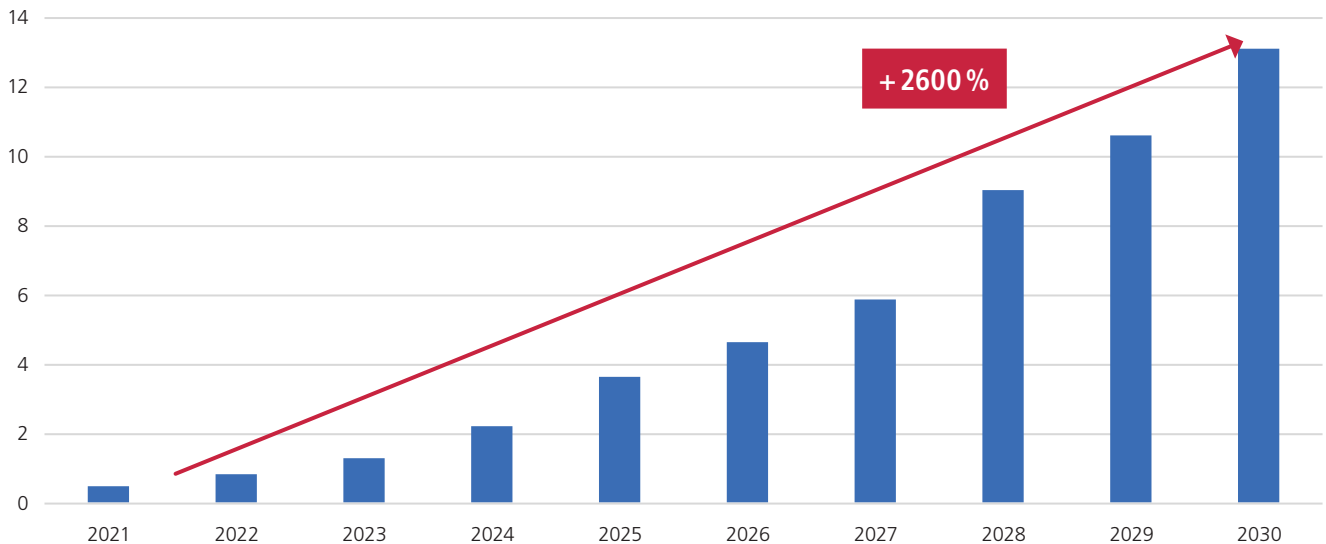
**Diesen Rahmenbedingungen folgend, entwickelt sich ein immenser Wachstumsmarkt für Batteriespeicher. Die positiven Auswirkungen auf Systemeffizienz und -kosten der Energieversorgung sowie die Vermeidung von Emissionen verleihen der Entwicklung zusätzlichen Auftrieb. Bis 2030 wird erwartet, dass Batteriespeicherkapazitäten von aktuell rund 0,5 GW auf mehr als 13GW wachsen.**

<sup>19</sup> BNEF (2021)

<sup>20</sup> Insights: Aufladen im grünen Bereich

<sup>21</sup> Annahmen Eigenkapitalkosten zur LCOE Berechnung (BNEF 2021): 2021: 9,0% / 2030: 8,7%

Abbildung 15: Prognose der Kapazität von Großbatteriespeichern in Europa (in GW)<sup>22</sup>



#### Aquila Capital Portfolio Highlights

In Belgien baut Aquila Capital mit einem Partner den bisher größten Batteriespeicher mit Anschluss an das nationale Stromnetz. Die Fertigstellung des Speichers, der eine Leistung von 25MW aufweisen wird, ist für Ende 2022 geplant. Mit einer Speicherkapazität von 100 MWh wird das Projekt eines der ersten vierstündigen Batteriespeicher in Europa sein. Darüber hinaus wird durch die Beachtung relevanter ESG-Standards sowie der Fokussierung auf nachhaltige Bauweise und Betrieb auch im europäischen Vergleich ein hoher Maßstab gesetzt.

Aufbauend auf unserer Expertise in den Energiemärkten erhöhen wir mit diesem Projekt unser Engagement zur Unterstützung der Energiewende und bieten gleichzeitig attraktive und nachhaltige Anlagemöglichkeiten für unsere Investoren. Die Realisierung des Projektes auf der Fläche eines ehemaligen Kohlekraftwerks unterstreicht dabei metaphorisch den fortschreitenden Wandel innerhalb der europäischen Energieversorgung.

<sup>22</sup> BNEF (2021)

# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

## 5. ESG-Risiken

Batteriespeicher sind eine bedeutende Technologie, die neben der Energieversorgung insbesondere durch den Mobilitätssektor getrieben wird. Um jedoch das Potential der Technologie zu nutzen und neben den Renditeaussichten auch maßgeblich zu den Nachhaltigkeitszielen beizutragen, ist eine umfassende Analyse der Wertschöpfungsketten, die sich über den gesamten Globus erstrecken, unerlässlich. Insbesondere die dominante Technologie der Lithium-Ionen führt zu einem erheblichen Rohstoffbedarf. In diesem Zusammenhang ist sicherzustellen, dass der Abbau auf sozialer und umweltbezogener Ebene hohen Ansprüchen gerecht wird. Vom Abbau der Rohstoffe über die Produktion bis hin zum Recycling muss eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt werden. So kann beispielsweise über das Recycling der Rohstoffe oder den Einsatz von erneuerbarer Energie in der Produktion der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Batterieproduktion erheblich reduziert werden.

Darüber hinaus wird die Batterieforschung entscheidende Fortschritte machen, den Bedarf an limitierten Rohstoffvorkommen zu

reduzieren und die Effizienz zu steigern. Bereits heute gibt es alternative Batteriezusammensetzungen in der dominierenden Lithium-Ionen-Technologie. Während NMC Chemie (Nickel-Mangan-Kobalt) zwar eine höhere Energiedichte aufweist, bieten LFP (Lithium-Eisen-Phosphat) geringere Kosten, da sie auf weniger knappen Rohstoffen basieren. In diesem Bereich ergeben sich zudem diversifizierte Lieferketten, während gleichzeitig soziale Aspekte (z. B. Arbeitsbedingungen) eine höhere Transparenz aufweisen.

**Um die Nachhaltigkeit der Energieversorgung in Europa zu unterstützen, dürfen weder umweltbezogene noch soziale Probleme in anderen Teilen der Welt entstehen. Die Zusammenarbeit mit Partnern, die diesen Aspekten gerecht werden, sowie die Eigeninitiative und entsprechende Kontrollmechanismen sind in diesem Umfeld von maßgeblicher Bedeutung.**

## 6. Fazit

Der zunehmende Ausbau Erneuerbarer Energien wird die Nachfrage nach Flexibilität im Stromnetz anhaltend erhöhen. Batteriespeicher bieten in Kombination mit den günstigen Erneuerbaren Energien aufgrund des technologischen Fortschritts eine kosteneffiziente und nachhaltige Alternative zu fossilen Kraftwerken.

Das im Vergleich zu Erneuerbaren Energien höhere Ertragsrisiko – aufgrund noch fehlender Absicherungsmöglichkeiten (PPA) – ist dabei differenziert zu betrachten. Während die Absicherung gegen hohe Preisschwankungen für Wind- und Solarparks die Sicherheit der Erträge gewährleistet, bieten Batterien die Möglichkeit von diesen Schwankungen zu profitieren.

Unternehmen mit Expertise im Bereich Erneuerbarer Energien und den Energiemärkten können dabei von einem frühen Einstieg in das Segment profitieren. Dienstleister die sich zunehmend auf den Handel von Flexibilität spezialisieren, bieten dabei die Möglichkeit die Erträge entsprechend der Preissignale des Marktes laufend zu optimieren. Resultierend aus den geringen Stromgestehungskosten, die auch in Summe mit Erneuerbaren Energien zunehmend unter denen fossiler Alternativen liegen, ergeben sich über die Optimierung im Stromhandel Renditepotenziale im hohen einstelligen Bereich für Batterieinvestitionen.



Neben höheren Renditeaussichten ergeben sich durch Batteriespeicher so auch positive Diversifikationsstrategien für Erneuerbare Energie Portfolien.

Während die Energiewende durch eine Erhöhung der Systemstabilität und Effizienz von den Entwicklungen profitiert, ergeben sich im aktuellen disruptiven Umfeld nachhaltige und attraktive Investmentopportunitäten.



# SYSTEMSTABILITÄT UND EFFIZIENZ DURCH BATTERIESPEICHER – EIN WENDEPUNKT DER NACHHALTIGEN TRANSFORMATION?

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte:



## Aquila Capital

Valentinskamp 70  
20355 Hamburg  
Deutschland

Tel.: +49 (0)40 87 50 50-100

E-Mail: [info@aquila-capital.com](mailto:info@aquila-capital.com)

Web: [www.aquila-capital.de](http://www.aquila-capital.de)

Folgen Sie uns auf  

Hamburg · Frankfurt · London · Luxemburg · Madrid · Lissabon · Oslo · Zürich · Invercargill · Singapur · Tokio

Dieses Dokument wurde ausschließlich zu vorläufigen Informationszwecken erstellt. Es stellt weder eine Anlagevermittlung noch eine Anlageberatung dar. Es handelt sich nicht um ein Angebot oder eine Aufforderung zur Abgabe eines Angebotes zum Kauf oder Verkauf von bestimmten Produkten, insbesondere dient jegliche Referenz zu den Beispielprodukten oder zu den indikativen Anlagebedingungen ausschließlich der besseren Verständlichkeit und Darstellung; die Inhalte des Dokuments stellen auch keine sonstige Handlungsempfehlung dar. Dieses Dokument und die darin enthaltenen Informationen können unvollständig sein und Änderungen unterliegen und sind daher als unverbindlich anzusehen. Die Aussagen entsprechen dem Stand zum Zeitpunkt der Erstellung des Dokuments und können sich im Hinblick auf die Zielsetzungen oder aus anderen Gründen ändern, insbesondere aufgrund der Marktentwicklung, Änderungen im rechtlichen, politischen und wirtschaftlichen Umfeld sowie der Folgen, die sich aus oder im Zusammenhang mit der aktuellen Corona-Pandemie ergeben können. Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen und Meinungen stammen aus Quellen, die von uns als zuverlässig und richtig beurteilt wurden. Dennoch gewährleisten wir nicht die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen und lehnen jede Haftung für Schäden ab, die durch die Nutzung der Informationen entstehen könnten. **Historische Daten sind keine Garantie für zukünftige Erträge. Aussagen über eine zukünftige wirtschaftliche Entwicklung beruhen auf Beobachtungen aus der Vergangenheit und theoretisch fundierten objektiven Verfahren, sind mithin Prognosen und als solche zu verstehen. Sie sind verschiedenen Einflussfaktoren, einschließlich der oben genannten, unterworfen. Es werden keine Zusicherungen oder Gewährleistungen dafür abgegeben, dass eine indikative Performance bzw. Rendite in Zukunft erreicht wird.**

Unter den Bezeichnungen Aquila und Aquila Capital werden Gesellschaften für Alternative Investments und Sachwertinvestitionen sowie Vertriebs-, Fondsmanagement- und Servicegesellschaften von Aquila Capital („Aquila Capital“ meint die Aquila Capital Holding GmbH und mit dieser verbundene Unternehmen i. S. d. §§15 ff. AktG) zusammengefasst.

Eine Veröffentlichung der Aquila Capital Investmentgesellschaft mbH. Stand: November 2021. Autor: Peter Schnellhammer