

# Bereitstellung von (System-) Dienstleistungen im Strom- versorgungssystem: Beitrag von Energiespeichern

Berlin, 25. Juli 2016

## Inhalt

1. Einleitung.....	3
2. Erzeugungsausgleich.....	4
2.1. Kurzfristspeicher .....	5
2.2. Langfrist- und saisonale Speicher .....	6
3. Bereitstellung von Flexibilität im Stromnetz.....	6
3.1. Netzengpassmanagement .....	7
3.2. Gradientensteuerung (Ramping).....	7
3.3. Frequenzhaltung durch Wirkleistungsregelung.....	7
3.3.1. Momentanreserve (sofortige Frequenzstützung).....	8
3.3.2. Primärregelleistung.....	8
3.3.3. Sekundärregelleistung .....	8
3.3.4. Minutenreserveleistung.....	9
3.4. Spannungshaltung und –qualität.....	9
3.4.1. Bereitstellung von Blindleistung (statische Spannungshaltung) .....	10
3.4.2. Spannungsreduktion im Einspeisefall auf der Verteilnetzebene.....	10
3.4.3. Lokale Verstetigung .....	10
3.5. Versorgungssicherheit- und Wiederaufbau .....	11
3.5.1. Schwarzstartfähigkeit.....	11
3.5.2. Unterbrechungsfreie Stromversorgung .....	11
3.5.3. Beitrag zur gesicherten Leistung.....	12
4. Fazit.....	12

**Inhaltliche Abgrenzung:**

*Das vorliegende Papier befasst sich mit den technischen Fähigkeiten von Energiespeichern. Es trifft keine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen, zu vorhandenen Kapazitäten oder zu Marktzugangskriterien wie z. B. den Präqualifikationsanforderung zur Teilnahme an den Märkten für Primärregelleistung, Sekundärregelleistung und Minutenreserve.*

## 1. Einleitung

„Stromspeicher im Stromversorgungssystem“ gemäß BDEW-Definition<sup>1</sup> spielen für das Stromversorgungssystem seit Jahrzehnten eine wichtige Rolle. So sind es bisweilen vor allem die bestehenden Pumpspeicherkraftwerke (in Deutschland ca. 7.000 MW installiert, insgesamt ca. 9.000 MW in den deutschen Regelzonen), welche bei Stromüberschüssen oder Strombedarf mittels Stromaufnahme- bzw. -abgabe für einen Ausgleich im Stromversorgungssystem sorgen. Ein weiterer Beitrag besteht in der Bereitstellung sogenannter Systemdienstleistungen. Dieses Positionspapier befasst sich thematisch nicht mit der Rolle von Erdgasspeichern.

Die Einsatzcharakteristik von Stromspeichern hat sich im Zuge der Energiewende gewandelt: Neben der Bereitstellung von Systemdienstleistungen (z. B. Regelenergie) war die Betriebsweise der klassischen Pumpspeicherkraftwerke vormals vornehmlich darauf ausgerichtet, die Fahrweise von konventionellen Kraftwerken in der Flotte eines Betreibers zu optimieren (was sich positiv auf die Anlageneffizienz der jeweiligen fossilen Kraftwerke auswirkte).

Mit dem Ausbau von Erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung und der daraus entstehenden Aufgabe, nicht bedarfsgerecht (volatil) erzeugten Strom auszugleichen, wird die Funktion der Speicher häufig auf die Ein- und Ausspeicherung des überschüssigen erneuerbaren Stroms beschränkt. Die unterschiedlichen Arten von Speichern sowie deren unterschiedliche technische Möglichkeiten sind jedoch in der Lage, einen Beitrag zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen und damit zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu leisten.

Damit dies möglich ist und Energiespeicher wirtschaftlich betrieben werden können, bedarf es jedoch eines Abbaus bestehender regulatorischer Hemmnisse, die die Integration von Speichern behindern. Der BDEW hat dem Gesetzgeber hierzu am 6. Juni 2014 konkrete Vorschläge unterbreitet.

Ferner hat sich durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien das Geschäftsfeld für Speicherbetreiber gänzlich verändert. Die bisherige Geschäftsgrundlage für Speicher, die vorhandene Spreizung der Strompreise in Hoch- und Niedrigpreiszeiten, ist nicht mehr im bisherigen Maße vorhanden und macht daher den Einsatz der Speicher zunehmend unrentabel. So kommt es heutzutage vermehrt zu Situationen, in denen Betreiber bestehender Energiespeicher vor der Entscheidung stehen, ihre Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen außer Betrieb zu nehmen, obwohl der Bedarf an Flexibilitätsoptionen im Zuge der Energiewende steigen wird.

---

<sup>1</sup> BDEW-Vorschläge zur „Definition des Begriffes ‚Energiespeicher‘“ vom 06.06.2014. Online in Internet: URL: <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energiespeicher-de>.

Im Folgenden werden die Fähigkeiten von Energiespeichern, insbesondere von Stromspeichern, zum Erzeugungsausgleich und zur Erbringung von Systemdienstleistungen näher beleuchtet, ohne jedoch Aussagen zur Wirtschaftlichkeit oder zu vorhandenen Kapazitäten zu treffen.

Das vorliegende Papier gibt vielmehr einen Überblick über die grundsätzliche technische Eignung von Energiespeichertechnologien zur Erbringung unterschiedlicher Speicherdienstleistungen. Zu beachten ist dabei, dass Energiespeicher, die ausschließlich in der Lage sind, Strom aufzunehmen (z. B. Power-to-Gas<sup>2</sup> oder Power-to-Heat<sup>3</sup>) ohne eine Rückverstromungseinheit technisch nicht dazu in der Lage sind, jene Speicherdienstleistungen bereitzustellen oder an Märkten teilzunehmen, bei denen die Stromeinspeisung erforderlich ist. Sie können jedoch Strom in Wärme oder Gas umwandeln und dadurch zur Entlastung der Stromnetzinfrastruktur durch Bereitstellung negativer Regelleistung oder der Kappung von Erzeugungsspitzen beitragen.

## 2. Erzeugungsausgleich

Infolge des steigenden Anteils dargebotsabhängiger Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung ist die durch steuerbare Erzeugungskapazitäten zu deckende Residuallast (Stromnachfrage abzüglich der dargebotsabhängigen Stromerzeugung aus Windkraft und PV) im Tages-, Wochen- und Jahresverlauf immer größeren Schwankungen unterworfen. Stromspeicher können, neben anderen Flexibilitätsoptionen wie z. B. Demand-Side-Management-Maßnahmen oder der Steuerung (Abregelung) von Windkraft- und Photovoltaikanlagen, dazu beitragen, diese Schwankungen auszugleichen und damit das Residuallastprofil zu verstetigen, indem sie in Zeiten geringer Stromnachfrage und hoher Erzeugung aus Erneuerbaren Energien eine zusätzliche Last durch Stromaufnahme bereitstellen oder umgekehrt bei niedriger Erneuerbare-Energien-Erzeugung die Stromnachfrage durch die Bereitstellung der eingespeicherten Energie decken.

Dabei sind zwei grundsätzliche Speicherarten zu unterscheiden: Energiespeicher, die Elektrizität aufnehmen und auch wieder abgeben können, z. B. Batteriespeicher oder Pumpspeicherkraftwerke, sowie sektorübergreifende<sup>4</sup> Energiespeicher, die Elektrizität aufnehmen und

---

<sup>2</sup> Power-to-Gas (P2G) ermöglicht die Überführung von Strom in die Gassektoren (Erdgas und Wasserstoff) mit einer Vielzahl energetischer oder stofflicher Nutzungsoptionen. Die Technologie lässt sich in die Verfahrensschritte „Elektrolyse“ und – optional – Methanisierung“ mit jeweils anschließender Gasaufbereitung und Nutzung oder Einspeisung ins Gasnetz unterteilen. Die Nutzungsoptionen der mittels P2G aus dem Strom- in den Gassektor überführten Erneuerbare-Energien-Strommengen sind vielfältig (jede gaswirtschaftliche Nutzungsoption ist denkbar, welche die Wasserstoff und Erdgasmärkte bieten).

<sup>3</sup> Power-to-Heat (P2H) dient der Flexibilisierung des Wärmeversorgungssystems in Verbindung mit KWK-Anlagen und Wärmespeichern, kann aber auch als teilweises Substitut für die reine Wärmeherzeugung (bspw. mit Elektroheizern in Fernwärmenetzen) genutzt werden. Im Detail zieht das P2H-Modul überschüssigen Strom aus dem Stromnetz oder EE-Einspeisernetz, der in Form von Wärme im Wärmespeicher und im Wärmenetz gespeichert wird. So können KWK-/Wärmenetz-/Speichersysteme dazu beitragen, beispielsweise die Abschaltung von Erneuerbare-Energien-Anlagen zu reduzieren, indem der EE-Strom in den Wärmebereich integriert wird.

Power-to-Heat-and-Power (P2H+P) beschreibt die Möglichkeit, mittels Power-to-Heat-Anlagen (s. o.) überschüssigen Strom aus dem Stromnetz in Form von Wärme zur Versorgung von Wärmekunden über ein Wärmenetz - ggf. mit einem zwischengeschalteten Wärmespeicher - zu nutzen und den dabei eingesparten Brennstoff der KWK-Anlage (z.B. Erdgas) zu einem späteren Zeitpunkt zu verwenden.

<sup>4</sup> „Sektorübergreifend“ beschreibt die Verknüpfung verschiedener Energiesektoren, wie z. B. den Strom- mit dem Gas- oder Wärmesektor. Im Falle der Power-to-Gas-Technologie wird elektrische Energie mittels Wasser-Elektrolyse und optionaler an-

in einen anderen Sektor überführen, z. B. „Power-to-Heat“ (P2H), „Power-to-Gas“ (P2G) oder auch „Power-to-Liquid“<sup>5</sup> (P2L). Letztere substituieren bereits ohne eine abschließende Rückverstromung Primärenergieträger (z. B. Erdgas, Kohle oder Biomasse), sodass Brennstoff eingespart werden kann.

Speicher können je nach eingesetzter Technologie grundsätzlich sowohl zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen der Residuallast, z. B. im Tagesverlauf als auch zum Ausgleich langfristiger Schwankungen, z. B. im Jahresverlauf, eingesetzt werden. Gehandelt werden Produkte zum Ausgleich kurzfristig auftretender Schwankungen am Intraday-Markt und am Regelenergiemarkt, Produkte zum Ausgleich von langfristig prognostizierten Schwankungen im Terminmarkt.

Tabelle 1: Technische Eignung unterschiedlicher Energiespeicher zum „Ausgleich der Stromerzeugung“<sup>6</sup>

Speichertechnologien		Erzeugungsausgleich (EZA)	
		Spotmärkte (Börse und OTC)	Terminmärkte (Börse und OTC)
Elektrische Energiespeicher	Doppelschichtkondensatoren (DSK)		
	Spulen (SMES)		
Elektrochemische Energiespeicher	Blei-Säure-Batterien		
	Nickel-Batterien		
	Lithium-Ionen-Batterien		
	Natrium-Batterien		
	Redox-Flow-Batterien		
Mechanische Energiespeicher	Pumpspeicher (PSW)		
	Druckluftspeicher (CAES)		
	Schwunghmassenspeicher		
	(Lageenergiespeicher)		
Thermische & chemische Energiespeicher	Power-to-Heat (P2H)		
	Power-to-Heat-and-Power (P2H+P)		
	Power-to-Gas (P2G)		
	Power-to-Gas-to-Power (P2G2P)		

  

geeignet	theoretisch geeignet (F&E-Bedarf)	technisch nicht geeignet
----------	-----------------------------------	--------------------------

## 2.1. Kurzfristspeicher

Werden Speicher zum kurzfristigen Erzeugungsausgleich am aktuellen oder dem darauffolgenden Tag eingesetzt, kann dies sowohl am Spotmarkt als auch „over the counter“ (OTC), d. h. auf Basis außerbörslicher Handelsbeziehungen, geschehen.

Gerade durch den ¼-Stunden Intraday-Spotmarkt können Speicher gut zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen, z. B. aufgrund von Prognoseabweichungen der Erneuerbaren Energien oder ungeplanter Kraftwerksausfälle eingesetzt werden und damit den Bedarf ansonsten notwendiger Regelenergieabrufe reduzieren.

---

schließender Methanisierung in chemische Energie (Gas) gewandelt und innerhalb der vorhandenen (Erd-) Gasinfrastruktur gespeichert. Hierdurch kann zukünftig nicht nur ein Beitrag für die Markt- und Systemintegration der Erneuerbaren Energien geleistet, sondern unter Umständen zusätzlich der Transportbedarf im Stromnetz durch eine Verlagerung auf das Gasnetz oder auf die bestehende Versorgungsinfrastruktur für flüssige Kraftstoffe verringert werden.

<sup>5</sup> P2L wird im Rahmen dieses Papiers nicht separat untersucht. Die durch P2L bereitgestellten Speicherdienstleistungen entsprechen jedoch denen von P2G bzw. P2G2P.

<sup>6</sup> vgl. (ff) Sterner, M; Stadler, I; Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration, Springer-Vieweg Verlag Heidelberg, Berlin, New York (2014).

## 2.2. Langfrist- und saisonale Speicher

Ist der Leistungsbedarf bereits lange im Vorfeld des eigentlichen Abrufs bekannt, kann der Handel auf Basis von Terminkontrakten bereits im Vorfeld abgeschlossen werden. Kurzzeitspeicher werden aufgrund ihrer geringen Speicherkapazität und der hohen Wertigkeit ihrer schnellen Verfügbarkeit jedoch hauptsächlich in kurzfristigen Märkten eingesetzt.

Saisonale und Langfrist-Speicher sind – mit Rückverstromungsoption - technisch geeignet, einen Erzeugungsausgleich auch über einen längerfristigen Zeitraum zu ermöglichen. Grundsätzlich denkbar ist beispielsweise die Möglichkeit, überschüssige regenerative Stromerzeugung aus den Sommermonaten mithilfe von „Power-to-Gas- Anlagen“ in der Gasinfrastruktur zu speichern, zu transportieren und diese entweder im Gassektor mit allen nachgelagerten Nutzungsoptionen einzusetzen oder in den Wintermonaten mittels Rückverstromungsoption („Power-to-Gas-to-Power“) zu nutzen.

## 3. Bereitstellung von Flexibilität im Stromnetz

Tabelle 2: Eignung unterschiedlicher Energiespeicher zur „Betriebsführung“

Speichertechnologien		Betriebsführung	
		Netzengpassmanagement (Redispatch, z.T. Spannungshaltung)	Gradientensteuerung (Ramping)
Elektrische Energiespeicher	Doppelschichtkondensatoren (DSK)		
	Spulen (SMES)		
Elektrochemische Energiespeicher	Blei-Säure-Batterien		
	Nickel-Batterien		
	Lithium-Ionen-Batterien		
	Natrium-Batterien		
	Redox-Flow-Batterien		
Mechanische Energiespeicher	Pumpspeicher (PSW)		
	Druckluftspeicher (CAES)		
	Schwungmassenspeicher (Lageenergiespeicher)		
Thermische & chemische Energiespeicher	Power-to-Heat (P2H)		
	Power-to-Heat-and-Power (P2H+P)		
	Power-to-Gas (P2G)		
	Power-to-Gas-to-Power (P2G2P)		

  

geeignet	theoretisch geeignet (F&E-Bedarf)	technisch nicht geeignet
----------	-----------------------------------	--------------------------

Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) und Verteilnetzbetreiber (VNB) sind dazu verpflichtet, einen sicheren und stabilen Betrieb des Netzes jederzeit durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten. Speicher können dazu einen Beitrag leisten. Dabei ist zu beachten, dass Großkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke am Übertragungsnetz angeschlossen werden, andere Energiespeicher jedoch überwiegend an die Hoch- und Mittelspannungsebene und zunehmend auch an die Niederspannungsebene angeschlossen sind.

Mit weiter zunehmendem Anteil dargebotsabhängiger Erneuerbarer Energien im Stromversorgungssystem erhöhen sich die Gradienten der Residuallast. Zur Beherrschung dieser steigenden Gradienten existieren heute unterschiedliche Technologien. Auch Speicher können hier durch ihre hohe Flexibilität einen relevanten Beitrag leisten.

### 3.1. Netzengpassmanagement

Für die Beherrschung von Netzengpässen stehen den Netzbetreibern verschiedene Möglichkeiten, wie z. B. Abschaltungen im Rahmen des Netzsicherheitsmanagements, zur Verfügung. Droht eine Überlastung von Stromleitungen oder Transformatoren, kann es zum sogenannten Redispatch von Erzeugungsanlagen aber auch von Stromspeichern (v. a. Pumpspeicherkraftwerken) kommen, um einen Netzabschnitt zu entlasten. Dazu werden z. B. Erzeugungsanlagen, die durch ihre Einspeisung zu einem Netzengpass führen, auf Anweisung des zuständigen Netzbetreibers in ihrer Leistung gedrosselt und dafür die Leistung alternativer Erzeugungsanlagen jenseits des Engpasses auf Anweisung erhöht. Handelt es sich dabei um einen kurzzeitigen Engpass, eignen sich Speicher mit entsprechender Kapazität gut, um die benötigte Leistungsanpassung (sowohl positive als auch negative) bereitzustellen

### 3.2. Gradientensteuerung (Ramping)

Die Bedeutung und Notwendigkeit von einigen Systemdienstleistungen werden mit dem zunehmenden Ausbau der volatilen Stromerzeugung ansteigen.

Als wesentlich ist auch das sogenannte Ramping (schnelles Ausregeln steiler Residuallastgradienten in positiver und negativer Richtung durch die Bilanzkreisverantwortlichen) zu nennen. Es resultiert v. a. aus der zunehmenden Stromeinspeisung aus dargebotsabhängigen Erneuerbaren Energien. Energiespeicher können zukünftig dazu beitragen, diese steilen Residuallastgradienten zu beherrschen.

### 3.3. Frequenzhaltung durch Wirkleistungsregelung

Um das Leistungsgleichgewicht des Stromnetzes aufrecht zu halten, können sich die ÜNB verschiedener Maßnahmen bedienen. Sofort und ohne Reaktionszeit wirksam ist die Momentanreserve. Die Wirkleistungsregelung erfolgt durch die ÜNB auf Basis von Regelleistung. Dazu zählen Primär- und Sekundärregelleistung sowie die Minutenreserve.

Tabelle 3: Eignung unterschiedlicher Energiespeicher zur „Frequenzhaltung und Wirkleistungsregelung“

Speichertechnologien		Frequenzhaltung durch Wirkleistungsregelung						
		Momentanreserve (sofortige Frequenzstützung)	Primärregelleistung		Sekundärregelleistung		Minutenreserve	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
Elektrische Energiespeicher	Doppelschichtkondensatoren (DSK)							
	Spulen (SMES)							
Elektrochemische Energiespeicher	Blei-Säure-Batterien							
	Nickel-Batterien							
	Lithium-Ionen-Batterien							
	Natrium-Batterien							
	Redox-Flow-Batterien							
Mechanische Energiespeicher	Pumpspeicher (PSW)							
	Druckluftspeicher (CAES)							
	Schwunghmassenspeicher							
	(Lageenergiespeicher)							
Thermische & chemische Energiespeicher	Power-to-Heat (P2H)							
	Power-to-Heat-and-Power (P2H+P)							
	Power-to-Gas (P2G)							
	Power-to-Gas-to-Power (P2G2P)							

geeignet      theoretisch geeignet (F&E-Bedarf)      technisch nicht geeignet

\* Durch das Abschalten von Lasten kann eine bilanzielle "Freisetzung" von pos. Regelleistung erfolgen.

Zur Teilnahme am Regelleistungsmarkt sind Energiespeicher- entsprechend den geltenden Präqualifikationsanforderungen zu skalieren, wobei u. a. Abrufdauer und die Abhängigkeit des Verhältnisses von Anlagendimensionierung zu übernommener Leistungsverpflichtung zu beachten sind. Eine Differenzierung zwischen verschiedenen Anbietern von Systemdienstleistungen sowie eine Analyse der Notwendigkeit der dargestellten Systemdienstleistungen im Netz erfolgt nicht.

### **3.3.1. Momentanreserve (sofortige Frequenzstützung)**

Momentanreserve beschreibt die derzeit im Stromversorgungssystem aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften vorhandene Reserve für ungewollte Frequenzänderungen. Sie resultiert aus den rotierenden Massen der Turbinen und Generatoren. Mechanische Energiespeicher können diese ebenfalls zur Verfügung stellen, sofern deren Maschinen drehen und stets mit dem Netz synchronisiert sind. Gleiches kann zukünftig für „Power-to-Gas-to-Power-Anlagen“ gelten.

Elektrochemische Speicher (Batteriespeicher) können ebenfalls der sofortigen Frequenzstützung auf Netzebene dienen, da in ihnen die in realen Schwungmassen gespeicherte Energie elektronisch nachgebildet werden kann. Dabei zeichnen sich Batterien vor allem durch aktive Regelung und schnelle Reaktionszeiten aus. Im Detail handelt es sich um eine Statik, die auf die Frequenzänderungsgeschwindigkeit proportional reagiert (rate of change of frequency). Die Eigenschaften der Momentanreserve können mit dem Primärregelleistungsbetrieb kombiniert werden. Dennoch werden elektrochemische Speicher gegenwärtig nicht für die Bereitstellung von Momentanreserve im Übertragungsnetz aufgrund fehlender Vergütung eingesetzt.

### **3.3.2. Primärregelleistung**

Primärregelleistung dient dem kurzfristigen Ausgleich von Last und Erzeugung und damit der Frequenzhaltung. Der Abruf erfolgt automatisch. Die abgerufene Primärregelleistung ist durch die zur Verfügung stellende Einheit nach max. 30 Sekunden zu erbringen. Derzeit wird Primärregelleistung in Europa vorwiegend durch thermische und hydraulische Anlagen (konventionelle Kraftwerke, Wasserkraftwerke, Pumpspeicherkraftwerke) bereitgestellt, die sich im Leistungsbetrieb befinden. Allerdings werden zunehmend auch Batteriespeicher in Deutschland für die Erbringung von Primärregelleistung präqualifiziert.

Bei „Power-to-Gas-to-Power-Anlagen“ ist hinsichtlich der Erfüllung der Präqualifikationsanforderungen zur Erbringung von Primärregelleistung die Technologie entscheidend, über die eine Rückverstromung erfolgt.

### **3.3.3. Sekundärregelleistung**

Sekundärregelleistung wird genutzt, um den Ausgleich zwischen Last und Erzeugung in der Regelzone wieder herzustellen und die Netzfrequenz im europäischen Verbundnetz wieder auf 50 Hz zu bringen. Anlagen, die am Sekundärregelenergiemarkt teilnehmen, werden durch den ÜNB automatisch abgerufen und müssen die angeforderte Regelleistung nach max. fünf



Minuten erbringen können. Sekundärregelleistung wird u. a. eingesetzt, um Anlagen, die Primärregelleistung vollständig erbringen, nach kurzer Zeit zu entlasten, sodass diese wiederum zum Ausgleich weiterer Frequenzabweichungen zur Verfügung stehen. Zum Einsatz kommen hier derzeit Pumpspeicherkraftwerke oder auch konventionelle GuD<sup>7</sup>- oder Kohlekraftwerke. Zur Deckung des Bedarfs an Sekundärregelleistung können perspektivisch auch weitere Energiespeicher wie elektrochemische Energiespeicher oder thermische und chemische Energiespeicher eingesetzt werden.

### 3.3.4. Minutenreserveleistung

Minutenreserve wird eingesetzt, um länger andauernde Ungleichgewichte zwischen Last und Erzeugung zu kompensieren. Der Abruf erfolgt durch den ÜNB, wobei die maximal zulässige Dauer bis zur vollständigen Erbringung 15 Minuten beträgt, sodass die Minutenreserve zur Entlastung von Anlagen im Sekundärregelenergiemarkt dient. Energiespeicher können, wie andere Kraftwerke auch, perspektivisch zur Erbringung von Minutenreserve eingesetzt werden.

### 3.4. Spannungshaltung und -qualität

Wie zur Beherrschung der steigenden Gradienten können Energiespeicher - neben anderen Technologien - auch einen relevanten Beitrag zur Spannungshaltung liefern. Die nachfolgende Tabelle gibt hierzu einen Überblick.

*[Das Thema „Kurzschlussleistung“ wird an dieser Stelle nicht behandelt.]*

Tabelle 4: Eignung unterschiedlicher Energiespeicher zur „Spannungshaltung

Speichertechnologien		Spannungshaltung und -qualität		
		Blindleistung	Spannungsreduktion Einspeisefall	Verstetigung
Elektrische Energiespeicher	Doppelschichtkondensatoren (DSK)			
	Spulen (SMES)			
Elektrochemische Energiespeicher	Blei-Säure-Batterien			
	Nickel-Batterien			
	Lithium-Ionen-Batterien			
	Natrium-Batterien			
	Redox-Flow-Batterien			
Mechanische Energiespeicher	Pumpspeicher (PSW)			
	Druckluftspeicher (CAES)			
	Schwungmassenspeicher (Lageenergiespeicher)			
Thermische & chemische Energiespeicher	Power-to-Heat (P2H)			
	Power-to-Heat-and-Power (P2H+P)			
	Power-to-Gas (P2G)			
	Power-to-Gas-to-Power (P2G2P)			

geeignet	theoretisch geeignet (F&E-Bedarf)	technisch nicht geeignet
----------	-----------------------------------	--------------------------

\* Bei elektrochemischen Energiespeichern erfolgt die Blindleistungsbereitstellung durch den Wechselrichter.

<sup>7</sup> GuD: Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk

### **3.4.1. Bereitstellung von Blindleistung (statische Spannungshaltung)**

Die Einspeisung von induktiver und kapazitiver Blindleistung ist für die Aufrechterhaltung des Spannungsniveaus im Übertragungs- und Verteilnetz sowie zur Reduzierung von Übertragungsverlusten notwendig. Für den stabilen Netzbetrieb und zum Schutz von Personen, Betriebsmitteln und Letztverbrauchergeräten wird die Spannung durch verschiedene Maßnahmen in dem zulässigen Spannungsband von +/- 10 Prozent der Nennspannung beim Letztverbraucher gehalten. Dies geschieht heute zu einem großen Teil durch Blindleistungsbereitstellung in konventionellen Kraftwerken, die gezielte Stufung von Transformatoren, Blindleistungskompensationsanlagen sowie Pumpspeicherkraftwerke. Ein Teil der Redispatchmaßnahmen im Übertragungsnetz wird zur Spannungshaltung angewiesen. Bei Reduktion von konventionellen Kraftwerkskapazitäten im Stromversorgungssystem und daraus resultierend der steigenden Transportentfernungen in den Übertragungsnetzen wird zukünftig ein erhöhter Bedarf zur Blindleistungskompensation bestehen.

Ist zu viel Blindleistung im Netz vorhanden, wird dieses unnötig belastet. Der Einsatz von Phasenschiebern zur Blindleistungskompensation führt dann zu einer Netzentlastung. Im umgekehrten Fall, wenn zu wenig Blindleistung vorhanden ist, kann mithilfe von Phasenschiebern Blindleistung erzeugt werden, die zur Erzeugung elektromagnetischer Felder und damit z. B. zum Betrieb von Elektromotoren benötigt wird. Einige Energiespeichertechnologien sind für die Blindleistungsbereitstellung sehr gut geeignet. Zum Beispiel können Pumpspeicherkraftwerke bei jedem Wirkleistungseinspeisenniveau und außerdem im sogenannten Phasenschieberbetrieb im Leerlauf, d. h. ohne Wirkleistungsabgabe, Blindleistung bereitstellen. Dadurch können sie Investitionen in alternative Blindleistungsquellen sowie spannungsbedingte Redispatchmaßnahmen reduzieren. Moderne Wechselrichter mit Leistungselektronik, wie sie auch bei einigen Energiespeichern zum Einsatz kommen, sind ebenfalls in der Lage, parallel zur Bereitstellung von Wirkleistung sowohl induktive als auch kapazitive Blindleistung einzuspeisen.

### **3.4.2. Spannungsreduktion im Einspeisefall auf der Verteilnetzebene**

Hiermit ist die lokale Spannungsabsenkung durch das Einspeichern lokal erzeugten Stroms zur Einhaltung der EN 50160 gemeint. Im Unterschied zu 3.2.1 und 3.2.2 können hier auch andere Speichertechnologien relevant werden. Einen Beitrag können in Einzelfällen elektrochemische Speicher sowie Druckluftspeicher (CAES), thermische Speicher und chemische Speicher leisten.

### **3.4.3. Lokale Verstetigung**

Hierunter versteht man die lokale Reduktion der Belastung von Netzbetriebsmitteln durch Verstetigung der Einspeiseleistung aus EE-Anlagen über die Zeit (Tag/Woche). Hierbei spielen alle elektrochemischen Speicher sowie CAES und alle thermischen und chemischen Speicher (perspektivisch) eine Rolle. Der positive, externe Effekt liegt darin begründet, dass durch die Verstetigung im Verteilnetz bestimmte Erzeugungsspitzen bereits am Ort ihres Entstehens ausgegelt werden.

### 3.5. Versorgungssicherheit- und Wiederaufbau

Tabelle 5: Eignung unterschiedlicher Energiespeicher zu „Versorgungssicherheit und Wiederaufbau“

Speichertechnologien		Versorgungssicherheit und Wiederaufbau		
		Schwarzstartfähigkeit	USV	Beitrag zur gesicherten Leistung
Elektrische Energiespeicher	Doppelschichtkondensatoren (DSK)			
	Spulen (SMES)			
Elektrochemische Energiespeicher	Blei-Säure-Batterien			
	Nickel-Batterien			
	Lithium-Ionen-Batterien			
	Natrium-Batterien			
	Redox-Flow-Batterien			
Mechanische Energiespeicher	Pumpspeicher (PSW)			
	Druckluftspeicher (CAES)			
	Schwungmassenspeicher (Lageenergiespeicher)			
	(Lageenergiespeicher)			
Thermische & chemische Energiespeicher	Power-to-Heat (P2H)			
	Power-to-Heat-and-Power (P2H+P)			
	Power-to-Gas (P2G)			
	Power-to-Gas-to-Power (P2G2P)			

  

geeignet	theoretisch geeignet (F&E-Bedarf)	technisch nicht geeignet
----------	-----------------------------------	--------------------------

#### 3.5.1. Schwarzstartfähigkeit

Die Fähigkeit zum Schwarzstart charakterisiert Stromerzeugungsanlagen, die im Fall eines großflächigen Netzausfalls in der Lage sind, ohne Versorgung aus dem öffentlichen Netz alleine wieder hoch zu fahren und somit den Wiederaufbau des Stromversorgungssystems zu initiieren. Dazu zählen Pumpspeicherkraftwerke, die im Zusammenspiel mit konventionellen Kraftwerken auch als regelbare Last eingesetzt werden können.

Die ÜNB haben für den Schwarzfall geeignete Anlagen kontrahiert, darunter bereits heute viele Pumpspeicherkraftwerke. Grundsätzlich eignen sich technisch jedoch alle Stromspeicher zur Unterstützung des Netzwiederaufbaus, wenn diese ausreichend groß sind und im Schwarzfall selektiv zugeschaltet werden können.

#### 3.5.2. Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Elektrochemische Energiespeicher können zur Gewährleistung einer „unterbrechungsfreien Stromversorgung“ (USV) eingesetzt werden. Eine USV ist ein System zur Sicherstellung der Stromversorgung energiesensibler Einrichtungen (z. B. schwarzstart(un)fähige Kraftwerke, Krankenhäuser oder Telekommunikationseinrichtungen). Durch den Einsatz von Energiespeichern kann der Betreiber einer energiesensiblen Einrichtung im Störfall im Stromnetz über einen Zeitraum von Sekunden bis zu mehreren Stunden (in Abhängigkeit von der Speicherkapazität der eingesetzten Technologie) die Stromversorgung kritischer elektrischer Verbraucher sicherstellen. Bei einem längeren Ausfall der öffentlichen Stromversorgung („Black-Out“) kann mittels USV ein kontrolliertes Abschalten dieser Lasten gewährleistet werden. Der Einsatz eines Speichers zur USV bedingt aber, dass dieser geladen vorgehalten wird.

### 3.5.3. Beitrag zur gesicherten Leistung

Die gesicherte Leistung einer Erzeugungsanlage ist die Leistung, die permanent zur Verfügung gestellt werden kann. Elektrochemische und mechanische Energiespeicher stellen, je nach Entwicklungsstand der Technologie, gesicherte Leistung für einen definierten Zeitraum zur Verfügung. Allerdings ist es unwirtschaftlich, Speicher zu dem in diesem Zusammenhang diskutierten Einsatzzweck permanent geladen vorzuhalten.

## 4. Fazit

Energiespeicher bieten perspektivisch eine Fülle von Möglichkeiten zur Bereitstellung von (System-) Dienstleistungen im Stromversorgungssystem.

Der Einsatz von Energiespeichern ist heute jedoch zumeist noch teurer als der traditioneller Anbieter von (System-) Dienstleistungen (wie konventionelle Kraftwerke). Die Energiewende erzwingt jedoch eine Veränderung des Kraftwerksparks: Der Beitrag konventioneller Kraftwerke, die bisher mehrheitlich die benötigte Flexibilität bereitstellen, nimmt ab, während der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromproduktion steigt, ohne konventionelle Kraftwerke im gleichen Maße hinsichtlich der Systemdienstleistungen zu ersetzen. Vielmehr steigt durch die Zunahme der Erneuerbaren Energien der Flexibilitätsbedarf im Stromversorgungssystem weiter an.

Es ist daher von großer Bedeutung, die Entwicklung von alternativen Optionen wie z. B. auch von Energiespeichern zur Deckung des zukünftigen Flexibilitätsbedarfs möglich zu machen.

Der BDEW weist schon lange darauf hin, dass die hier existierenden regulatorischen Hemmnisse<sup>8</sup> der Wirtschaftlichkeit und damit der Verfügbarkeit von geeigneten Optionen zur Deckung des zukünftig steigenden Flexibilitätsbedarfs und damit den durch diese Optionen erbrachten Systemdienstleistungen (vgl. Kapitel 1 und 2) entgegen wirken. Daher sollte unter energiewirtschaftlichen sowie unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten geprüft werden, inwieweit Energiespeicher langfristig mit Umlagen belastet werden sollten.

Und schließlich muss die Weiterentwicklung des Marktdesigns (Strom) u. a. auch die wettbewerbliche Ermittlung des Preises für die durch Flexibilitätsoptionen erbrachten Systemdienstleistungen berücksichtigen.

---

<sup>8</sup> vgl. BDEW-Vorschläge zur „Definition des Begriffes ‚Energiespeicher‘“ vom 06.06.2014. Online in Internet: URL: <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energiespeicher-de>.

**Gesamtverantwortung:**

Dr. Maren Petersen  
Leitung des Geschäftsbereichs Erzeugung  
Telefon: +49 30 300199-1300  
Email: maren.petersen@bdew.de

**Projektleitung und inhaltliche Fragen:**

Mathias Timm  
Fachgebietsleiter Energiespeicher und Wasserkraft  
Telefon: +49 30 300199-1316  
mathias.timm@bdew.de