

# Energiespeicher - Stand, Perspektiven und Wirtschaftlichkeit

## 1 Abstract

Die Studie im Auftrag der Unternehmensberatung boardeleven befasst sich sowohl mit dem Stand der Technik von Energiespeichern als auch deren energiewirtschaftlichem Potenzial und der Wirtschaftlichkeit. Die verschiedenen Speichertechnologien werden hinsichtlich ihrer wichtigsten Charakteristiken und Anwendungsbereiche untersucht und miteinander verglichen. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung beschränkt sich auf Pumpspeicherkraftwerk, Druckluftspeicher, Natrium-Schwefel-Batterie und die Gasturbine als Konkurrenztechnologie.

## 2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

In Zeiten unberechenbarer Energiepreise, der Ressourcenknappheit und der allgegenwärtigen Klimadebatte kommt der effizienteren Verwendung fossiler Energieträger sowie der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien eine Schlüsselrolle zu. Energiespeicher können sowohl zur verbesserten Betriebsweise konventioneller Anlagen als auch für die Entkopplung angebotsabhängiger regenerativer Energieerzeugung dienen und sind somit zur Sicherstellung einer zuverlässigen und nachhaltigen Energieversorgung unverzichtbar.

Ziel dieser Studie ist es die wichtigsten Energiespeicher zu identifizieren und darzustellen. Energiewirtschaftliche Potenziale sollen aufgezeigt und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden.

### 3 Vorgehensweise

Zunächst werden verschiedene Methoden der Energiespeicherung vorgestellt. Der heutige Stand der Speichertechnik wird erläutert und hinsichtlich eines weiteren technischen Entwicklungspotenzials untersucht. Neben großtechnischen Anlagen zur Energiespeicherung, wie Pumpspeicherkraftwerken, werden Speichertechnologien aus anderen Anwendungsbereichen dargestellt, die theoretisch zur Stromspeicherung im größeren Ausmaß verwendet werden könnten. Dazu zählen Akkumulatoren aus tragbaren Geräten oder Elektrofahrzeugen, desgleichen kurzzeitige Speicher wie Schwungräder oder supraleitende Spulen. Diese könnten bei ausreichender Dimensionierung auch die erzeugte Elektrizität eines Kraftwerks zwischenspeichern. Es werden zudem bislang nicht serienreife Methoden, wie z.B. die Wasserstoffspeicherung, dargestellt.

Anschließend werden die Kerneigenschaften der verschiedenen Speichertechnologien gegenübergestellt und ein Überblick über das energiewirtschaftliche Potenzial von Energiespeichern und deren möglicher Einsatzgebiete gegeben.

Die Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern für die großtechnische Anwendung wird an Hand von vier Beispielen untersucht. Die Gasturbine wird dabei als Referenztechnologie herangezogen. Die Erlöse werden in dieser Berechnung ausschließlich am Regelleistungsmarkt erzielt.

## 4 Ergebnisse

Abbildung 1 gibt einen Überblick der einzelnen Speichersysteme hinsichtlich üblicher Systemgröße und Entladungszeit.

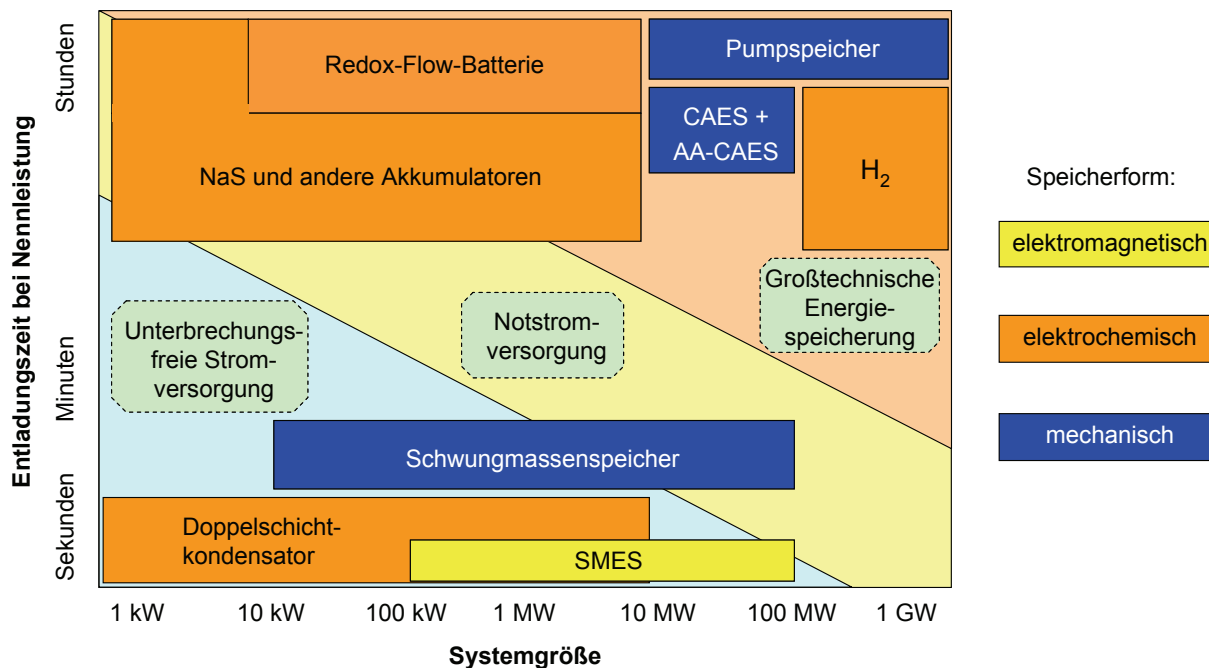


Abbildung 1: Speichersysteme für elektrische Energie

Der Einsatz reicht vom Energiemanagement (Planung, Errichtung und Betrieb energietechnischer Anlagen), der Verbesserung der Netzspannungsqualität und der Gewährleistung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV), bis zum tageszeitlichen Ausgleich von Nachfrageschwankungen. Auch die Überbrückung längerer Netzengpässe o. ä. (Notstromversorgung) kann mit verschiedenen Speichersystemen realisiert werden. Elektrische Speicher wie Hochleistungs- und Hochenergie-Superkondensatoren und Supraleitende Magnetfeldspeicher (SMES) werden für sehr kurzfristige Schwankungen in der Stromversorgung verwendet. Elektrochemische Speicher decken einen Leistungsbereich von wenigen kW bis mehreren MW ab und liefern Energie über Minuten bis Stunden. Akkumulatoren spielen insbesondere in Kombination mit netzfernen Photovoltaik- und Windkraftanlagen eine Rolle. In Verbindung mit Windenergieanlagen werden bei Inselsystemen heutzutage bereits Schwungradspeicher und Akkumulatoren eingesetzt. Diese dienen in der Regel zur Verbesserung der Spannungsqualität und im Falle einer Windflaute oder Sturmabschaltung der Überbrückung der Zeit, bis ein bereitstehendes Dieselaggregat zugeschaltet ist.

Pumpspeicherkraftwerke sind zwar technisch ausgereift, durch eine geringe Zahl geeigneter Standorte ist das weitere Ausbaupotenzial bei akzeptablen Investitionskosten jedoch begrenzt. Die verstärkte Anbindung von Pumpspeicherkraftwerken bedarf zudem erheblicher Investitionen in das Übertragungsnetz. Durch zahlreich vorhandene Salzstöcke sind in Norddeutschland die Voraussetzungen für Druckluftspeicher gegeben. Sie sind zwar technisch ausgereift, aufgrund des geringen Wirkungsgrades aber weniger

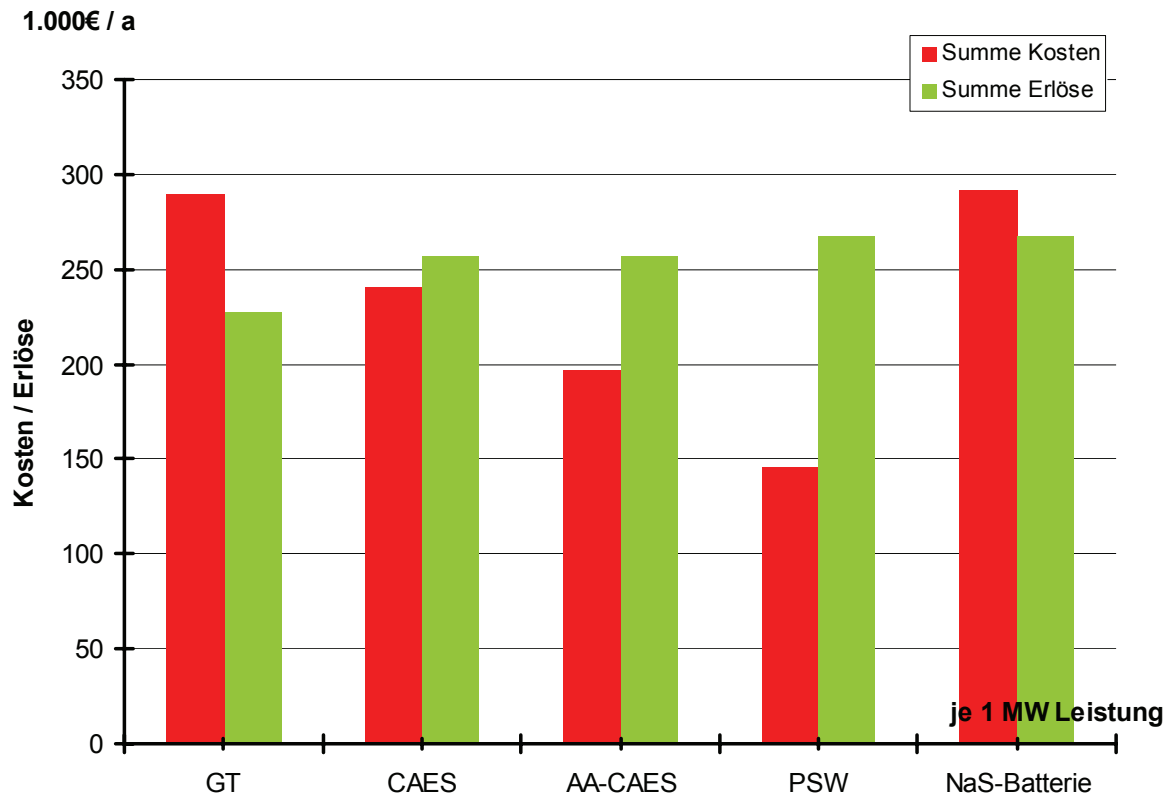
wirtschaftlich als Pumpspeicherkraftwerke. AA-CAES (Advanced adiabatic compressed air energy storage) -Kraftwerke weisen einen höheren Wirkungsgrad auf, sind aber noch in der Entwicklungsphase. Akkumulatoren für den großtechnischen Einsatz sind derzeit sehr teuer, jedoch ist hier mit weiteren Innovationen zu rechnen. Die Wasserstofftechnik hat ebenfalls ein hohes technisches Potenzial, die elektrolytische Wasserstoffherzeugung mit anschließender Verstromung hat allerdings einen geringen Gesamtwirkungsgrad. Der Einsatz des durch regenerative Energien erzeugten Wasserstoffs als Kraftstoff für Fahrzeuge erscheint hier vorteilhafter.

Der noch junge Markt zur Bereitstellung von Regelleistung wird überwiegend durch die Regelung der Kraftwerke selbst bedient, stellt jedoch auch einen großen und aufgrund des Ausbaus fluktuierender, erneuerbarer Energien, wachsenden Zielmarkt für Energiespeicher dar. Zudem ist anzunehmen, dass sich durch einen erhöhten Anteil erneuerbarer Energien die Preisspanne an der Strombörse vergrößern wird. Dies wird zu einer besseren Wirtschaftlichkeit von Speichern führen, die für den Peak-Shaving-Betrieb eingesetzt werden. Da der Ausbau von Energiespeichern jedoch den gegenteiligen Effekt auf den EEX-Preis ausübt, ist mit einer Obergrenze an benötigter Speicherleistung zu rechnen.

Der Ausgleich von Prognosefehlern im Zusammenhang mit dem Ausbau von Wind- und Solarkraft eröffnet ein weiteres wachsendes Potenzial an benötigten Speichern. Zukünftige Bedeutung könnte auch die Idee haben, durch den Einsatz des Energieträgers Wasserstoff in Verbindung mit leistungsstarken Offshore-Windkraftparks eine Alternative zum sonst notwendigen Stromnetzausbau zu bieten.

Elektrostraßenfahrzeuge können in absehbarer Zeit eine größere Rolle im Straßenverkehr spielen. Die in ihnen enthaltenen Akkumulatoren würden in Summe einen beträchtlichen Energiespeicher darstellen, der durch ein intelligentes Energiemanagement zur Stabilisierung des Stromnetzes und zur Einbindung erneuerbarer Energieträger beitragen könnte.

Die Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern wurde anhand des Regelleistungsbetriebes von Pumpspeicherkraftwerk, CAES, AA-CAES, NaS-Akkumulator und der Konkurrenztechnologie Gasturbine untersucht. **Abbildung 2** zeigt Kosten und Erlöse dieser Anlagen im Fall der Bereitstellung von Regelleistung



**Abbildung 2:** *Kosten und Erlöse verschiedener Anlagen zur Bereitstellung von Regelleistung*

Die Ergebnisse zeigen, dass Speicherkraftwerke, die Regelleistung bereitstellen, bereits heute Gewinn erwirtschaften können. Pumpspeicherkraftwerke sind dabei die wirtschaftlichste Variante, was in Übereinstimmung mit deren weltweiten Nutzung steht.

Ein AA-CAES-Kraftwerk könnte eine wirtschaftliche Alternative sein, deren technische Umsetzung allerdings noch abgewartet werden muss. Das CAES-Kraftwerk erwirtschaftet in der Berechnung noch Gewinn, durch die notwendige Kombination mit einer Gasturbine besteht jedoch das Risiko steigender Gaspreise. Eine mögliche nachträgliche Umrüstung zu einer AA-CAES-Anlage wäre eine Absicherung gegen dieses Risiko.

Aufgrund der sehr hohen Kapitalkosten arbeitet die NaS-Akkumulatoranlage hier nicht kostendeckend. Im Gegensatz zu den anderen Speichern kann beim NaS-Akkumulator aber mit zukünftig sinkenden Investitionskosten gerechnet werden. Die Wirtschaftlichkeit der Gasturbine hängt entscheidend vom Gaspreis und den Kosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate ab. Sie ist besonders bei sinkenden Gaspreisen konkurrenzfähig, jedoch nicht im Fall der für das Jahr 2007 veranschlagten Kosten.

|                  |   |
|------------------|---|
| Auftraggeber:    | boardeleven Management Consultants                                      |
| Ansprechpartner: | Dipl.-Phys. T. Staudacher   |
| Bearbeiter:      | Dipl.-Phys. T. Staudacher, Dipl.-Ing. S. von Roon, Dipl.-Ing. G. Vogler |