

# STROM FLEXIBEL ZWISCHENLAGERT

Die Energieversorgung steht vor einer Reihe von neuen Herausforderungen. Die zunehmende Liberalisierung und Globalisierung der Energiemärkte setzen nicht nur neue Rahmenbedingungen, sondern stellen auch neue Anforderungen an die Energieversorgungssysteme der Zukunft. Zentral ist dabei die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit mit elektrischer Energie – gerade bei zunehmenden Anteilen fluktuierender Energieträger sowie veränderten Bezugsbedingungen für fossile Rohstoffe. Auch spielen Klimawandel und die Vermeidung weiterer Umweltbelastungen durch die Energieversorgung eine wichtige Rolle. Energiespeicher sind heute ein fester Bestandteil unseres Energieversorgungssystems. Dennoch wird ihre Rolle – außerhalb der technischen Ebene – kaum wahrgenommen. Ein zurzeit in der Fertigstellung befindlicher TAB-Bericht gibt vor dem Hintergrund einer neuen Bedarfssituation einen Überblick über den aktuellen technischen Stand verfügbarer Energiespeichersysteme und geht auf innovative Speicherkonzepte im stationären wie auch im mobilen Bereich ein.

Energiespeicher haben auf den ersten Blick ein leicht »verstaubtes« Image – grundlegende Konzepte wurden bereits Ende des vorletzten Jahrhunderts entdeckt. Wirkliche Durchbrüche in der Speicherforschung sind in den letzten Jahrzehnten ausgeblieben. Dies trifft auch auf den z. B. vor einigen Jahren wahrnehmbaren »Hype« um erreichbare Speicherdichten von Wasserstoff auf Kohlenstoffnanoröhrchen zu, der mittlerweile wieder abgeklungen ist. Dennoch gibt es eine Vielzahl von Entwicklungsschritten, die, teilweise unter Nutzung nanoskaliger Effekte, zu deutlichen Fortschritten auf der technischen Ebene geführt haben – etwa bei Energiespeichern, die zwar vom Prinzip her bereits lange bekannt, aber erst heute technisch umsetzbar sind. Ein Beispiel dafür ist der Nickel-Zink-Akkumulator, dessen Prinzip bereits von Edison entdeckt wurde, bei dem man aber erst heute das Problem der Dendritenbildung (Bildung strauchartiger Kristallstrukturen aufgrund bevorzugter Wachstumsrichtungen) beim Aufladen und damit einhergehende Formänderungen der Zinkelektrode gelöst hat. Damit wurde der Weg für eine Kommerzialisierung frei gemacht.

## VERÄNDERUNGEN IN DER BEDARFSSITUATION

Nun ist aber auch der Bedarf an neuen bzw. weiterentwickelten Energiespeichern im stationären Bereich in Deutschland lange Zeit nicht sehr deutlich ausgeprägt gewesen. Zum einen, weil die Kraftwerksdichte ebenso wie die daraus resultierende Versorgungssicherheit – inkl. der Netze – relativ hoch ist. Zudem existiert ein europäisches Verbundnetz, welches in gewissem Rahmen für einen Ausgleich bei Stromangebot und -nachfrage sorgt. Zum anderen wurde anfallende »überschüssige Energie« bisher großtechnisch z. B. in Pumpspeicherkraftwerken (PSW) zwischengespeichert. PSW sind Wasserkraftwerke, deren Speichervorrat an Wasser bei Stromüberschuss in ein höher liegendes Becken gepumpt wird; die dort gespeicherte (potenzielle) Energie des Wassers wird im Bedarfsfall dann wieder in Strom umgewandelt.

Neu ist seit einiger Zeit allerdings, dass es zunehmende Anteile an fluktuierenden Energieträgern (Sonne, Wind) gibt, die – entsprechend den Vorgaben der Bundesregierung – bis 2020 noch signifikant weiter steigen sollen. Damit kann es zukünftig zu Situationen kommen, in denen die Anteile dieser Energieträger an unserer Stromversor-

gung entweder nicht oder im Überfluss vorhanden sind: Beispielsweise wäre Windenergie bei Flaute oder Sturmabschaltungen gar nicht, bei guten Off-Shore-Windstandorten aber zeitweise im Überangebot verfügbar.

Ab einer bestimmten Energiemenge ist dies relevant für den Ausgleich in den Versorgungsnetzen. Dann muss nämlich im Fall einer Flaute entsprechende Regelleistung im Stromnetz vorgehalten werden. Dafür sorgen sog. Schattenkraftwerke, die heute meist konventioneller Art sind und dafür über längere Zeiträume in Teillast gefahren werden müssen. Dies ist emissions- und wirkungsgradseitig eher ungünstig. Im Fall eines Überangebots müsste dieses zunächst das Netz aufnehmen, was allerdings nur zu einem bestimmten Anteil technisch möglich ist. Andernfalls kann es zu Komplikationen kommen. Ein Teil der elektrischen Energie kann zwar über das Versorgungsnetz (europaweit) verteilt werden, aber Stromüberlast erwärmt z. B. die Leitungen überproportional, was sich für die Netzstabilität ungünstig auswirken kann. Oder die Windräder müssen – trotz Wind – gedrosselt werden – ebenfalls eine wenig sinnvolle Maßnahme.

Eine Option, dieses Dilemma zu lösen und mit dem zeitweisen Überhang an elektrischer Energie sinnvoll umzugehen, wäre die Speicherung. Hierzu wären an bestimmten Standorten größere Speicherkapazitäten gefragt, als sie bisher – mit Ausnahme der PSW – verfügbar sind. Da die Errichtung von PSW einen erheblichen Eingriff in die Umwelt darstellt, sollte diese nicht in größerem Umfang forciert werden. Die Erfahrungen mit anderen Speichertechnologien beschränken sich bislang meist auf kleinere Dimensionen, z. B. zur Absicherung der unterbrechungsfreien Stromversorgung bei sensiblen Verbrauchern wie Krankenhäusern. Im Megawattbereich gibt es nur wenige Beispiele.

## HOCHTEMPERATUR- MEGA-BATTERIEN

Einer der globalen Vorreiter bei innovativen Entwicklungen ist Japan, wo eine Riesenbatterie als sog. Hochtemperaturbatterie betrieben wird, um in der regenerativen Stromerzeugung Fluktuationen zu kompensieren. Die 6-MW-Anlage der Tokyo Electric Power Company wird im Load-Leveling-Betrieb betrieben, d. h. die Batterie wird nachts mit günstigem Strom beladen und gibt diesen zu Spitzenlastzeiten ins Netz wieder ab. Vorteile dieser Batterie sind u. a., dass sie im Vergleich zu den bekannten Bleibatterien zwei bis drei Mal am Tag vollständig be- und entladen werden und ein Mehrfaches ihrer Leistung für kurze Zeit einspeisen kann: So kann eine vollgeladene Hochtemperaturbatterie etwa 500 % ihrer ausgewiesenen Leistung für 30 Sekunden einspeisen. Die weitere Entwicklung dieses Batterietyps wird allerdings u. a. davon abhängen, inwieweit die Technologie verbessert wird und bei steigender Nachfrage die Kommerzialisierung Erfolg verspricht. Momentan gibt es solche Systeme in Deutschland noch nicht.

Ein weitere Möglichkeit stellen sog. Redox-Flow-Systeme dar. Dabei handelt es sich um wiederaufladbare Batterien, bei denen das energiespeichernde Material (Elektrolyt) außerhalb der Zelle gelagert wird, mit dem Vorteil, dass die gespeicherten Energiemengen unabhängig von der Zellengröße sind. Dies ist eine interessante Technik für die Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien, weil die Speicherkapazität jederzeit beliebig ausbaubar ist. Die externen Elektrolyttanks können zudem per Tanklaster manuell befüllt werden. In Irland soll in einem Windpark eine erste Großbatterie dieser Art installiert werden.

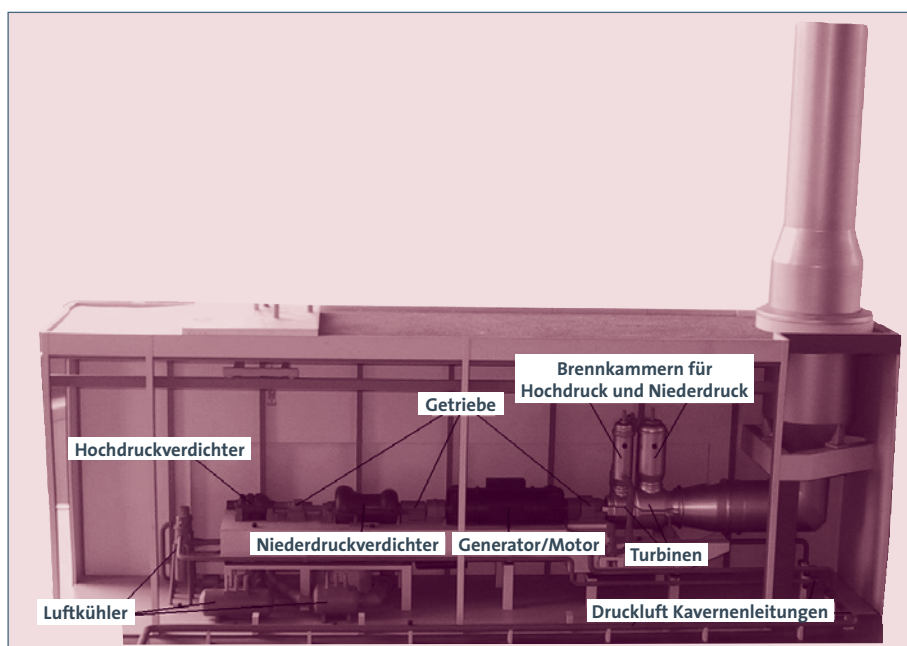
## DRUCKLUFTSPEICHER- KRAFTWERKE

Neben den »Megabatterien« werden als Alternative zu den PSW insbesondere Druckluftspeicher diskutiert. Ein Druckluftspeicherkraftwerk arbeitet bereits seit 1978 in Huntorf (Niedersachsen).

In Druckluftspeichern wird Strom zunächst zum Komprimieren von (Umgebungs-)Luft verwendet, die in unterirdischen Kavernen gespeichert wird. Die Energierückgewinnung erfolgt durch das Verbrennen der komprimierten Luft in der Brennkammer einer Gasturbine zusammen mit Erdgas. Die heißen Rauchgase treiben einen nachfolgenden Generator an, der wiederum elektrische Energie erzeugt. Augenblicklich ist ein weiteres, moderneres Druckluftspeicherkraftwerk ebenfalls in Niedersachsen in der Planung, um das Problem der fluktuierenden Ein-

speisung von Windstrom konkret anzugehen. Dieses soll zunächst wie in Huntorf mit Gasbefeuerung betrieben und in einer zweiten Phase adiabatisch nachgerüstet werden. Bei einem adiabaten Druckluftspeicher werden Wirkungsgradverluste dadurch vermieden, dass die Druckluftspeicherung ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt. Dazu wird die bei der Luftkompression entstehende Wärme abgeführt, zwischengespeichert und dann bei der Entnahme zur Lufterwärmung wieder genutzt. Die Inbetriebnahme der neuen Anlage ist für 2011 geplant, allerdings ist noch eine Reihe technischer Probleme zu lösen. So sind u. a. noch Kompressoren zu entwickeln, die Temperaturen von bis zu 600°C standhalten, oder auch geeignete Wärmespeicher zu dimensionieren, für deren Größe und materialtechnische Auslegung (Beton, Naturstein, Keramik etc.) es weltweit keine Vorbilder gibt. Schließlich sind Standort und Dimensionierung des gesamten Kraftwerkes

KRAFTWERK HUNTORF IM MODELL



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Druckluftspeicherkraftwerk>

noch offen (voraussichtlich zwischen 150 und 600 MW). Inwieweit Druckluftspeicherkraftwerke eine breiter einsetzbare Technik darstellen, ist momentan noch offen.

---

## SCHWERPUNKTE DES TAB-BERICHTS

Nicht zuletzt durch das politisch definierte und verfolgte Ziel, den Anteil erneuerbarer Energieträger zu erhöhen und die Nutzung fossiler Ressourcen zurückzufahren, sind Technologien der Energiespeicherung wieder auf der energiepolitischen Agenda zu finden. Die Thematik wurde im TAB-Bericht differenziert nach Anwendungsbereichen betrachtet: Neben genannten Schwerpunkten in der stationären Energieversorgung (Integration zunehmender Anteile fluktuierender Energieträger, Ausgleich kostenintensiver Lastspitzen etwa im Tageslastgang) steht im mobilen Bereich der Einsatz neuer Antriebstechnologien im Vordergrund, u. a. zur Reduktion von Schadstoffemissionen in Ballungsräumen. Im Gebäudebereich wiederum geht es mehr um Wärme- bzw. Kältespeicherung (Klimatisierung).

Auch aufgrund der hohen energiewirtschaftlichen und -politischen Bedeutung des Feldes wird in der TAB-Studie ein breiter Ansatz gewählt. Dabei wird insbesondere die Speicherung von Strom und Wärme (bzw. Kälte), aber auch die von Kraftstoffen betrachtet,

um mögliche Synergien und/oder Konkurrenzen dieser Felder auszuloten. Im Fokus stehen Einsatzbereiche mit einer hohen energiewirtschaftlichen Relevanz.

Auch wenn es nach wie vor eine technische Herausforderung darstellt, elektrische Energie in größeren Mengen und über längere Zeit zu speichern, ist bereits heute eine große Vielfalt an Speichermöglichkeiten verfügbar. Ein Ziel des TAB-Berichts ist es, diese Vielfalt der aktuellen und zukünftig absehbaren Möglichkeiten der Energiespeicherung und damit die Bandbreite an Entwicklungsoptionen aufzuzeigen. Inwieweit Speicherbedarf und technische Möglichkeiten bereits heute zusammengehen und welche Optionen für zukünftige Konzepte derzeit existieren, wird anhand ausgewählter Beispiele für den stationären und mobilen Einsatz (Verkehr) aufgezeigt. Zudem werden wesentliche internationale Forschungsschwerpunkte, die mit Blick auf Energiespeicher relevant erscheinen, aufgeführt.

---

## AUSBLICK

Nicht nur für die Integration höherer Anteile fluktuierender Energieträger ist es notwendig, sich verstärkt mit optimierten Speichertechniken zu befassen. Der Bedarf an neuen und weiterentwickelten Speichertechnologien speist sich auch aus der Viel-

zahl von Herausforderungen, die mit einer effizienten, sicheren und umweltverträglichen Stromversorgung zusammenhängen.

Die Energiespeicherung ist ein Forschungs- und Wissensgebiet mit einer relativ langen Tradition und einer hohen strategischen Bedeutung für eine zuverlässige Energieversorgung. Trotzdem kommt sie in zukünftigen Energieversorgungsszenarien im Regelfall kaum explizit vor. Viele Projekte der Energiespeicherung, die man im letzten Jahrhundert beforscht hat, wurden teilweise auch wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit ein- bzw. zurückgestellt, zumeist aufgrund fallender Energiepreise. Steigende bzw. deutlich schwankende Preise an den Rohstoffmärkten eröffnen nun einen neuen Blick auf die Möglichkeiten der Energiespeicherung. Nicht zuletzt deshalb wird dieses Thema von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft wieder intensiv aufgegriffen.

---

## KONTAKT

Dr. Dagmar Oertel  
030/28 491-106  
oertel@tab.fzk.de

---

## HINWEIS ZUR VERÖFFENTLICHUNG

Der Bericht befindet sich in der Fertigstellung.