

Forschungsberichtsblatt zum Programm:  
BWPLUS - „Energie, Energiespeichertechnologien“



## **Dynamische Simulation der Ausbauszenarien für erneuerbare Stromversorgung in Baden-Württemberg bis 2050 nach dem Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes (SimBW)**

Speicherbedarf in Deutschland und Baden-Württemberg

Forschungsberichtsblatt

Holger Höfling, Michael Capota, Henning Jachmann

**Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-  
Forschung Baden-Württemberg (ZSW)**

Fachgebiet Systemanalyse

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit  
Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Zuwendungsnummer: BWE 13001

Stand: 17. Dezember 2013



Zentrum für Sonnenenergie-  
und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)

Industriestraße 6

70565 Stuttgart

Tel.: +49 (0) 711 7870 0

Fax: +49 (0) 711 7870 200

[www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)

## 1 Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Die Stromversorgung in Baden-Württemberg (BW) ist aufgrund des Rückbaus von Kernkraftwerken einerseits und des geplanten Zubaus erneuerbarer Energien nach dem Klimaschutzgesetz andererseits in den nächsten Jahren vor besondere Herausforderungen gestellt. Energiespeicher können hierbei einen Beitrag zur Integration von Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und damit zum Klimaschutz leisten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde der deutsche Kraftwerkspark mit Fokus auf Baden-Württemberg (BW) in stündlicher Auflösung unter dem Einfluss des Ausbaus erneuerbarer Energien für die Stichjahre 2020, 2030, 2040 und 2050 in ausgewählten Szenarien simuliert.

Ziel der Modellrechnungen war es, den Bedarf für Energiespeicherung unter Berücksichtigung von äußeren Einflussparametern in den verschiedenen Szenarien zu ermitteln. Dabei wurde für unterschiedliche Speichertypen untersucht, ob sie sich auf dem Markt etablieren und welchen Systembeitrag sie leisten können. Begleitet wurde diese quantitative Analyse durch eine qualitative Bewertung von Kapazitätsmechanismen hinsichtlich ihrer Eignung für die Förderung von Speichern.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass Speicher bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung (deutlich über 60%) einen entscheidenden ökonomischen und ökologischen Nutzen zum Energiesystem haben. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass der ökonomische Speichereinsatz bei EE-Anteilen unter 60% zu zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesystem führt. Da Speicher jedoch auch bei niedrigen EE-Anteilen, beispielsweise aus technischen Erfordernissen heraus, einen Systembeitrag leisten können, ist es erforderlich, hier eine sorgfältige Abwägung zu treffen.

Die gewonnenen Erkenntnisse über den Speicherbedarf in Baden-Württemberg und im gesamten deutschen Marktgebiet können in ein 3-Phasen-Modell der Markteinführung für Speicher überführt werden. Die frühe Phase (EE-Anteil bis 40%) ist dabei geprägt von Forschung und Entwicklung sowie Demonstration neuer Technologien. Ergänzend kann der Abbau von Hemmnissen die Rahmenbedingungen verbessern. Die mittlere Phase (EE-Anteil von 40% bis 60%) wird bestimmt durch kontinuierlichen Speicherzubaue nach einem verbindlichen Ausbaupfad mit begleitenden marktnahen Instrumenten. In der späten Phase (EE-Anteil über 60%) ist Speicherausbau bzw. -betrieb auch unter Marktbedingungen wirtschaftlich. Möglichweise kann jedoch durch flankierende Markt-konzepte die Ausbaumenge gesteuert werden.

Die derzeit kontrovers diskutierte Kapazitätsmechanismen eignen sich hierzu nur bedingt. Während bei der strategischen Reserve eine Teilnahme auszuschließen ist, hängt bei den übrigen Konzepten vieles von der konkreten Produktgestaltung ab. Zur Unterstützung der Markteinführung von Langzeitspeichern sind die derzeit diskutierte Kapazitätsmechanismen dagegen grundsätzlich nicht geeignet. Sie erfordern alternati-

ve Konzepte, die nicht auf den Beitrag zur gesicherten (Erzeugungs-) Leistung als Bemessungsgrundlage zielen.

## 2 Fortschritte für die Wissenschaft

Aktuelle Studien, die ähnlich detaillierte Simulationen des deutschen Stromsystems beinhalten, sind entweder auf die gesamte Bundesrepublik ausgerichtet und lassen damit keine Rückschlüsse auf die Entwicklungen in Baden-Württemberg zu oder haben einen zeitlich zu kurzfristigen Horizont, um daraus Schlüsse für den langfristigen Ausbaubedarf von Speichertechnologien in einer weitgehend auf erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgung zu ziehen.

Im Rahmen des Vorhabens konnten hinreichende Antworten die aufgeworfenen Fragestellungen gefunden werden. So konnte nachgewiesen werden, dass die Versorgungssicherheit in Baden-Württemberg unter den Simulationsbedingungen nach dem Ausbauszenario des Klimaschutzkonzeptes jederzeit gewährleistet werden kann. Der ermittelte Speicherbedarf entwickelt sich mit zunehmendem EE-Anteil in Baden-Württemberg kongruent zu dem im gesamten deutschen Marktgebiet. Allerdings steigt im Verhältnis der Speicherbedarf bei hohen EE-Anteilen weniger rasant an, was auf den bereits installierten größeren Speicherbestand in Baden-Württemberg zurückzuführen ist.

## 3 Nutzen und praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen können Anforderungen für ein **Markteinführungskonzept** für Speicher (und ggf. anderen Flexibilitätsoptionen) abgeleitet werden. Diese Anforderungen lassen sich in Abhängigkeit der EE-Durchdringung in ein **3 Phasen Modell** unterteilen:

### Frühe Phase (EE-Anteil bis 40 %):

- Unterstützung von Forschung und Entwicklung sowie Technologieförderung (z.B. mit Demonstrationsprojekten).
- Abbau von Hemmnissen (z.B. hohe Letztverbraucherabgaben) zur Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.
- Bei allen Maßnahmen, die einen Speicherzubau anreizen, ist darauf zu achten, dass eine substanzielle Zunahme der installierten Speicherleistung zu zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiesystem führen und dass zusätzliche Förderkosten die Akzeptanzschwelle der Verbraucher nicht überschreitet.

**Mittlere Phase (EE-Anteile zwischen 40 % und 60 %):**

- Gewährleistung eines mengen- oder kostengesteuerten Zubaus von Speichern oder Flexibilitätsoptionen in Erwartung eines rasanten Anstiegs des Speicherbedarfs bei hohen EE-Anteilen (>> 60 %).
- Bei mangelnder Wirtschaftlichkeit auf dem Strommarkt flankierende Maßnahmen im Form von technologieneutralen Förder- oder Marktkonzepten gekoppelt an einen verbindlichen Ausbaupfad.

**Späte Phase (EE-Anteil ab 60 %):**

- Speicherezubau ist im energiewirtschaftlich relevanten Maßstab auch ökonomisch vorteilhaft und daher allein aus den Anreizen des Strommarktes zu erwarten.
- Bei großer Investitionsunsicherheit aufgrund von hohen Marktpreisrisiken oder politischen Risiken, Unterstützung durch geeignete Marktkonzepte mit Mengensteuerung für Zubau bzw. Erhalt der Systemflexibilität.

Bezüglich der Kompatibilität von **Kapazitätsmechanismen** und Speichern zeichnet sich bei den derzeit in der Diskussion befindlichen Ansätzen ein uneinheitliches Bild ab. Während die strategische Reserve als Anreizinstrument für Speicher grundsätzlich ungeeignet ist, hängt bei den übrigen Konzepten (zentraler, dezentraler bzw. fokussierter Kapazitätsmarkt) vieles von der konkreten Produktgestaltung ab. Zudem ist weiter zu untersuchen, wie sich mit der wachsenden Volatilität der Residuallast der gesicherte Beitrag einzelner Speichertechnologien zur Deckung selbiger verändert.

Zur Unterstützung der Markteinführung von Langzeitspeichern sind die derzeit diskutierten Kapazitätsmechanismen grundsätzlich nicht geeignet. Sollte sich der Bedarf für eine Anschubfinanzierung erhärten, sind folglich alternative Konzepte erforderlich. Hierzu wurden erste Eckpunkte skizziert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Forschungsvorhaben insbesondere unter den nachfolgend genannten Aspekten einen wertvollen **Beitrag zu den Zielen des Förderprogramms BWPLUS** leisten konnte:

- Es wurde unter Berücksichtigung des wachsenden PV- und Windenergieanteils auf der Zeitachse der Bedarf für Speicher und seine Wirkungen auf das Energiesystem ermittelt.
- Aus den Analysen konnten Erkenntnisse für Gestaltung von Maßnahmen und Regelungen zum Anreiz des Speicherezubaus gewonnen werden.
- Es wurde zudem untersucht, inwiefern Kapazitätsmärkte geeignet sein können, die Markteinführung von Speichern zu begleiten.
- Das entwickelte übergreifende Markteinführungskonzept (3 Phasen Modell) kann als Orientierungshilfe für politische Entscheidungsträger bei der maßvollen Instrumentierung des Speicherausbaus angesehen werden.

- Die Ergebnisse bestätigen zudem die richtige Auslegung des Forschungsschwerpunktes im Programm BWPLUS hinsichtlich Forschung, Entwicklung und Demonstration.

#### **4 Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer**

Der Forschungsbericht wird auf den Internetseiten des ZSW der Öffentlichkeit zugänglich gemacht und soll damit einen Beitrag zur öffentlichen Diskussion über den zukünftigen Einsatz und Nutzen von Speichern leisten. Darüber hinaus wird eine Veröffentlichung der Ergebnisse in einschlägigen Fachmagazinen angestrebt, um die Wahrnehmung der Studie in der Fachwelt zu verbessern.