

Storage in the Loop (StiL)

Forschungsberichtsblatt

Thema: Speicherbedarf in Baden-Württemberg

Zuwendungsempfänger: Institut für Wirtschaftsinformatik und Marketing (IISM) des Karlsruher Instituts für Technologie; Fraunhofer Institut für Chemische Technologie

Laufzeit: Juni 2019 bis September 2022

Förderkennzeichen: BWSGD 19001 - 19002

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse und wissenschaftlichen Fortschritte

Die Reduzierung der globalen Emissionen um mindestens 80% bis 2050 erfordert eine weitreichende Transformation von bestehenden Energiesystemen. Während sich die Erzeugung von zentralen, steuerbaren Kraftwerken hin zu dezentralen, erneuerbaren Energiequellen verlagert, führt die Elektrifizierung von Teilen der Wärme-, Industrie- und Verkehrssektoren laut aktuellen Studien zu einem Anstieg des Stromverbrauchs um 48 - 105%. Um diesen Herausforderungen zu begegnen bedarf es der Planung und Analyse von Pfaden in eine zukünftige, emissionsarme Energieversorgung. Neben dem Ausbau erneuerbarer Erzeugungskapazitäten werden vor allem Speichertechnologien benötigt, um die zeitliche Diskrepanz zwischen intermittierender Erzeugung und schwer vorhersagbarem Verbrauch zu überbrücken.

Ziel des Projekts Storage in the Loop (StiL) war es, den Speicherbedarf Baden-Württembergs bis 2050 zu bestimmen, unter Voraussetzung einer mindestens 80%-igen Versorgung durch erneuerbare Energien. Hierbei lag der Fokus insbesondere auf dezentralen Strukturen, die im Zuge der Energiewende an Bedeutung gewinnen. Diese wurden durch die Einteilung Baden-Württembergs basierend auf Verteilnetzstrukturen sowie der Kategorisierung anhand von Erzeugungspotentialen berücksichtigt und in die Analysen einbezogen. Ein weiterer Fokus des Projekts lag auf den regulatorischen Rahmenbedingungen, in denen sich der Speicherausbau bewegt. Dazu wurden sowohl heutige Bedingungen analysiert und bewertet als auch Empfehlungen für eine zukünftige regulatorische Ausgestaltung erarbeitet, die den benötigten Speicherausbau ermöglichen können. Zusammenfassend wurden drei übergeordnete Fragestellungen beantwortet:

- Wie kann Baden-Württemberg in Verteilnetzregionen eingeteilt werden und wie können diese charakterisiert werden?
- Wie hoch ist der Speicherbedarf Baden-Württembergs bei einer mindestens 80 % igen erneuerbaren Versorgung und unter Berücksichtigung von Verteilnetzstrukturen?

- Wie wirken sich die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen auf den Speicherausbau aus und wie kann Speicherausbau regulatorisch verstärkt angereizt werden?

Die Forschungsfragen wurden wie folgt beantwortet: Mittels Clustering sowie eines 3-stufigen Regionalisierungsverfahrens wurden dezentrale Strukturen in Baden-Württemberg hinsichtlich ihrer zukünftigen Verbrauchsstrukturen charakterisiert. In Kombination mit Daten zu Erzeugungspotentialen aus dem Energieatlas Baden-Württemberg konnten so Regionen identifiziert werden, die für eine Eigenversorgung durch erneuerbare Erzeugung infrage kommen. Die Verteilnetzstruktur wurde durch die Zuordnung von Gemeinden in zwei Gruppierungen berücksichtigt: Eine dezentrale Verteilnetzstruktur wird durch die Gruppierung nach Umspannkraftwerken modelliert, während eine aggregiertere Sichtweise durch die Einteilung in Verteilnetzregionen erreicht wird.

Für die Bestimmung des Speicherbedarfs wurde ein Simulationsmodell auf Python-Basis entwickelt. Damit ist es möglich, unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen und -parameter die notwendige Erzeugungskapazität erneuerbarer Erzeuger und Speicherkapazitäten in Baden-Württemberg abzuschätzen. Die modellierten Komponenten umfassen Photovoltaik, Windenergieanlagen, Batteriespeicher, Biogas-BHKWs und das Stromnetz zur Deckung der übrigen Residuallast.

Für die Simulation wurden drei Szenarien mit unterschiedlichen Graden der Dezentralisierung modelliert. Diese haben eine enorme Auswirkung auf den Speicherbedarf sowie die Verteilung der benötigten erneuerbaren Erzeugungskapazitäten. Bei einem Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von 95%, werden Speicher mit einer Energiekapazität von mindestens 6,8 GWh und einer Leistungskapazität von 1,7 GW erforderlich, was zu Stromgestehungskosten von 42 € MWh⁻¹ führt. Von der gesamten Speicherkapazität entfallen auf RFB 0,8 GW/5,0 GWh und auf LiB 0,9 GW/1,8 GWh an Leistung bzw. Energie. In einem System, das einer zentralen Planung unterliegt, konzentrieren sich die erneuerbaren Energiekapazitäten auf Gebiete mit sehr hohem Potenzial. Dies führt in der gezeigten Fallstudie zu einer maximalen Nutzung der verfügbaren Flächen für die Winderzeugung in ländlichen Gebieten im Südwesten von Baden-Württemberg. Die PV-Erzeugungskapazitäten konzentrieren sich auf Gebiete mit hohem Potenzial, hauptsächlich städtische Regionen. Unter diesem Paradigma würden große Gebiete im mittleren Süden und Nordosten BWs nicht zur Versorgung mit erneuerbarem Strom beitragen.

Je nach Grad der (de-)zentralen Planung und Elektrifizierung liegen die Stromgestehungskosten bei einem erneuerbaren Anteil von 95% zwischen 42 und 109 € MWh⁻¹. Der Gesamtbedarf an Speicherkapazitäten liegt zwischen 1,4 und 186 GWh. Dies zeigt die Kostennachteile, die sich aus dezentralen Planungsansätzen mit einer gleichmäßigeren Verteilung des Kapazitätsausbaus ergeben würden. Es gibt jedoch auch Wege zwischen einer vollständig zentralen und dezentralen Planung: Das NG-Szenario veranschaulicht eine mögliche Lösung, bei der mehr Regionen in den Ausbau der erneuerbaren Energien einbezogen werden, während die Stromgestehungskosten relativ niedrig bei etwa 60 € MWh⁻¹ und der BESS-Bedarf zwischen 52 und 67 GWh liegen.

Schließlich ist es notwendig, den geeigneten regulatorischen Rahmen für den benötigten Speicherausbau zu gestalten. Hierzu wurden im Rahmen von StiL sowohl quantitativ als auch qualitativ untersucht, wie sich der Speicherausbau unter der aktuellen Regulierung entwickeln kann. Vor allem Heimspeicher bieten großes Potential für einen Zubau an Speicherkapazitäten. Andere Speicherarten (z.B. Quartier- und Netzspeicher) sind weniger optimistisch zu bewerten, da sie durch den aktuellen Regulierungsrahmen nicht genug gefördert werden und bisher daher nur in vereinzelt Projekten realisiert werden. Insgesamt reicht der aktuelle Regulierungsrahmen voraussichtlich nicht aus, um den ermittelten Speicherbedarf zu decken. Mittels 9 Experteninterviews wurden daher insgesamt 18 Handlungsempfehlungen identifiziert, die Entscheidungsträgern und Gesetzgebern als Leitfaden dienen können um Speicherausbau weiter zu fördern.

Die im Rahmen von StiL entwickelten Methoden erweitern bisherige Modellierungsansätze im Bereich der Energiesystemmodellierung, indem dezentrale Strukturen bei der Berechnung des Speicherbedarfs einbezogen werden. In StiL wurden hierzu erstmals Erzeugungspotentiale und Verbrauchsstrukturen bis auf Gemeindeebene modelliert. Außerdem wurde die Einteilung des Energiesystems Baden-Württembergs nach Verteilnetzstrukturen, basierend auf der tatsächlichen Verteilnetztopologie, bei der Bestimmung des Speicherbedarfs berücksichtigt. Die erarbeitete Methodik sowie die neu gewonnenen Erkenntnisse werden daher in einem energiewirtschaftlichen Journal publiziert. Auch die Identifizierung und rechtliche Begutachtung von Regulierungsansätzen für die Förderung von mehr Speicherausbau bietet neue Erkenntnisse für Regulierer und Planer von Energiesystemen.

Verwertbarkeit und Forschungstransfer

Die in StiL gewonnenen Erkenntnisse sind von hoher Relevanz für lokale und globale Entscheidungsträger, Gesetzgeber, Speicherbetreiber und andere Stakeholder der Energiewirtschaft. Im Folgenden sind daher die wesentlichen Punkte für die weitere Verwertbarkeit und den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis aufgezählt.

- Im Projekt sind Szenarien für Entwicklungspfade in eine emissionsarme Energieversorgung entstanden, die von lokalen und (über-)regionalen Entscheidungsträgern konsultiert werden können.
- Hierzu wurde eine Methodik zur Bestimmung des Speicherbedarfs unter Berücksichtigung dezentraler Verteilnetzstrukturen entwickelt, die auf andere Anwendungsfälle und Energiesysteme übertragen werden kann.
- Die entstandene Simulationsumgebung für die Bestimmung des Speicherbedarfs kann für die Modellierung von emissionsarmen Energiesystemen weltweit genutzt werden.
- Im Rahmen von StiL entstand eine umfassende Datenbank mit prognostizierten Stromverbrauchswerten für jede Gemeinde in Baden-Württemberg. Diese wird öffentlich zur Verfügung gestellt und kann von lokalen Stakeholdern genutzt werden, um Szenarien für die eigene Region zu berechnen.

- Die erarbeiteten regulatorischen Handlungsempfehlungen sowie das zugehörige rechtliche Gutachten können Gesetzesgebern als Leitfaden für zukünftige Regulierungsausgestaltung dienen.
- Die Ergebnisse und interaktiven Karten der Energieversorgung Baden-Württembergs, die unter Verwendung der im “Energieatlas Baden-Württemberg” bereitgestellten Daten entstanden sind, können wiederum im Energieatlas integriert werden.
- Die wissenschaftliche Verwertung der Projektergebnisse erfolgt durch die Veröffentlichung eines Papers in einem energiewirtschaftlichen Journal.
- Speicherbetreibern bieten die gewonnenen Erkenntnisse aus StiL Anhaltspunkte zu Regionen mit einem (zukünftigen) hohen Speicherbedarf.
- Die Projektergebnisse und -methoden werden in den Vorlesungen “Smart Grid Applications” und “Energy Market Engineering” sowie in Abschlussarbeiten des KIT-IISM einbezogen und tragen somit zur Ausbildung im Bereich Energiewirtschaft und -informatik bei.
- Am IISM entstanden zudem weitere mit StiL verwandte Veröffentlichungen, in denen Geschäftsmodelle für Speicher untersucht und Betriebsstrategien hierfür entworfen wurden (siehe z.B.). Diese können von Speicherbetreibern genutzt werden.
- Durch den intensiven Austausch mit den assoziierten Projektpartnern, die Durchführung von öffentlichen Veranstaltungen und die Erstellung (wissenschaftlicher und praktischer) Zeitschriftbeiträgen wurde der Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis und interessierte Öffentlichkeit sichergestellt.