

# ENERGIESPEICHERBEDARF FÜR DIE INTEGRATION VON ERNEUERBAREN ENERGIEN INS STROMNETZ

Patrik THIERER<sup>1</sup>, Caroline WILLICH<sup>2</sup>

## Einleitung

Der starke Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland führt zu veränderten Anforderungen an das deutsche Stromversorgungssystem. Früher wurden Pumpspeicherkraftwerke hauptsächlich genutzt um günstigen Strom in Niederlastzeiten zu speichern und zu Spitzenlastzeiten teuer zu verkaufen. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien haben sich Preise und Markt stark verändert. Anders als früher gibt es jetzt durch den Ausbau der Solarenergie auch tagsüber, wenn großer Energiebedarf besteht, häufig ein großes Angebot an Energie. Dadurch ist der Strompreis zu diesen Zeiten niedriger als früher. Dies führt zu einem deutlichen Rückgang der Strompreisdifferenz und macht damit Speicher weniger rentabel. Aus diesem Grund wurden z.B. schon geplante Speicher aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisiert. Energiespeicher werden jedoch für die Energiewende benötigt um die Last trotz der schwankenden Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien zu decken und um z.B. zu vermeiden, dass an Tagen mit einem Überschuss an erneuerbarer Energie Windkraftträder und Photovoltaikanlagen abgeschaltet werden müssen.

## Modellbeschreibung

Für diesen Beitrag wurde ein Modell implementiert, welches die notwendige konventionelle Energieerzeugung und das Ein- und Ausspeicherverhalten von Pumpspeicherkraftwerken, sowie die dabei entstehenden variablen Kosten in Abhängigkeit des Anteils der erneuerbaren Energien simuliert. Das Modell nimmt die Last und die regenerativ erzeugte Leistung als gegeben an und berechnet die kostengünstigste Möglichkeit die Residuallast eines Jahres zu decken. Dazu werden die Möglichkeiten der konventionellen Energieerzeugung (Braunkohle, Steinkohle, Erdgas und Kernkraft), Pumpspeicher und In- und Export, sowie auch die ggf. notwendige Abschaltung der erneuerbar erzeugten Leistung berücksichtigt. Es werden dabei neben den unterschiedlichen Brennstoffkosten pro GWh auch die Kosten für das Hoch- und Herunterfahren oder Abschalten der Kraftwerke berücksichtigt. Neben den Kosten wird weiterhin berücksichtigt, dass je nach Energieträger die Kraftwerke eine unterschiedliche maximale Geschwindigkeit für das Hoch- und Herunterfahren haben. Das Modell arbeitet mit der Methode der linearen Optimierung. Übertragungskosten und die Übertragungskapazität des Stromnetzes werden dabei vernachlässigt. Das Modell wurde mit historischen Daten für die Last und die regenerativ erzeugte Leistung validiert. Die simulierten und realen Werte zeigten eine gute Übereinstimmung. Um Aussagen für die Zukunft zu erhalten wurde die stündliche Last und die regenerativ erzeugte Leistung des Jahres 2017 mit verschiedenen Faktoren multipliziert um verschiedene Zukunftsszenarien mit unterschiedlichem Anteil erneuerbarer Energie zu simulieren. Anhand des Modells kann eine Aussage getroffen werden wieviel zusätzliche Speicherleistung und Kapazität in Abhängigkeit des Anteils der erneuerbaren Energien benötigt wird um die Last zu decken und die Abschaltung der erneuerbaren Energien gering zu halten. Weiterhin kann ermittelt werden um welchen Betrag sich die gesamten variablen Kosten eines Jahres durch ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk reduzieren, um zu ermitteln ob dieses aus rein wirtschaftlicher Sicht rentabel ist.

## Ergebnisse

Mithilfe des Modells wurde ermittelt wie hoch die Speicherleistung bzw. Kapazität in Abhängigkeit des Anteils der erneuerbaren Energien sein muss, wenn maximal 1% der jährlich erzeugten erneuerbaren Energie abgeschaltet werden soll. Dabei sind unterschiedliche Werte für Speicherleistung und Kapazität bei gleichem Anteil erneuerbarer Energie möglich. So kann z.B. durch eine erhöhte Kapazität die benötigte Speicherleistung reduziert werden. Die kostengünstigste Kombination von

---

<sup>1</sup> Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 47, 89081 Ulm, patrik.thierer@uni-ulm.de (Nachwuchsautor)

<sup>2</sup> Institut für Energiewandlung und –speicherung, Universität Ulm, Albert-Einstein-Allee 47, 89081 Ulm, +49 731 50 25547, caroline.willich@uni-ulm.de, <https://www.uni-ulm.de/in/ews/>

Pumpspeicherleistung und Kapazität hängt vom Verhältnis der Kosten von zusätzlicher Leistung und Kapazität ab. Im Rahmen dieses Modells wurde ein fixes Kostenverhältnis zwischen Kapazität und Leistung von 10:1 angenommen. Abbildung 1 zeigt den Verlauf der benötigten Ausspeicherleistung und Kapazität in Abhängigkeit des Anteils der erneuerbaren Energien.

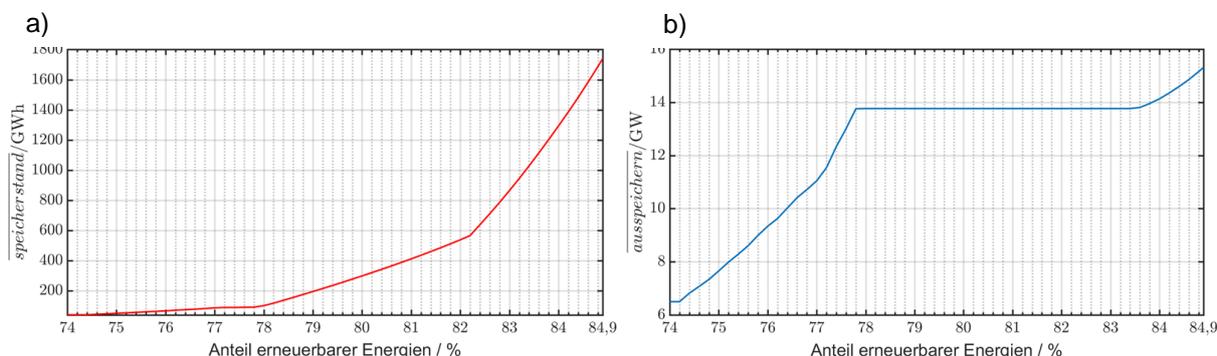


Abbildung 1: Verlauf der benötigten Speicherkapazität (a) und Leistung (b) in Abhängigkeit des Anteils erneuerbarer Energien

Die Berechnungen des Modells ergaben, dass der zusätzliche Speicherbedarf bis ca. 78% erneuerbarer Energien alleine durch Pumpspeicher gedeckt werden kann. Dafür ist eine Steigerung der maximalen Leistung und Kapazität der bestehenden Pumpspeicher auf in etwa das Doppelte der bisherigen Werte erforderlich. Für darüber hinaus gehende Anteile erneuerbarer Energie wird nur eine geringe Erhöhung der Speicherleistung (Plateau in Abbildung 1 b), aber eine sehr starke Erhöhung der Kapazität erforderlich sein. Pumpspeicher alleine reichen nicht, sondern Technologien welche die preisgünstige Realisierung großer Speicherkapazitäten ermöglichen wie z.B. Power to Gas werden erforderlich sein.

Um Aussagen zur Wirtschaftlichkeit eines zusätzlichen Pumpspeicherkraftwerks zu erhalten wurde die durch ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk erreichbare Kostenreduktion in Abhängigkeit des Anteils erneuerbarer Energien betrachtet. Das Modell zeigt, dass ab einem Anteil von 40,5% mit einem Rückgang der Kostenreduktion durch ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk zu rechnen ist (Abbildung 2). Der Grund ist der erhöhte Anteil der Solarenergie, da die solare Leistung meist zeitgleich mit der Last zunimmt. Dadurch werden zusätzliche Speicherkapazitäten zu diesen Zeitpunkten nur noch selten benötigt. Ab 42,5% Anteil erneuerbarer Energien steigt die Kostenreduktion wieder näherungsweise linear. Für den höchsten betrachteten Anteil erneuerbarer Energie in Höhe von 77,6% steigert sich die Kostenreduktion durch ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk um mehr als 130% gegenüber 2017.

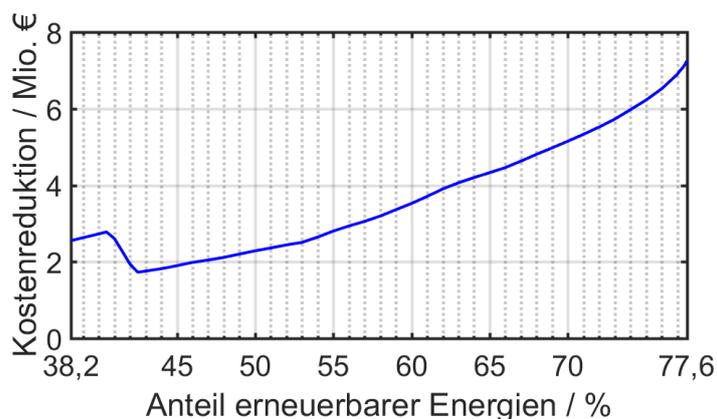


Abbildung 2: Kostenreduktion durch ein zusätzliches Pumpspeicherkraftwerk