

# TECHNO-ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON ANWENDUNGEN FÜR STROMSPEICHER

Annedore KANNGIEßER<sup>1</sup> (\*)

## Inhalt

In dem sich wandelnden, deutschen Energieversorgungssystem stellen elektrische Energiespeicher eine wichtige Flexibilitätsoption dar. Unklar ist jedoch, ob die Investition und der Betrieb eines Speichers unter den heutigen Marktbedingungen wirtschaftlich sind. In [1] wurde zur Beantwortung dieser Frage ein generisches Modell zur Einsatzoptimierung von Energiespeichern entwickelt, welches für die unterschiedlichsten Kombinationen aus Speichertechnologie und Speicheranwendung genutzt werden kann. Durch Optimierung des Speicherbetriebs mit viertelstündlicher zeitlicher Auflösung kann der maximale, jährlich erzielbare Erlös erhalten und für Aussagen über die Wirtschaftlichkeit bspw. in Break-Even-Investitionskosten umgerechnet werden. Im Rahmen von Parametervariationen können darüber hinaus die optimale Dimensionierung des Speichers ermittelt oder die relevanten Eingangsparameter mit hohem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit identifiziert werden. Innerhalb der Arbeit lag der Fokus der detaillierten Szenarienrechnungen auf den zentralen Anwendungen für großtechnische Speicherkraftwerke „Energieverschiebung durch Handel am Spotmarkt“ sowie „Bereitstellung von Regelleistung“. Weitere Anwendungen werden vor allem unter dem Gesichtspunkt des multifunktionalen Speicherbetriebs angesprochen, bspw. ob sich dieser wirtschaftlich rechnet bzw. was dabei zu beachten ist.

Nach einer kurzen Einführung über die aktuellen Fragestellungen im Forschungsbereich der Energiespeicher und einem Überblick über die in der oben angesprochenen Arbeit entwickelte und genutzte Methodik, liegt der Fokus des geplanten Vortrages auf den in den Szenarienrechnungen erhaltenen Ergebnissen.

## Methodik

### ***Break-Even-Investitionskosten als Kennzahl für die ökonomische Bewertung***

„Unter Break-Even-Investitionskosten sind die Investitionskosten zu verstehen, die mit einem Kapitalwert von Null korrespondieren, d.h. am Ende der Lebensdauer des Speichers einem Vermögenszuwachs in Höhe des Kalkulations-Zinssatzes entsprechen“ [1]. Die Kennzahl ist vorteilhaft, da das Berechnungsergebnis nicht durch das Einsetzen abgeschätzter Investitionskosten verfälscht wird (insbesondere für Speichertechnologien findet sich in der Literatur eine überaus große Bandbreite an Investitionskosten), sondern ein potenzieller Investor die Investitionskosten seines konkreten Projekts an den berechneten Break-Even-Investitionskosten spiegeln kann. Liegen die realen Investitionskosten unter den Break-Even-Investitionskosten, ist Wirtschaftlichkeit gegeben.

Um trotz unbekannter Investitionskosten das optimale Verhältnis zwischen installierter Speicherkapazität und installierter Speicherleistung bestimmen zu können, wurde in der vorgestellten Arbeit als Hilfsgröße das so genannte „technologiespezifische Kostenverhältnis“ eingeführt, welches für jede Speichertechnologie einen typischen Wertebereich aufweist.

### ***Generisches Optimierungsmodell zur Einsatzoptimierung von Energiespeichern***

Die Einsatzoptimierung des Energiespeichers basiert auf einem deterministischen, gemischt-ganzzahligen linearen Optimierungsmodell, das mit Hilfe der Modellierungsumgebung GAMS und dem Solver CPLEX umgesetzt wurde. Modelliert wurde ein einzelner, stationärer Energiespeicher, welcher wahlweise an einem oder mehreren Märkten agieren kann. Die Märkte bzw. weiteren Anwendungen werden über historische Zeitreihen nachgebildet, d.h. es gilt die Prämisse, dass der Energiespeicher

---

<sup>1</sup> Fraunhofer UMSICHT; Position: Gruppenleiterin Energiesystemoptimierung; Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen, Tel +49 (0)208 8598 1373, Fax +49 (0)208 8598 1422, annedore.kanngiesser@umsicht.fraunhofer.de, www.umsicht.fraunhofer.de;

als Preis-Nehmer agiert. Dies gilt in der Praxis nur für die ersten, kleinen Speicher, besitzt aber den Vorteil, dass geringe, resultierende Break-Even-Investitionskosten nicht Ungenauigkeiten in der Modellierung der Marktrückwirkungen angelastet werden können, sondern einen Hinweis auf das nicht ausreichende Erlöspotenzial der untersuchten Anwendung geben.

## Ergebnisse

Der linke Teil von Abbildung 1 zeigt die im Jahr 2011 erzielbaren Break-Even-Investitionskosten für drei verschiedene Speichertechnologien in den Anwendungen „Energieverschiebung durch Handel am Spotmarkt“ („Spot“) und „Bereitstellung von Regelleistung“ („Spot+RL“), wobei Letztere in positive und negative Wirkrichtung sowie Sekundär- und Minutenreserve unterteilt ist. Unabhängig von der Technologie erreichte die Bereitstellung negativer Sekundärregelleistung die mit Abstand höchsten Break-Even-Investitionskosten. Die weitere ‚ökonomische Rangfolge‘ der betrachteten Speicheranwendungen hängt dagegen von der jeweiligen Speichertechnologie und deren techno-ökonomischer Parametrisierung ab. Eine weitergehende Analyse zeigte, dass insbesondere der Zykluswirkungsgrad einen großen Einfluss auf die erzielbaren Break-Even-Investitionskosten besitzt. Die Höhe des Einflusses variiert jedoch auch in Abhängigkeit von der Speicheranwendung (Abbildung 1, rechts), wodurch die links beobachtete Rangfolgen-Verschiebung zu erklären ist.

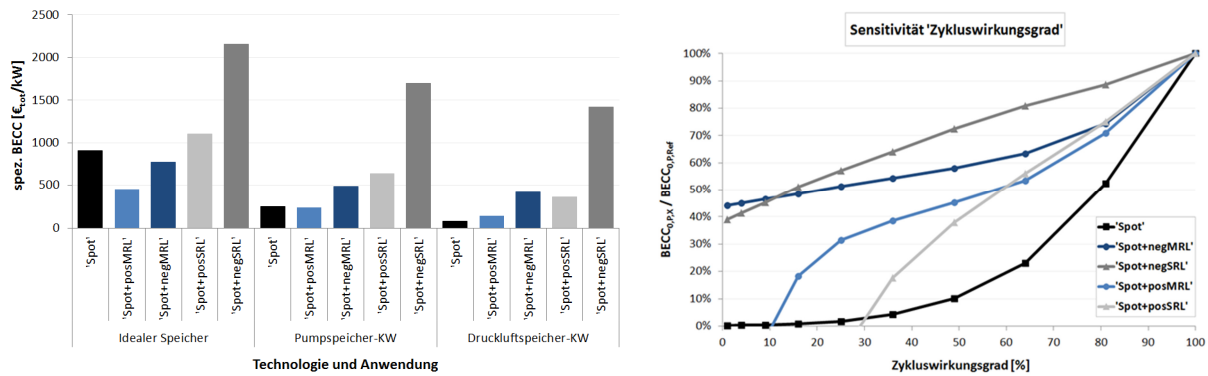


Abbildung 1: Break-Even-Investitionskosten für verschiedene Technologien und Anwendungen (links); Sensitivität der Break-Even-Investitionskosten hinsichtlich des Zykluswirkungsgrades (rechts)

Es zeigte sich weiterhin, dass die Break-Even-Investitionskosten nicht nur von der Höhe des gewählten Wirkungsgrades abhängen, sondern auch deutlich von dessen Modellierungsart beeinflusst werden. In der vorliegenden Arbeit wurden Szenarienrechnungen sowohl für Wirkungsgradkennlinien mit real nachgebildetem Verlauf über den Teillastbereich gerechnet als auch für die vereinfachte Annahme eines konstanten Wirkungsgrades – wie es in den meisten verwandten Forschungsarbeiten die Regel ist. Mit der Vereinfachung zeigte sich eine systematische Überschätzung der erzielbaren Break-Even-Investitionskosten in Höhe von 5 bis 14%.

Darüber hinaus unterliegen die erzielbaren Break-Even-Investitionskosten über den Verlauf der letzten Jahre großen Variationen. Während bei der Bereitstellung von positiver Sekundärregelleistung sowie positiver Minutenreserve ein deutlich abnehmender Trend zu erkennen ist, schwanken die anderen untersuchten Anwendungen auf einem im Mittel etwa gleich bleibenden Niveau.

Die weiteren techno-ökonomischen Parameter üben im Vergleich dazu einen eher untergeordneten Einfluss auf die erzielbaren Break-Even-Investitionskosten aus. Die Parameter der Investitionskostenrechnung bewegen sich in einem mittleren Einflussbereich.

## Literatur

- [1] Kanngießner, A.: Entwicklung eines generischen Modells zur Einsatzoptimierung von Energiespeichern für die techno-ökonomische Bewertung stationärer Speicheranwendungen. Dissertation, TU Dortmund, 2013.