

# **SPEICHERBEDARF FÜR EINE VOLLVERSORGUNG ÖSTERREICHS MIT REGENERATIVEM STROM**

**Martin BOXLEITNER<sup>\*1</sup>, Christoph GROISS<sup>\*1</sup>**

## **Inhalt**

Die zentrale Frage des Forschungsprojektes „Super-4-Micro-Grid – Nachhaltige Energieversorgung im Klimawandel“ lautet, ob es auf Basis der inländischen Potenziale für Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik möglich ist, eine Vollversorgung mit regenerativem Strom für Österreich zu ermöglichen und wenn ja, wie. Da diese Frage mit ja beantwortet werden konnte, stellte sich darauf aufbauend unter anderem die Frage, welcher Speicherbedarf für ein solches regeneratives Stromsystem notwendig wäre. Diese Frage soll in diesem Beitrag beantwortet werden.

Im Projekt wurde die Annahme getroffen Österreich als Insel zu betrachten. Dies impliziert die Unabhängigkeit dieses Systems in zwei Stufen: Erstens die Energieautarkie und zweitens die Leistungsautarkie. Die letztere Bedingung geht über die erste hinaus und fordert, dass zu jedem Zeitpunkt die Bilanz von Erzeugung und Verbrauch ausgeglichen sein muss, um einen stabilen Netzbetrieb zu ermöglichen. Als ausgleichende Komponente im Energiesystem werden Speicher eingesetzt, deren Größenordnung bestimmt werden soll.

## **Methodik**

Die Datenbasis für das Projekt stellen meteorologische Messdaten des Niederschlags, der Windgeschwindigkeit und der Globalstrahlung dar. Diese Daten liegen für einen Zeitraum von 15 Jahren in stündlicher Auslösung auf Messstationsbasis vor. Durch Anwendung von Konversionsmodellen (Niederschlagsabfluss-, Windkraft- und Photovoltaik-Modell) wurden die meteorologischen Daten in elektrischen Einspeisezeitreihen umgerechnet. Zusammen mit einer Flächenpotenzialanalyse konnte die regenerativen Potenziale für Windkraft [1] und Photovoltaik [2] in Österreich bestimmt werden. Darüber hinaus wurde auf Basis der Messdaten eine Regionalisierung Österreichs in acht Regionen vorgenommen, um damit Ausgleichseffekte analysieren zu können [3]. Schließlich wurden auf Basis von Recherchen die (Pump-)Speicherpotenziale für Österreich ermittelt.

Um mögliche Entwicklung hinsichtlich des Ausbaus der Wasserkraft sowie des Stromverbrauches abzubilden, wurden sechs Szenarien entwickelt. Der jährliche Stromverbrauch variiert zwischen 69 TWh, 86 TWh und 137 TWh, die jährliche Erzeugung aus Wasserkraft zwischen 41 TWh und 51 TWh. Die Wasserkraft wird als must-run-Kapazität angesehen, d.h. es wird das vorhandene Potenzial stets abgearbeitet. Die Anteile von Windkraft und Photovoltaik können im Rahmen ihrer Potenziale variiert werden.

Um den Speicherbedarf zu bestimmen, wurde ein iterativer Optimierungsprozess implementiert. Beginnend mit einem Anfangsmix der Erzeugungsanteile aus Windkraft und Photovoltaik wird für jeden Zeitpunkt die Differenz zwischen Erzeugung und Last über alle Regionen und Technologien gebildet. Darauf aufsetzend wird in einer unterlagerten, dreistufigen Optimierung die bestmögliche Abarbeitung des Regelarbeitsvermögens der Speicherkraftwerke ermittelt. Es werden dabei die Ergebnisse der Speicherpotenzialanalyse hinsichtlich des Regelarbeitsvermögens, aufgeteilt nach Tages-, Wochen- und Monatsspeichern, verwendet. Dadurch können Lastspitzen ausgeglichen und der Restlastbedarf geglättet werden. Schließlich wird der zusätzliche Speicherbedarf ermittelt, um die Leistungsautarkie des Systems zu gewährleisten. Dabei wird der Wälzwirkungsgrad für die Pumpspeicherung berücksichtigt.

Als Zielfunktion der Optimierung können wahlweise die Speicherkapazität (Energieinhalt) oder die Pumpleistung minimiert werden. Als Nebenbedingung muss der Stromverbrauch samt Verlusten durch die regenerative Erzeugung über den Betrachtungszeitraum von 15 Jahren gedeckt werden. Die

---

<sup>1</sup> Technische Universität Wien, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Gußhausstraße 25/370-1, A-1040 Wien; Tel.: +43 1 58801 370114; Fax: +43 1 58801 9370114; boxleitner@ea.tuwien.ac.at, www.ea.tuwien.ac.at

Optimierung wurde in Matlab implementiert. Aufgrund der Komplexität der Problemstellung wurde ein Multistart-Problem formuliert. Damit soll vermieden werden, dass lokale Optima anstatt des globalen Optimums gefunden werden.

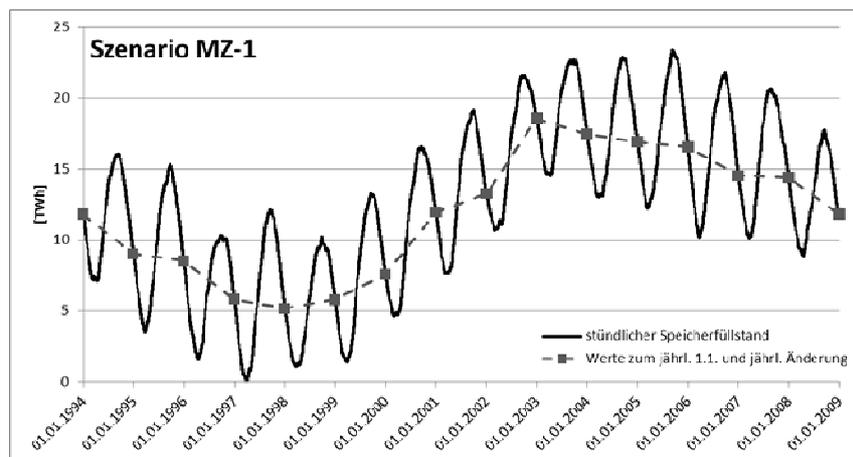
## Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die notwendigen Speicherkapazitäten und maximalen Pumpleistungen für ausgewählte Szenarien und Zielfunktionen dargestellt. Der Bedarf an Pumpleistung übersteigt das Potenzial je nach Szenario um den Faktor zwei bis vier. Die notwendigen Speicherkapazitäten übersteigen die potenziell vorhandenen Kapazitäten sogar um mehr als den Faktor 100.

**Tabelle 1:** Notwendige Speicherkapazitäten und max. Pumpleistungen für ausgewählte Szenarien im Vergleich zum österreichischen Potenzial

	Speicherkapazität [TWh]	max. Pumpleistung [GW]
<b>Österreichisches Potenzial</b>	0,14	4,8
<b>LZ-1</b>	17,0	11,7
<b>LZ-2</b>	17,3	10,6
<b>MZ-1</b>	23,4	21,4

Die Abbildung 1 zeigt den Speicherfüllstand über den gesamten Betrachtungszeitraum von 15 Jahren, sowie die Speicherfüllstände zum jeweiligen Jahresbeginn für ein ausgewähltes Szenario. Es zeigt sich, dass mehrjährige Betrachtungen notwendig sind, um die Auswirkungen einer regenerativen Stromvollversorgung abbilden zu können. Wie die Abbildung zeigt, müssten in Jahren mit gutem regenerativem Dargebot Reserven für Jahre mit schlechterem Dargebot aufgebaut werden, um eine ausgeglichene energetische Bilanzierung zu ermöglichen.



**Abbildung 1:** Speicherfüllstand über dem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren und die Speicherfüllstände zum jeweiligen Jahresbeginn (1.1.) sowie die jährlichen Änderungen für das Szenario MZ-1

Zusammengefasst zeigt sich, dass trotz vorhandener regenerativer Potenziale eine leistungsautarke Vollversorgung mit Strom aus regenerativen Quellen in Österreich mit einem Speicheraufwand verbunden wäre, der die Potenziale z.T. weit übersteigt.

## Literatur

- [1] Boxleitner, M. et al.: Super-4-Micro-Grid und das Österreichische Windpotenzial; 11. Symposium Energieinnovationen, 10.-12.2.2010, Graz/Austria
- [2] Groiß, Chr. et al.: Photovoltaik-Erzeugung für eine regenerative Vollversorgung Österreichs; 11. Symposium Energieinnovationen, 10.-12.2.2010, Graz/Austria
- [3] Boxleitner, M. et al.: Optimaler Erzeugungsmix für 100 Prozent regenerativen Strom in Österreich, 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 16.-18.2.2011, Wien

Das Projekt „Super-4-Micro-Grid“ wird aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.

