Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 108 (2016)
Heft: 4

Artikel: Zukünftige Rentabilität von Schweizer Wasserkraftwerken
Autor: Wipfli, Dominik / Keller, Josef
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939531

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zukünftige Rentabilität von Schweizer Wasserkraftwerken

Dominik Wipfli, Josef Keller

Zusammenfassung

Die internationalen Klimaziele und die Transition des Energiesystems hin zu mehr erneuerbaren Energiequellen führen zu grossen Veränderungen in der Struktur der Strompreise am Spotmarkt. Dies stellt Betreiber von Wasserkraftwerken vor unterschiedliche Herausforderungen. Um Abschätzungen zur zukünftigen Rentabilität von Kraftwerken zu treffen, sind Prognosen für die Strompreisentwicklung notwendig. Ompex simulierte anhand eines Fundamentalmodells die Auswirkungen der Energiewende auf die zukünftigen Spotpreise in der Schweiz. Die Stilllegung fossiler und nuklearer Grundlastkraftwerke in Mitteleuropa lassen ein erhöhtes Preisniveau und eine erhöhte Volatilität am Spotmarkt erwarten. Die Situation der Schweizer Wasserkraftwerke würde sich im aufgezeigten Szenario künftig verbessern. Laufwasser- und Speicherkraftwerke profitieren von einem höheren Preisniveau, während Pumpspeicherkraftwerke dank der höheren Volatilität mehr Erträge erzielen können.

1. Einleitung

Die aktuelle Situation auf dem Strommarkt stellt viele Schweizer Wasserkraftwerke vor finanzielle Herausforderungen. Unter anderem führen Überkapazitäten in den Nachbarstaaten zu tiefen Strompreisen. Der fortschreitende Ausbau von erneuerbaren Energien sowie die immer noch sehr niedrigen Rohstoffpreise lassen an den Terminmärkten für die nächsten drei bis vier Jahre keine signifikante Erholung erkennen.

Wasserkraftwerke sind für sehr lange Laufzeiten bestimmt. Abschätzungen der Werthaltigkeit dieser Anlagen, sowie Investitions- und Stilllegungsentscheidungen erfordern langfristige Strompreisprognosen, die über den verhältnismässig kurzen Zeithorizont der am Markt gehandelten Terminprodukte hinausgehen.

Ompex hat auf Basis eines Fundamentalmodells die Auswirkungen der zu erwartenden Umwälzungen in der Mitteleuropäischen Elektrizitätslandschaft unter Berücksichtigung der internationalen Klimaziele und der Energiewende simuliert. In diesem Artikel werden die Implikationen für die Schweizer Wasserkraft dargelegt.

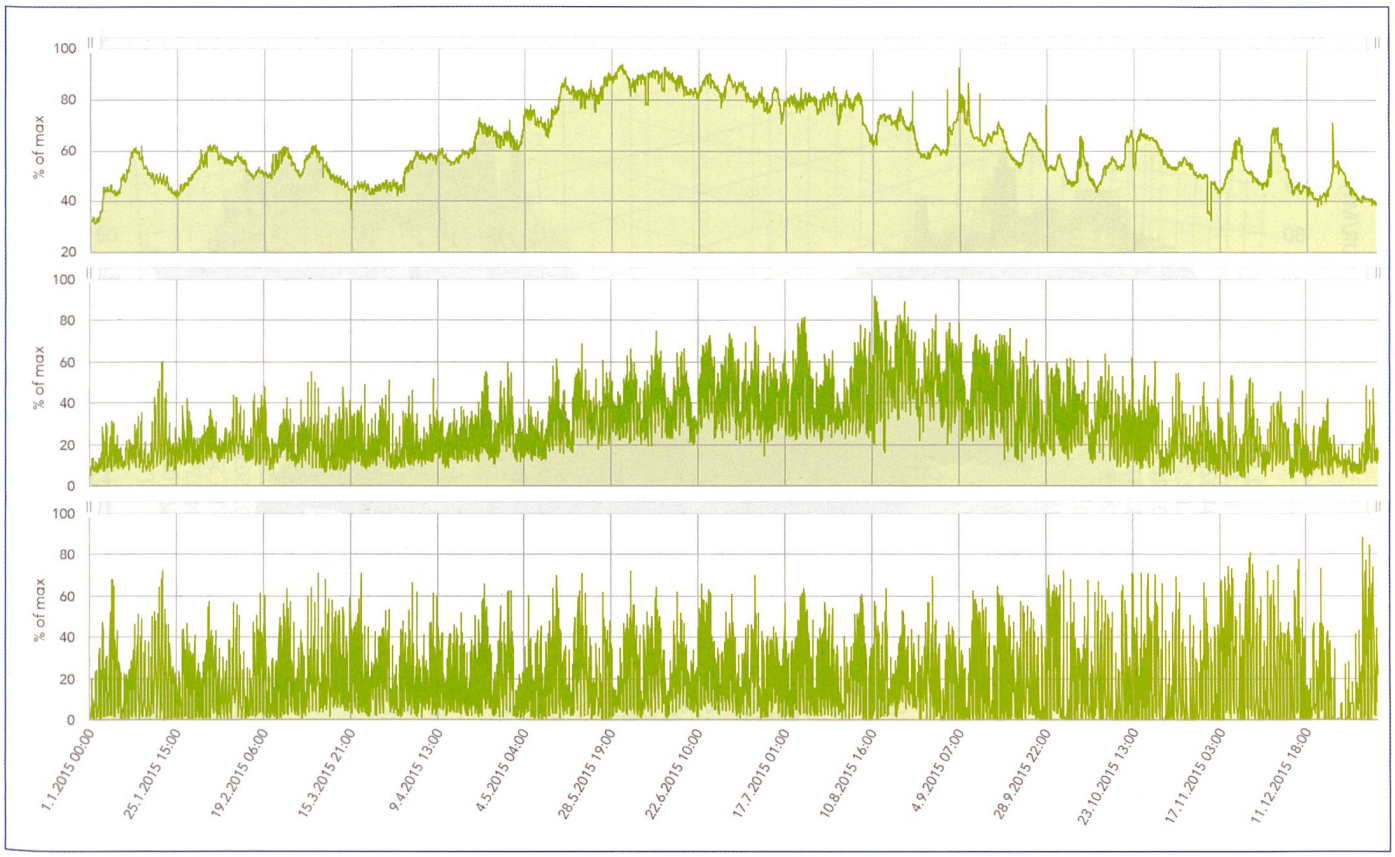

Bild 1. Typische Produktionsprofile der drei Kraftwerkstypen Laufwasser (oben), Speicherwasser (Mitte) und Pumpspeicher (unten) in stündlicher Auflösung. (Quelle: Ompex, Ausgewählte Kraftwerke der Schweiz und Österreich der Jahre 2014 bis 2016).

2. Wasserkraftwerke und Spotpreisstruktur

2.1 Wasserkraftwerkstypen

Die Wasserkraft geniesst in der Schweiz eine lange Tradition. Es werden Wasserkraftwerke unterschiedlichster Art betrieben. Die Wirtschaftlichkeit eines spezifischen Wasserkraftwerks muss immer im Einzelfall betrachtet werden. In der vorliegenden Analyse wird der Versuch unternommen, mittels einer Unterteilung der Wasserkraftwerke in verschiedene Kraftwerkstypen generelle Tendenzen aufzuzeigen. Für die weitere Betrachtung wird zwischen folgenden drei Typen differenziert: Laufwasser-, Speicherwasser- und Pumpspeicherwerke (in Anlehnung an *Filippini* und *Geissmann*, 2014).

2.2 Optimierung des Kraftwerkseinsatzes

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist davon auszugehen, dass der Kraftwerkseinsatz auf Basis der erzielbaren Preise optimiert wird. Die Preisstruktur am Spotmarkt spielt daher für die Analyse der Wirtschaftlichkeit der drei Kraftwerkstypen eine wesentliche Rolle. Der Fokus liegt hierbei einerseits auf den saisonalen Preisunterschieden und andererseits auf den kurzfristigen Preisschwankungen.

In *Bild 1* (vorherige Seite) sind die typischen Produktionsprofile der drei oben erwähnten Kraftwerkstypen für die Jahre 2014 bis 2016 in stündlicher Auflösung dargestellt. Bei Laufwasser erkennt man ein deutlich erhöhtes Produktionsniveau in den Sommermonaten, welches auf die Schneeschmelze und erhöhte Niederschläge zurückzuführen ist. Zugleich findet auf stündlicher und täglicher Basis nur eine sehr geringe Veränderung der Produktionsmenge statt. Laufwasserkraftwerke können nicht oder nur sehr beschränkt auf Preissignale am Markt reagieren. So ist beispielsweise ein Laufwasserkraftwerk mit hoher Produktionsmenge im Sommer stark von tiefen Preisen in dieser Jahreszeit betroffen.

Die Produktionskurve der Speicherwasserwerke zeigt ebenfalls klare saisonale Unterschiede, wobei die Produktionsmenge im Jahresverlauf erst etwas später ansteigt als bei Laufwasser. Speicherwasserwerke sparen die Wassermengen des Sommers für die höheren Spotpreise im Herbst und Winter. Die untertägige Optimierung ergibt ein stark schwankendes Produktionsprofil.

Bei Pumpspeicherwerken hängt der Verlauf der Produktionskurve sehr stark vom Verlauf der Spotpreise ab. Im Gegensatz zu Laufwasserwerken und Speicherwasserwerken erkennt man bei Pumpspeicherwerken im Winter eine höhere Produktionsmenge als im Sommer. Die kurzfristige Optimierung auf Stunden- und Tagesbasis ergibt ein sehr stark schwankendes Jahresprofil. Im Extremfall kann ein Pumpspeicherwerk auch bei einem tiefen Preisniveau rentabel sein, solange die Preisvolatilität am Spotmarkt genügend hoch ist. Diese grafischen Erkenntnisse widerspiegeln sich auch in den Daten der Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz (*BFE*, 2016).

3. Aktuelle Situation am Spotmarkt

3.1 Spotpreisstruktur im Jahr 2015

Wie aus dem vorangehenden Abschnitt hervorgeht, ist für die Bewertung eines Kraftwerks nicht nur das erwartete Preisniveau, sondern auch die erwartete Preisstruktur im stündlichen und täglichen Verlauf relevant.

Bild 2 zeigt die Spotpreisstruktur im Jahr 2015, dargestellt als dreidimensionale Fläche. Diese Darstellung erlaubt gleichzeitig die Betrachtung des Jahresverlaufs (X-Achse) wie auch der untertägigen Preisstruktur (Y-Achse).

Im Vergleich zu den Preisen der vergangenen fünf Jahre war das Preisni-

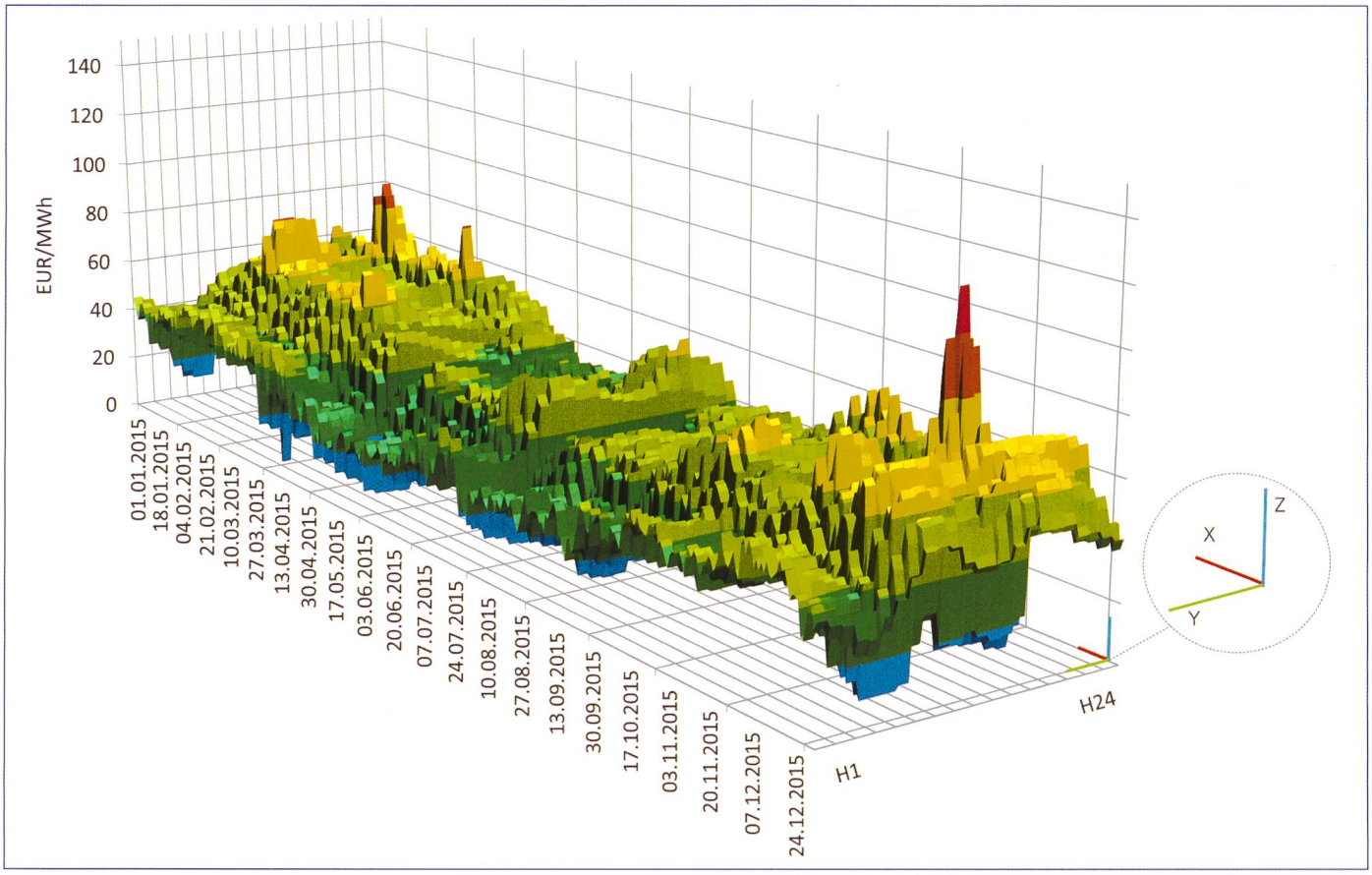

Bild 2. Stündliche Spotpreisstruktur 2015 (Jahresverlauf auf X-Achse [01.01.2015–31.12.2015], Stundenverlauf auf Y-Achse [H1–H24], Spotpreis in EUR/MWh auf Z-Achse [0–140]) (Quelle: Ompex, Preisdaten EPEXSpot).

veau 2015 generell tiefer. Die Preise im Winter sind etwas höher als im Sommer. Sowohl auf Stunden- als auch auf Tagesbasis waren 2015 die Preisausschläge moderat. Tiefe Preise und eine geringe Volatilität, wie sie im Jahr 2015 zu beobachten waren, stellen eine ungünstige Kombination für Schweizer Wasserkraftwerke dar. Die Laufwasser- und Speicherwerke sind betroffen von tiefen Preisen, die Pumpspeicherwerke leiden aufgrund der geringen Volatilität.

4. Langfristige Strompreisprognose

4.1 Veränderungen im mitteleuropäischen Strommarkt

Im Folgenden gilt es, Abschätzungen zu treffen für die Auswirkungen der anstehenden und tief greifenden Veränderungen im mitteleuropäischen Strommarktumfeld. Einerseits erfordert die Erreichung der europäischen und globalen Klimaziele eine Transition des Produktionsparks hin zu erneuerbaren Energiequellen. Andererseits bedingt das langfristige Ziel des Atomausstiegs einen Ersatz dieser Erzeugungskapazitäten. Folglich werden in den nächsten zehn Jahren in unseren Nachbarstaaten und in der Schweiz viele in die Jahre gekommene Grundlastkraftwerke stillgelegt und durch erneuerbare Energiequellen ersetzt. Diese Veränderungen werden unweigerlich einen Einfluss auf die Preisstruktur haben.

4.2 Fundamentalmodell für Langfristprognose

Der am Terminmarkt gehandelte Strom umfasst einen Zeithorizont von nur etwa vier Jahren. Für die Zeit danach können keine Marktpreise für Bewertungen herangezogen werden. Ompex hat für die langfristige Spotpreisprognose ein Fundamentalmodell entwickelt, welches den Veränderungen relevanter Einflussfaktoren Rechnung trägt und verschiedene Szenarien für deren Entwicklung erlaubt.

4.3 Rohstoffszenario

Im Ompex-Basisszenario für das Jahr 2025 gehen wir von einer positiven Wirtschaftsentwicklung aus. Den Preisen für Kohle und Erdgas wird ein moderater Anstieg unterstellt. Weiterhin gehen wir davon aus, dass die europäische Klimapolitik hauptsächlich auf das Instrument der CO_2-Besteuerung zur Reduktion der Treibhausgasemissionen setzt. Dies kann grundsätzlich über das bestehende Emissionshandelssystem erfolgen oder über nationale Steuern wie in Grossbritannien. In der Folge unterstellen wir einen Preis für CO_2-Emissionen von rund EUR 17 pro Tonne.

4.4 Entwicklung des Kraftwerksparks

Kraftwerksseitig werden in den Nachbarstaaten der Schweiz rund 26 Gigawatt (GW) installierte Kapazität von Grundlastkraftwerken stillgelegt. Dies umfasst altersbedingte oder politisch initiierte Stilllegungen von Kernkraftwerken in Frankreich und in Deutschland sowie von Kohlekraftwerken in Deutschland und in Italien. Demgegenüber werden über 90 GW an erneuerbarer Erzeugungskapazität installiert. Diese im Basisszenario verwendeten Werte entsprechen der Summe der politischen Zielsetzungen und nationalen Energiestrategien der jeweiligen Länder.

In der Schweiz steht die Abschaltung der älteren Kernkraftwerke bevor. Dieser Wegfall soll mit erneuerbaren Energien, vor allem mit Photovoltaik kompensiert werden. Wir nehmen im Basisszenario einen Zubau von rund 3.5 GW Photovoltaik bis 2025 an. Da der Strompreis in der Schweiz weitgehend von den Preisen im umliegenden Ausland abhängt, ist der Effekt von Veränderungen des Kraftwerksparks im Inland jedoch viel geringer als jener der erwarteten Veränderungen im Ausland.

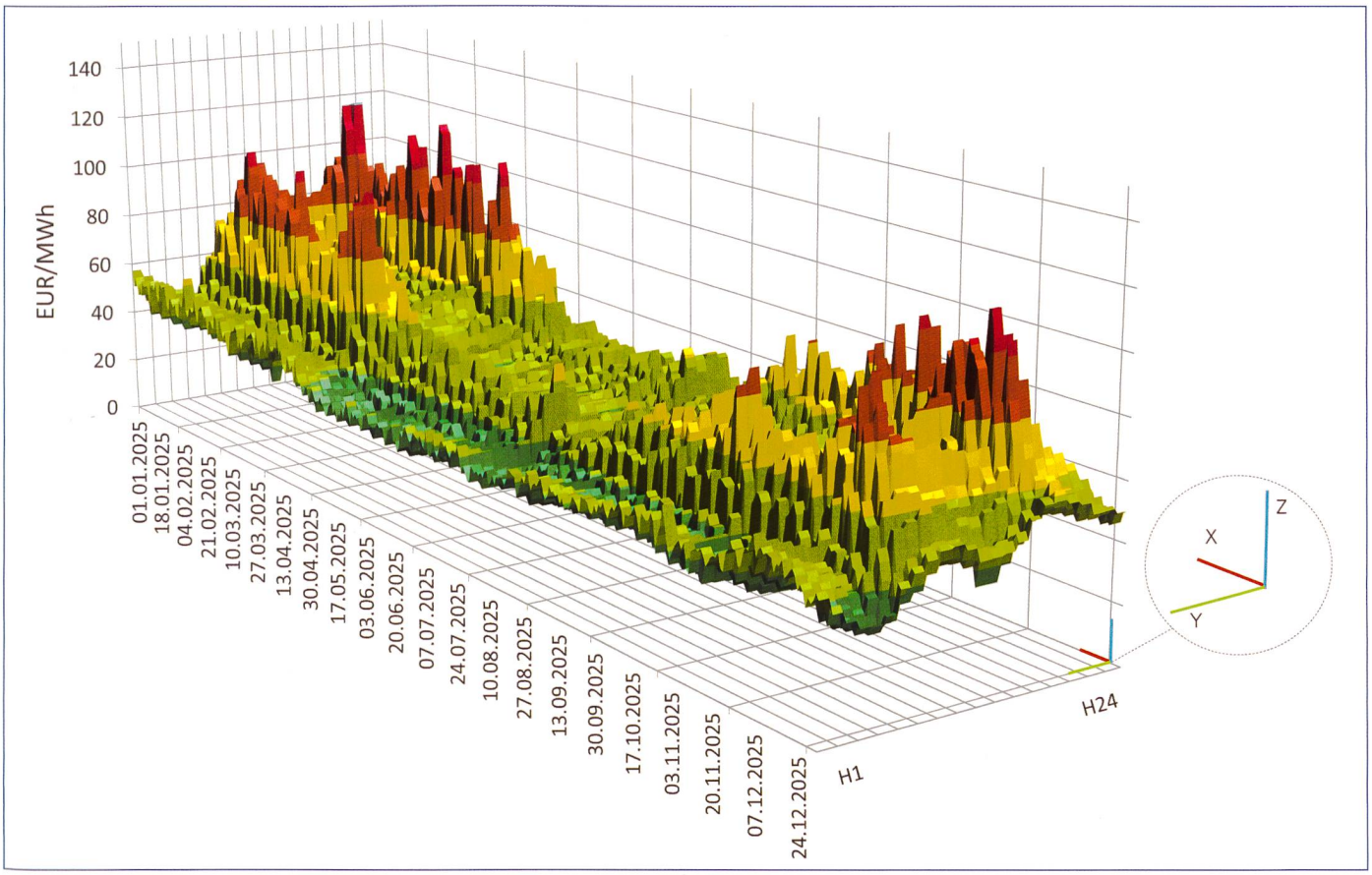

Bild 3. Stündliche Spotpreisstruktur 2025 (Jahresverlauf auf X-Achse [01.01.2025–31.12.2025], Stundenverlauf auf Y-Achse [H1–H24], Spotpreis in EUR/MWh auf Z-Achse [0–140]) (Quelle: Ompex Langfristprognose).

4.5 Simulationsresultate

Das von Ompex entwickelte Fundamentalmodell simuliert den optimalen stündlichen Kraftwerkseinsatz. Unter anderem können Rohstoff- und CO_2-Preise sowie der Kraftwerkspark als freie Parameter in die Simulation eingesetzt werden. *Bild 3* zeigt die aus der Simulation resultierende Spotpreisstruktur für das Jahr 2025.

Die resultierende Spotpreisstruktur unterscheidet sich in zweierlei Hinsicht grundlegend von jener im Jahr 2015. Der veränderte Kraftwerkspark und die Bestrebungen in der Reduktion von Treibhausgasemissionen führen zu Veränderungen der Angebotsseite. Erstens resultiert ein erhöhtes durchschnittliches Preisniveau. Zweitens führt der umfangreiche Wegfall von Grundlastkraftwerken zu einer erhöhten Volatilität in den Wintermonaten. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass die Preisspitzen häufig in jenen Stunden mit hohem Verbrauch bei gleichzeitig geringer Sonneneinstrahlung auftreten. Diese Häufung von Preisspitzen ist zu einem grossen Teil auf die Stilllegung der deutschen Kernkraftanlagen in den Jahren 2021 und 2022 sowie weiteren Stilllegungen von Grundlastkraftwerken zurückzuführen. Zweitrangig zeigen sich auch die Einflüsse der französischen und schweizerischen Kraftwerksparkveränderungen.

5. Implikationen für Wasserkraftwerke

5.1 Laufwasserkraftwerke

Die aus der Simulation resultierende Spotpreisstruktur im Jahr 2025 hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Rentabilität der in Abschnitt 2 differenzierten Wasserkraftwerkstypen.

Laufwasserkraftwerke mit geringer Flexibilität profitieren vom generell höheren Preisniveau. Jene Kraftwerke mit hohem Produktionsvermögen im Winterhalbjahr erzielen im gezeigten Szenario einen noch höheren Ertrag.

5.2 Speicherwasserkraftwerke

Speicherwasserkraftwerke können aufgrund ihres Produktionsprofils ebenfalls von erhöhten Preisen im Sommerhalbjahr profitieren. Das Potenzial für hohe Preise im Sommer wird aber aufgrund der Einspeisemengen von Photovoltaikanlagen begrenzt. Die Betreiber von Speicherwasserwerken werden also weiterhin versuchen, im Sommer einen möglichst grossen Teil des Wassers für den Herbst und Winter zurückzuhalten. Hier können sie einerseits von höheren Preisen und andererseits von einer erhöhten Volatilität profitieren. Je höher die Flexibilität des Kraftwerks, desto besser kann es die Produktion an kurzfristigen Preisspitzen ausrichten.

5.3 Pumpspeicherkraftwerke

Pumpspeicherkraftwerke sind vielfältig einsetzbar und können von untertägigen, täglichen und wöchentlichen Preisdifferenzen und Preisbewegungen profitieren (vgl. *Frontier Economics*, 2013). Wie stark ein bestimmtes Pumpspeicherkraftwerk unterschiedliche Volatilitäten ausnützen kann, hängt weitgehend von den technischen und umweltbedingten Rahmenbedingungen des Kraftwerkbetriebs ab. So kann zum Beispiel die Vorgabe zur Einhaltung eines bestimmten Seestandes dazu führen, dass gewisse Preisdifferenzen nur beschränkt ausgenutzt werden können. Die höhere Volatilität der Spotpreise im Winterhalbjahr verbessert für Pumpspeicherkraftwerke signifikant die Möglichkeiten zur Erwirtschaftung positiver Deckungsbeiträge.

6. Fazit

6.1 Aktuelle Situation und Ausblick

Die momentane Spotpreisstruktur stellt für viele Wasserkraftwerke eine ungünstige Situation dar. Dabei sind die verschiedenen Typen von Wasserkraftwerken – Laufwasser-, Speicherwasser- und Pumpspeicherwerke – in unterschiedlicher Weise betroffen.

Im Basisszenario ergibt die Simulation der zukünftigen Spotpreise mithilfe des Ompex-Langfristprognosemodells ein höheres Preisniveau und eine höhere Volatilität. Die Situation der Schweizer Wasserkraftwerke würde sich in diesem Szenario künftig verbessern. Davon am stärksten profitieren würden Kraftwerke mit hoher Flexibilität, allen voran die Pumpspeicherkraftwerke.

6.2 Mehrere Szenarien für konkrete Kraftwerksbewertungen notwendig

Das gezeigte Szenario zur Strompreisentwicklung stellt nur einen von vielen möglichen Entwicklungspfaden dar. Für konkrete Kraftwerksbewertungen ist die Erstellung mehrerer Szenarien zu empfehlen. Um die Implikationen der Veränderung der Preisstruktur zielgerichtet analysieren zu können, sollten die für einen spezifischen Kraftwerkspark relevanten Fragestellungen bereits bei der Erarbeitung der Szenarien berücksichtigt werden. Abschliessend ist festzuhalten, dass sich die Randbedingungen für die Abschätzung der zukünftigen Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken fortlaufend ändern. Dies erfordert eine regelmässige Überarbeitung solcher Analysen.

Literatur

Ompex Langfristprognosemodell

BFE, 2016, Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz.

EPEXSpot, 2015: Spotpreise Schweiz

Filippini Massimo , Geissmann Thomas, 2014: Kostenstruktur und Kosteneffizienz der Schweizer Wasserkraft (Studie im Auftrag des BFE).

Frontier Economics, 2013: Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz im Rahmen der Energiestrategie 2050 (Studie im Auftrag des BFE).

Anschrift der Verfasser

Dominik Wipfli, *Josef Keller*, Ompex AG

Mühlebachstrasse 20, CH-8008 Zürich

dominik.wipfli@ompex.ch

josef.keller@ompex.ch