

Whitepaper; 09.01.2017



Kombiniertes Marktmodell – integrierte Modellierung von Spot- und Regelenergiemärkten

von Mario Leisten

ENERKO Strommarktmodell

Ein essentieller Bestandteil bei der Bewertung von Unternehmensstrategien ist die Entwicklung der Energiemärkte. ENERKO hat hierzu ein Fundamentalmodell aufgebaut, welches den europäischen Strommarkt auf Stundenebene abbildet. Somit ist es möglich, Preisprognosen für den Spotmarkt unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien zu erstellen. Neben den Brennstoff- und CO₂-Preisen stellen die installierten Kapazitäten verschiedener Technologien Eingangsdaten für die Modellierung dar. Als Grundlage wurde der deutsche Kraftwerkspark aus der Kraftwerksdatenbank der Bundesnetzagentur (BNetzA) abgeleitet. Der Kraftwerkspark der Nachbarländer basiert auf einer europäischen Kraftwerksdatenbank. Der deutsche Spotmarkt und die Märkte der Nachbarländer sind über Kuppelkapazitäten gemäß ENTSO-E gekoppelt. Nicht modellierte Länder (S, ES, I usw.) werden als Satellitenregionen über das Stromaustauschsaldo als Korrekturglied berücksichtigt.

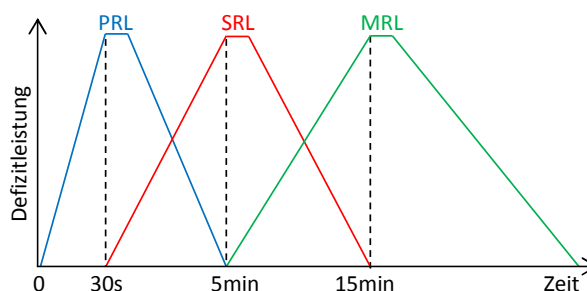
Regelleistung

Eine weitere wichtige Komponente zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Anlage, beispielsweise bei Power-to-Heat Anlagen, ist die Vermarktung der Kraftwerksleistung auf den Regelleistungsmärkten.

Im Rahmen der Liberalisierung wurde die Struktur des deutschen Energiemarktes angepasst. Hierdurch ist nun auch ein Wettbewerb auf dem Markt für Regelleistung möglich. Es wird zwischen drei Qualitäten unterschieden, für die verschiedene Voraussetzungen gelten. Dabei handelt es sich um die Primärregelleistung (PRL), Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenreserveleistung (MRL). Ziel bei der Bereitstellung von Regelleistung ist es, zu jedem Zeitpunkt ein Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch im Stromnetz zu gewährleisten, sodass die Versorgungssicherheit und somit ein sicherer Netzbetrieb auch bei unvorhergesehenen Ereignissen nicht gefährdet ist. Übersteigt die Erzeugung den zeitgleichen Verbrauch, wird negative Regelleistung benötigt. Ist der Verbrauch hingegen höher als die Erzeugung, muss positive Regelleistung bereitgestellt werden.

Die drei zuvor genannten Regelleistungsarten werden bei einem Ungleichgewicht im Versorgungsnetz zwi-

schen Last und Erzeugung nacheinander eingesetzt, um die Netzfrequenz wiederherzustellen.



Die benötigte Menge an Regelenergie wird von den Übertragungsnetzbetreibern wöchentlich für PRL und SRL ausgeschrieben. Die Ausschreibung für MRL erfolgt täglich. In Zukunft ist jedoch mit Anpassungen der Ausschreibungszeiträume, insbesondere für Sekundärregelleistung, zu rechnen.

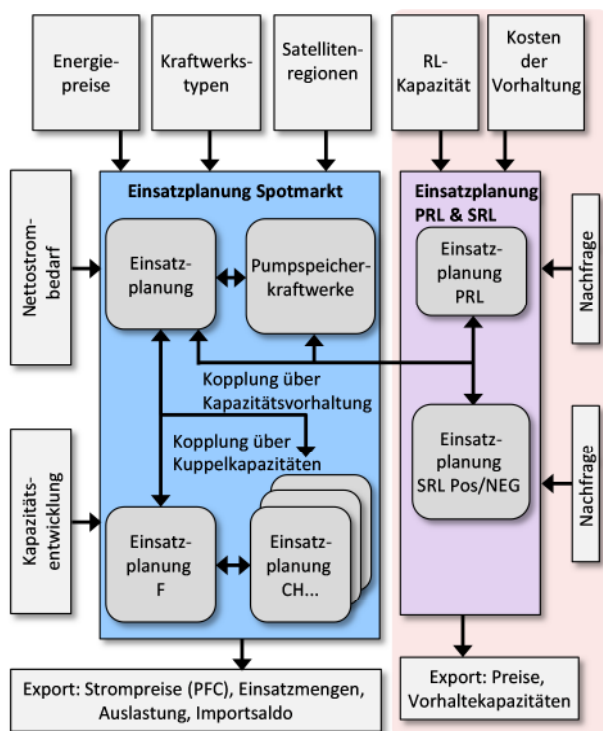
Die Ausschreibung erfolgt für alle drei Regelleistungsqualitäten im Rahmen einer Auktion, wobei für die PRL ein Preis für die Vorhaltung und den Abruf gemeinsam geboten wird. Im Gegensatz dazu werden für die anderen beiden Qualitäten ein Leistungspreis (LP) für die Vorhaltung und ein Arbeitspreis (AP) für den tatsächlichen Abruf der Leistung gezahlt. Der Zuschlag erfolgt anhand der Merit-Order der gebotenen Preise. Der höchste bezuschlagte Leistungspreis stellt den Grenzpreis dar. Jeder zugeschlagene Anbieter erhält als Vergütung den von ihm gebotenen Leistungspreis. Für die bezuschlagten Angebote der Sekundärregelleistung und Minutenreserve wird anschließend eine weitere Merit-Order aufgestellt. Diese wird nach den gebotenen Arbeitspreisen sortiert. Kommt es in dem Angebotszeitraum zu einem Abruf, wird die benötigte Leistung gemäß dieser Reihenfolge eingefordert und der gebotene Arbeitspreis wird diesen Anbietern zusätzlich gezahlt.

Anlagenbetreibern müssen sich für eine Vermarktung ihrer verfügbaren Leistung auf dem Spotmarkt oder dem Regelleistungsmarkt entscheiden. Eine Doppelvermarktung ist nicht möglich, weshalb eine Untersuchung des Regelleistungsmarktes nur in Kombination mit der Betrachtung des Spotmarktes erfolgen kann. Bei einer Angebotsstellung auf dem Regelleistungsmarkt können Kraftwerkskapazitäten nicht optimal auf dem Spotmarkt eingesetzt werden. So können beispielsweise hohe Spotmarktpreise nicht vollständig ausgenutzt werden.

Weiterhin müssen auch niedrige Spotmarktpreise in Kauf genommen werden, um ein Kraftwerk während des Vorhaltens von Regelleistung auf Mindestleistung zu betreiben.

Modellierung des Regelleistungsmarktes

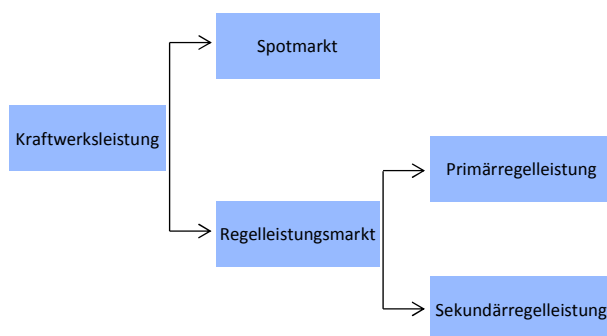
Neben der Betrachtung des Spotmarktes bildet das kombinierte Marktmodell der ENERKO auch das Verhalten der Technologien auf dem Regelleistungsmarkt ab. Hierdurch können zusätzlich zu den Spotmarktpreisen die Grenzleistungspreise für Regelleistungsvorhaltung für einen Zeitraum bis 2040 prognostiziert werden. In die Optimierung eingebunden sind der Primär- und Sekundärregelleistungsmarkt. Berücksichtigung findet auch eine eventuelle Anpassung des Ausschreibungsverfahrens für Sekundärregelleistung. So ist bereits, zusätzlich zu der noch aktuellen wöchentlichen Ausschreibung, eine tägliche Ausschreibung implementiert. Diese verkürzten Ausschreibungszeiträume mit täglich 6 Zeitscheiben sind von der Bundesnetzagentur für die Zukunft fest vorgesehen.



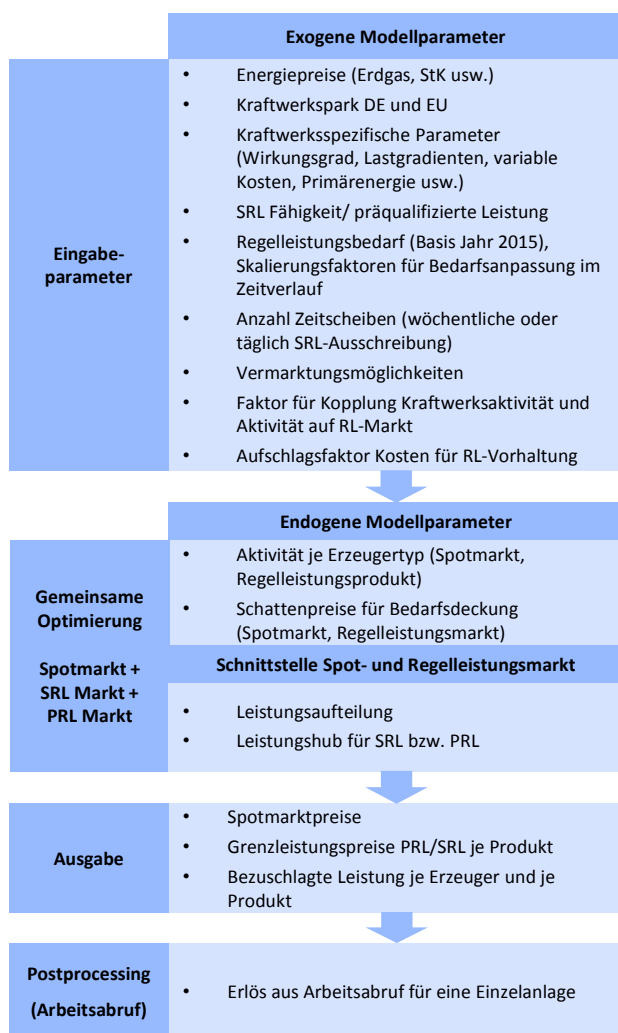
Für jeden Kraftwerkstyp können die Märkte ausgewählt werden, an denen die verfügbare Leistung angeboten werden soll. Diese Unterscheidung ist notwendig, da es technische Mindestanforderungen gibt, die von den Marktteilnehmern nachgewiesen werden müssen, um

an den entsprechenden Auktionen teilnehmen zu dürfen. So sind bspw. Biomasseanlagen aufgrund ihrer langsameren Anfahrsgeschwindigkeiten nicht für die Vermarktung von Primärregelleistung präqualifiziert. In dem kombinierten Marktmodell ist eine Vielzahl an unterschiedlichen Technologien implementiert. Neben den konventionellen Erzeugern werden auch Erzeuger aus Erneuerbaren Energien wie Wind- oder Biomasseanlagen, sowohl für die Spotmarkt- als auch für die Regelleistungsbetrachtung berücksichtigt. Auch Technologien, die ausschließlich auf dem Regelleistungsmarkt ihre Leistung anbieten, wurden abgebildet. Hierzu gehören das Demand-Side-Management (DSM), Batteriespeicher und Power-to-Heat-Anlagen. Da in Zukunft auch die Möglichkeit bestehen könnte, dass Regelleistung durch Elektroautos angeboten wird, wurde auch diese Komponente bereits implementiert.

Innerhalb der Optimierung werden die verfügbaren Kapazitäten der modellierten Technologien auf die Produkte der Regelleistung und des Spotmarktes aufgeteilt. Eine Doppelvermarktung ist nicht möglich. Die Schnittstelle zwischen dem Spot- und Regelleistungsmarkt besteht in der Aufteilung der verfügbaren Leistung je Technologie auf diese beiden Märkte.



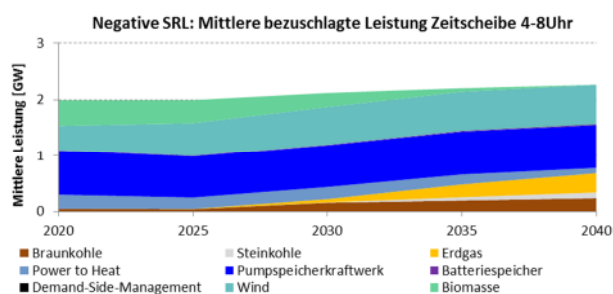
Zu jedem Zeitpunkt der Simulation muss der vorgegebene Bedarf gedeckt sein. Jede verwendete zusätzliche Leistungseinheit einer Anlage verursacht Kosten. Ziel der Optimierung ist folglich eine Bedarfsdeckung zu minimalen Kosten. Die Kosten der letzten benötigten Einheit entsprechen dem markträumenden Spotmarktpreis bzw. den Grenzleistungspreisen im Fall der Bedarfsdeckung der ausgeschriebenen Regelleistung. Die Bedarfsgleichungen liefern, zusätzlich zu den Preisen des Spot- und Regelleistungsmarktes, die Aufteilung der Gesamtkapazität je Technologie auf die einzelnen Produkte.



Innerhalb des kombinierten Marktmodells wird zunächst nur die Vorhaltung der Regelleistung betrachtet. Da es sich bei der Sekundärregelleistung jedoch um eine zweidimensionale Auktion handelt, muss auch diese zweite Komponente, der Arbeitsabruf, bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzelner Anlagen berücksichtigt werden. Da die Merit-Order des Abrufs jedoch auf den bezuschlagten Leistungen basiert, kann diese Betrachtung nicht während derselben Optimierung durchgeführt werden. Aus diesem Grund erfolgt die Berechnung der Erlöse aus dem Arbeitsabruf in einem Postprocessing. Input dieses Postprocessings sind die bezuschlagten Leistungen je SRL-Regelleistungsprodukt und je Technologie, welche während des Durchlaufes des kombinierten Marktmodells generiert werden. Weiterhin werden Arbeitspreise für jede Technologie vorgegeben, welche über den Betrachtungszeitraum skaliert werden. Aus diesen beiden Komponenten lässt sich eine Merit-Order für den Arbeitsabruf erstellen. Mit Hilfe

einer Abruffunktion, welche die Stunden eines Abrufs in Abhängigkeit der Merit-Order-Position ermittelt, kann schließlich für eine Einzelanlage ein jährlicher Abruferlös prognostiziert werden.

Nachfolgend ist eine exemplarische, vereinfachte Ergebnisgrafik gezeigt. Hierbei handelt es sich um eine Auswertung der mittleren bezuschlagten Leistung für ein negatives Produkt der Sekundärregelleistung bei täglicher Ausschreibung. Abgebildet werden die Jahresmittelwerte je Technologie. Zu sehen ist der veränderte Regelleistungsbedarf sowie die Anteile der verschiedenen Technologien an der bezuschlagten Leistung für dieses Regelleistungsprodukt im Zeitverlauf.



Zusammenfassend ermöglicht das Kombinierte Marktmodell eine Prognose von Spotmarktpreisen, sowie Grenzleistungspreisen der Produkte der Primär- und Sekundärregelleistung. Auch werden bezuschlagte Leistungen je Technologie ermittelt, welche in einem Postprocessing die Abschätzung von Erlösen aus dem Arbeitsabruf ermöglichen. Diese drei Prognosen stellen letztendlich einen guten Input für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzelner Anlagen oder Preisprognosen im Allgemeinen dar.

Sprechen Sie uns an

Wir würden uns freuen, wenn sie den Kontakt zu uns suchen. Gerne entwickeln wir gemeinsam mit Ihnen individuell angepasste Szenarien, um Preis- und Erzeugungsprognosen mit Hilfe unseres kombinierten Marktmodells zu erstellen.

ENERKO. changing energy.

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH
Mario Leisten
02 46 4 / 971 519
mario.leisten@enerko.de