

# MODELLIERUNG VON MARKT-KOPPLUNG MITHILFE EINER STANDARDISIERTEN MERIT-ORDER

Andreas WEBER<sup>1</sup>, Henrik HERR<sup>2</sup>

## Kurzfassung

Der von uns entwickelte und hier vorgestellte methodische Ansatz der standardisierten Merit-Order ermöglicht es über angepasste Lösungsalgorithmen die Verknüpfung von Märkten mit unterschiedlicher Komplexität zur Modellierung der Marktkoppelung mit vertretbar kurzer Laufzeit in Strommarktmodelle zu implementieren.

## Problemstellung

Ein Problem bei der Modellierung von Strommärkten ist die Berücksichtigung der Einbettung (nationaler) Strommärkte in ein (zunehmend) vernetztes, europäisches Stromsystem. Dabei muss aus unterschiedlichen Gründen (Komplexität, Rechenzeit, Datenverfügbarkeit, Modellschwerpunkt, etc.) eine Vereinfachung stattfinden.

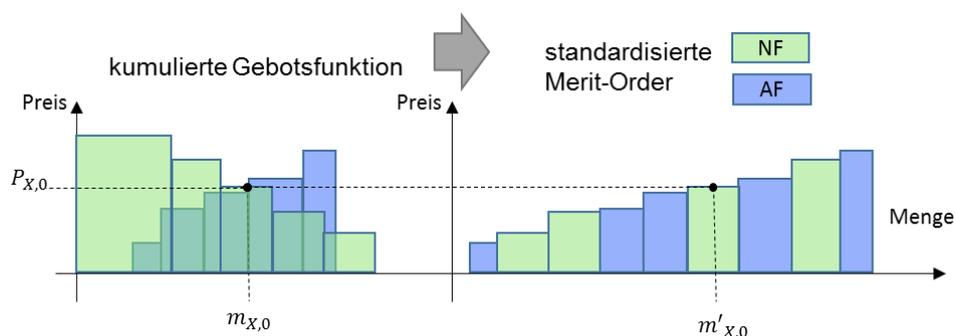
Bei der Entwicklung eines (open-source) Agenten-Modells im Rahmen des Projektes „Mozubi“ (FKZ 03ET4051A, gefördert vom BMWi) wurde ein neuer methodischer Ansatz zur Lösung dieser Problemstellung erarbeitet, der nachfolgend vorgestellt werden soll.

## Konzept der standardisierten Merit-Order

Kerninstrument der Modellierung der Problemfelder Marktkoppelung ist das Konzept der „standardisierten Merit-Order“, die es u.a. erlaubt, Strommärkte unterschiedlicher (Modellierungs-) Komplexität zu verknüpfen.

Dabei handelt es sich nicht wie bei einer „klassischen“ Merit-Order um eine Auflistung der Kraftwerkskapazitäten nach Grenzkosten, sondern um eine Aufreihung von Kosten, die sich einstellen, wenn es zu einer Angebots- oder Nachfrage-Veränderung kommt. Sie lässt sich aus unterschiedlichen Modellierungs(detail-)graden konstruieren und lässt auch negative Preise zu. Als sortierte Liste besitzt sie zudem Eigenschaften, die eine sehr schnelle Verarbeitung zur Lösung optimaler Mengenverschiebungen zulassen.

Sie lässt sich beispielsweise aus einer kumulierten Gebotsfunktion wie folgt konstruieren:



Im Projekt „Mozubi“ wird der (deutsche) Heimmarkt, als agentenbasiertes, blockscharfes Vermarktungsmodell mit dem europäischen Ausland gekoppelt, das über eine generalisierte, landes-, kalender- und wetterabhängige Erzeugungs-Merit-Order vereinfacht abgebildet wird.

<sup>1</sup> Izes gGmbH, Altenkesslerstr. 17 in D-66111 Saarbrücken; Tel.: +49 681 844 972-0; weber@izes; Institutshomepage: [www.izes.de](http://www.izes.de); Projekthomepage <https://mozubi.net/>

<sup>2</sup> Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen – elenia, Schleinitzstraße 23, D-38106 Braunschweig, +49 (531) 391-7700

Darüber hinaus dient die standardisierte Merit-Order auch als Basis für die Modellierung von Blockgeboten.

### Modellierung von Marktkoppelung

Durch die Modellierung mithilfe der standardisierten Merit-Order kann – abweichend von dem Vorgehen der Börse – die Optimierung nicht über eine Maximierung der Renten (soziale Wohlfahrt) erfolgen. Stattdessen erfolgt die Modellierung mit dem Ziel, dass der (europäische) Preis möglichst nah am Einheitspreis ist:

$$\text{Zielfunktion: } \text{Min} \left[ \sum_1^n (P_{eq} - P_{n,1})^2 \right]^3$$

Mit zwei weiteren, determinierenden Nebenbedingungen<sup>4</sup> lässt sich ein sehr schneller, problemorientierter Lösungsalgorithmus formulieren, der unter Berücksichtigung landes- (und situations-)spezifischer Export- und Importkapazitäten eine Bestimmung der jeweils optimalen Austauschmenge erlaubt. Auch die Berücksichtigung individueller Übertragungsverluste ist problemlos möglich<sup>5</sup>.

Der Lösungsalgorithmus lautet (vereinfacht):

- Bestimme das Marktgebiet mit dem höchsten (aktueller) Preis und freier (aktueller) Importkapazität über dem Exportminimum; falls kein Marktgebiet gefunden. Ende.
- Suche das Marktgebiet mit dem niedrigsten Preis kleiner der eigene Preis und freier Exportkapazität in das Land, falls kein Importland gefunden, setze maximale Importkapazität für Importmarktgebiet auf 0 und gehe zu Start.
- Bestimme Austauschmenge, die notwendig ist, um (nahezu) Preisgleichheit zwischen den Marktgebieten zu erhalten unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazität. Berechne verfügbare Import-Export-Mengen und Preise der beiden Länder neu und gehe zu Start.

Durch den Einsatz der standardisierten Merit-Order geschieht dies grundsätzlich mit linearer Komplexität  $O(n \log n)$ . Es handelt sich somit um ein sehr schnelles und zügig lösbares Verfahren.

---

<sup>3</sup>  $P_{eq}$  = europ. Einheitspreis;  $P_{n,1}$  = (neuer) Preis des Landes  $n$ ;  $n$  = Anzahl der gekoppelten Länder

<sup>4</sup> Minimale Preisdifferenz zwischen Ländern bleibt erhalten; Es muss eine Mindestexportmenge geben.

<sup>5</sup> Über den Einsatz von Netting-Listen