

# MODELLGESTÜTZTE UNTERSUCHUNG DYNAMISCHER PRIMÄRENERGIEFAKTOREN FÜR FLEXIBILISIERUNGSTECHNOLOGIEN

Rita DORNMAIR<sup>1</sup>, Philipp KUHN<sup>1</sup>

## Motivation

Ein wesentlicher Aspekt der Energiepolitik der Bundesregierung in Deutschland ist der Klimaschutz [1]. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen, insbesondere der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, stellt dabei den zentralen Ansatz dar. Für die Messung der Qualität einer Energieanwendung in Bezug auf Effizienz und / oder Klimaeinfluss ist der Primärenergiefaktor (PEF) ein aktuell verwendetes Instrument. Er wird als Steuergröße zur Erreichung von gesteckten energiepolitischen Zielen eingesetzt. Er findet beispielsweise bei der Energieeinsparverordnung [2] sowie der energetischen Evaluierung von Gebäuden oder der Fernwärmeversorgung Anwendung [3] [4]. Die aktuelle Praxis definiert für bestimmte Energieträger feste Primärenergiefaktoren, u.a. auch für Strom. Eine Anpassung des Primärenergiefaktors an die sich ändernden Rahmenbedingungen im Stromsystem ist prinzipiell möglich, allerdings wird keine kurzfristige Dynamik abgebildet, die insbesondere durch die Nutzung fluktuierender erneuerbarer Erzeugung ins System eingebracht wird. Dies könnte zu einer Benachteiligung bestimmter Technologien führen. Der Einfluss einer zeitlich aufgelösten Berechnung des Primärenergiefaktors auf dessen Wert wird im Rahmen dieses Beitrags untersucht.

## Methodische Vorgehensweise

Grundlage der Untersuchung bildet ein Stromsystemmodell für Deutschland [5], welches zu volkswirtschaftlich minimalen Kosten die Deckung der Stromnachfrage zu allen Zeitpunkten errechnet (siehe Abbildung 1). Eingang in das Modell findet neben dem Bestand von Kraftwerken und Speichereinrichtungen in Deutschland u. a. die Entwicklung der erneuerbaren Erzeugung und der Verbraucherlast. Auf dieser Basis wird vom Modell der kostenoptimale Ausbau und stundenscharfe Einsatz von Kraftwerken und Speichereinrichtungen hinsichtlich Technologie, Leistung, Kapazität und Bauzeitpunkt berechnet.

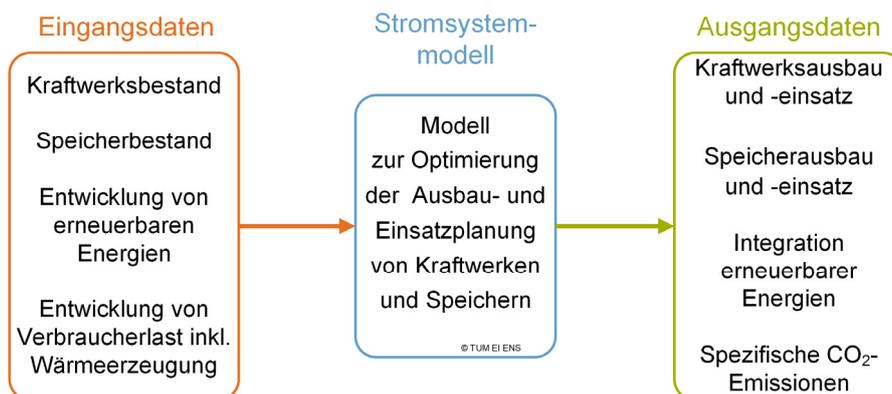


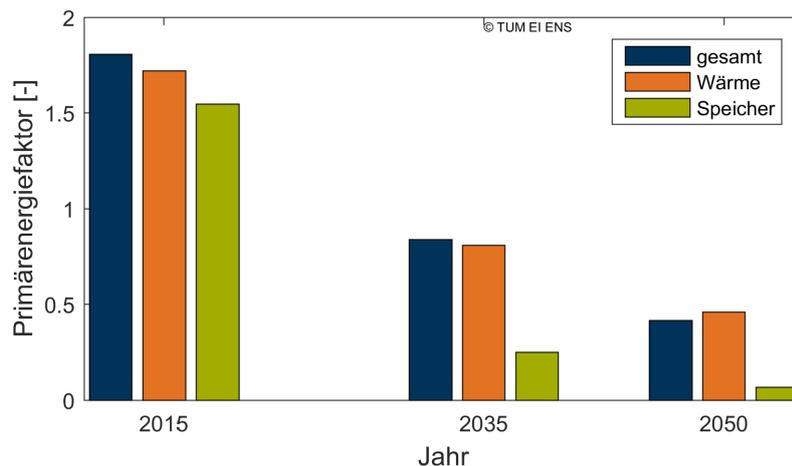
Abbildung 1: Schematische Darstellung des Stromsystemmodells [6]

Anhand dieser Berechnungen lassen sich u. a. Aussagen über den sich ergebenden Strommix, Kraftwerks- und Speicherausbau und -einsatz sowie Primärenergiefaktoren treffen. Durch die stündliche aufgelöste Berechnung der Stromerzeugung aus den unterschiedlichen Energieträgern ist eine Berechnung von stündlich aufgelösten Primärenergiefaktoren für den gesamten Betrachtungszeitraum vom Jahr 2015 bis 2050 möglich. Die einzelnen Erzeugungstechnologien werden für diese Untersuchung mit unterschiedlichen technologiespezifischen Primärenergiefaktoren belegt.

<sup>1</sup> Technische Universität München, Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltigen Energiesysteme, Lichtenbergstraße 4a, 85748 Garching bei München, Fax: +49 89 289 52749, Tel. +49 89 289 52-{731|742}, {rita.dornmair|pkuhn}@tum.de, www.ens.ei.tum.de

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Erste Auswertungen zeigen einen allgemeinen Rückgang der Primärenergiefaktoren von 2015 bis 2050 aufgrund der angenommenen Zunahme der erneuerbaren Energien (EE) im Stromsystem und der damit einhergehenden Abnahme der Erzeugung aus konventionellen Energiequellen. Sowohl im saisonalen als auch tageszeitlichen Verhalten der Primärenergiefaktoren lassen sich Veränderungen erkennen, was auf eine Sensitivität gegenüber der Erzeugung aus EE hinweist. Für eine technologiespezifische Betrachtung werden für die Stützjahre 2015, 2035 und 2050 die jährlichen Primärenergiefaktoren sowohl für die Stromnachfrage zur Wärmeerzeugung als auch zur Ladung der Speichertechnologien berechnet (Abbildung 2). Da die Wärmenachfrage ohne die Option zur Speicherung im Modell abgebildet ist, bringt eine Berechnung der Primärenergiefaktoren anhand zeitlich aufgelöster Werte kaum Vorteile. Die klassische Flexibilisierungstechnologie Speicherung profitiert dagegen deutlich, weil eine Bevorzugung von Zeitpunkten mit hohem Anteil an EE und somit geringem PEF teil der Betriebsstrategie ist.



**Abbildung 2: Jährliche mittlere Primärenergiefaktoren für die Gesamtnachfrage sowie wärme- und speicherspezifische Primärenergiefaktoren für die Jahre 2015, 2035 und 2050**

Die hier untersuchten Speicher stehen mit ihrer Betriebsstrategie beispielhaft für andere Flexibilisierungstechnologien wie Power-to-Heat, Power-to-Gas und intelligentem Laden von Elektrofahrzeugen. Damit strombasierte Technologien wie diese bei einer primärenergetischen Bewertung nicht benachteiligt werden und die Steuerwirkung des Primärenergiefaktors auch zukünftig erhalten bleiben kann, muss über eine Flexibilisierung des Primärenergiefaktors nachgedacht werden.

## Literatur

- [1] „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung,“ Bundesregierung Deutschland, Berlin, 2010.
- [2] EnEV 2009 - Energieeinsparverordnung für Gebäude., Jahrgang 2009, Teil I Hrsg., Bd. Bundesgesetzblatt, Bundesanzeiger Verlag, 2009, pp. 954 - 989.
- [3] „EnEV und Fernwärme,“ AGFW - Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte, KWK, Frankfurt am Main, 2014.
- [4] „Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2017), Grafik- und Tabellenband,“ BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Berlin, 2017.
- [5] P. Kuhn, Iteratives Modell zur Optimierung von Speicherausbau und -betrieb in einem Stromsystem mit zunehmend fluktuierender Erzeugung, München: Technische Universität München, 2012.
- [6] R. Dornmair, D. Atabay, F. Sängler, M. de Borja Torrejón und J. Maderspacher, „Einfluss von Gebäuden als Wärmespeicher auf das Energiesystem,“ TU Wien, Wien, 2017.