

# LASTFLUSSBASIERTER ABRUF VON FLEXIBILITÄT AUS DEM VERTEILNETZ

Sascha BIRK<sup>1</sup>, Thorsten SCHNEIDERS<sup>1</sup>, Wolfgang KETTER<sup>2</sup>

## Hintergrund & Motivation

Im Rahmen des stetigen Ausbaus Erneuerbarer Energien verschiebt sich die Erzeugung von wenigen zentralen Großkraftwerken hin zu Millionen verteilten Erzeugern, basierend auf Photovoltaik- oder Windenergie-Anlagen. Verschärft wird diese Dezentralisierung durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen und Ladesäulen für die Elektromobilität. Diese dezentrale, wetterabhängige Erzeugung, sowie die sich verändernden Verbrauchsstrukturen, insbesondere in den Verteilnetzen, hat die Politik bereits zum Handeln gezwungen. In Deutschland schlägt sich diese Veränderung am markantesten in der Weiterentwicklung des bisherigen Redispatch und Einspeisemanagements, hin zu einem „Redispatch 2.0“ nieder [1].

Diese seit Oktober 2021, in der Umsetzung befindliche Lösung verfolgt das Ziel, dem elektrischen System mehr Flexibilität bereitzustellen, die zur Beseitigung von Netzengpässen genutzt werden kann. Redispatch 2.0 umfasst hierzu Erzeugungsanlagen und Speicher ab einer Leistung von 100 kW und einem Anschluss an das 110 kV-Netz oder höher. Um weitere Verbraucher sowie kleinteiligere Erzeugungsanlagen ebenfalls zu integrieren, befindet sich „Redispatch 3.0“ in der Entwicklung [2].

Die bisher diskutierten Ansätze verfolgen meist ein prognosebasiertes Vorgehen, bei dem der Netzbetreiber den Netzzustand ermittelt, um dann Flexibilitäten bei Marktteilnehmenden abzurufen. Welchen Einfluss dies wiederum auf die unteren Netzebenen hat, aus denen die Leistung kommen soll, wird dabei nicht berücksichtigt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einem integrierten Flexibilitätsabruf, bei dem der Zustand des Netzes, die Verteilung des Flexibilitätsabrufs, sowie die dabei gebildeten Preise bestimmt werden. Als Grundlage hierzu dient die optimale Lastflussberechnung (engl.: Optimal power flow (OPF)).

## Methodik

Im hier skizzierten Anwendungsfall erfolgt ein Flexibilitätsabruf von einem übergelagerten Netzbetreiber an die Netzbetreiber unterhalb eines Netzknotens. Jeder dieser nachgelagerten Netzbetreiber wiederum löst infolgedessen einen Flexibilitätsabruf bei den in seinem Netzbereich befindlichen Knoten aus. Die Flexibilität in diesem Netzbereich wird durch industrielle elektrische Speicher bereitgestellt, deren primärer Einsatzzweck jedoch die Spitzenlaskappung ist. Dies schränkt die Verfügbarkeit der Speicher für den Flexibilitätsbereitstellung ein.

Zur Gestaltung des Flexibilitätsabrufs wird zunächst das OPF-Problem formuliert. Um für variable Netzebenen und Topologien genutzt werden zu können, werden die Nebenbedingungen der wechselstrombasierten Lastflussberechnung verwendet (AC-OPF). Zudem wird, um den Abruf für Speicher zu ermöglichen, der Flexibilitätsabruf als zeitreihenbasierte Optimierung umgesetzt. So kann für mehrere Zeitschritte Flexibilität angefragt werden. Die einzelnen Akteure im Netzbereich übermitteln die verfügbare Leistung und den Verbrauch (kW), sowie Speicherstände (kWh) und Kosten für die Bereitstellung von Flexibilität (€/kWh) an den Netzbetreiber. Dieser löst das zugrundeliegende Optimierungsproblem. Der finale Flexibilitätspreis wird aus den dualen Variablen der Knotengleichgewichtsbedingung abgeleitet. Hierdurch spiegelt sich auch der Netzzustand im Falle eines Abrufs im Preis wider.

Für den Fall unzureichender Flexibilität oder Netzkapazitäten wird der AC-OPF um eine weitere Erzeugungseinheit am Netzknoten, mit Verbindung zum übergelagerten Netz, ergänzt. Diese ist mit höheren Kosten versehen und treibt so, für den Fall, dass sie im Rahmen der Optimierung zum Zuge

---

<sup>1</sup> Technische Hochschule Köln, Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln, {sascha.birk, thorsten.schneiders}@th-koeln.de

<sup>2</sup> Universität zu Köln, Pohligstraße 2, 50969 Köln, ketter@wiso.uni-koeln.de

kommt, den Flexibilitätspreis in die Höhe. Dies sorgt für eine Verdrängung der Flexibilität aus diesem Netzbereich durch günstigere Angebote aus anderen, in Frage kommenden Netzen.

## Ergebnisse

Im Rahmen der Analysen werden die Ergebnisse eines Netzbetreibers betrachtet, welcher den Abruf für sein Netzgebiet verwaltet. Es handelt sich hierbei um ein Ringnetz mit sieben Knoten, wobei Knoten eins als Verbindung zum übergelagerten Netz dient und Knoten zwei die Sammelschiene darstellt, welche Anfang und Ende des Rings beschreibt.

In Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. ist die Leistung der Speicher an den Knoten drei bis sieben im Laufe eines Tages, sowie der Flexibilitätsabruf zu sehen. Exemplarisch wird hier ein Flexibilitätsabruf von 100 kW für 45 Minuten am Morgen, sowie 60 Minuten am Abend angenommen.

Während des Flexibilitätsabrufs am Morgen wird der Speicher am Knoten 5 zunächst für die Deckung einer Lastspitze benötigt. Für die ersten 15-Minuten ist hier eine negative Leistung zu erkennen, welche in den darauffolgenden Zeitschritten positiv wird, um die Flexibilitätsbereitstellung zu unterstützen.

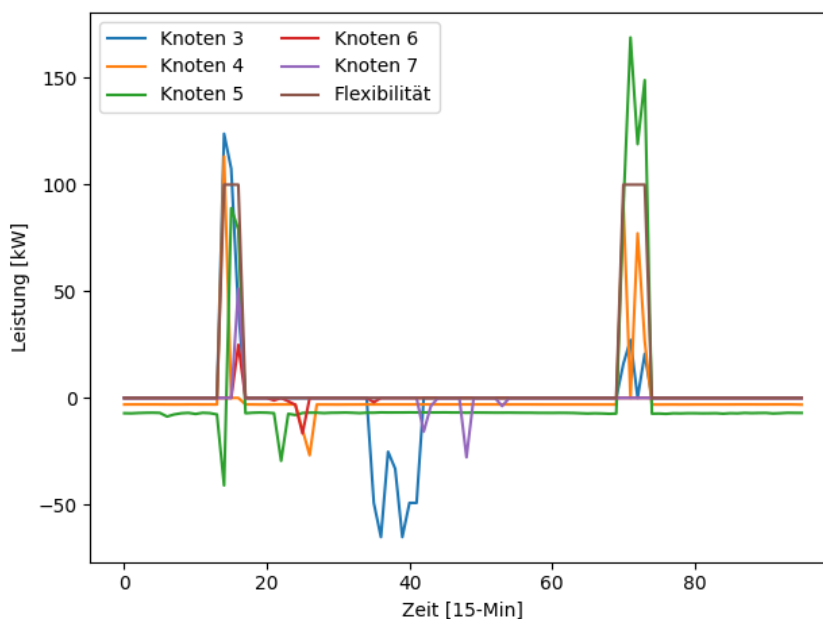


Abbildung 1: Leistung von Speichern und Flexibilität im Tagesverlauf

Im Bereich zwischen Zeitschritt 20 und Zeitschritt 60 werden die Speicher für weitere Spitzenlastkappungen genutzt. Zum Zeitpunkt des zweiten Flexibilitätsabrufs stehen alle Speicher zu dessen Deckung bereit. Der Speicher an Knoten fünf übernimmt hier den Großteil der Flexibilitätsbereitstellung. Das Überangebot an Leistung ist hier auf Ausgleichsflüsse innerhalb des Verteilnetzes zurückzuführen, welche durch die zugrundeliegende Optimierung der Lastflüsse bedingt ist.

Für die Knoten vier und fünf ist zudem eine konstante Entladung der Speicher zu erkennen. Diese ist durch den Zeithorizont der Optimierung und die damit verbundenen Restriktion der Speicher zu erklären. Um die Energiebilanz der Speicher innerhalb des Optimierungshorizontes auszugleichen, wird der Speicherstand zum ersten und letzten Zeitschritt gleichgesetzt. Hierdurch kann das Ergebnis nicht durch Energie, die vor dem Optimierungszeitraum geladen oder entladen wird, aufgebessert werden. Bilanzell geben die Speicher hier die Energie ins Netz zurück, welche sie bei der Flexibilitätsbereitstellung aufnehmen.

## Referenzen

- [1] BDEW. "BDEW-Branchenlösung Redispatch 2.0, Datenaustausch-, Bilanzierungs- und Abrechnungsprozesse." (2020).
- [2] Blumberg, G., et al. "3.0: Regulatorischer Rahmen, Markt- und Produktdesign." *Zielmodell für eine ergänzende marktbasierende Einbindung kleinteiliger dezentraler Flexibilitäten in den Redispatch-Prozess*. E-Bridge Consulting GmbH, Tennet TSO GmbH, TransnetBW GmbH (2022).