

CO₂-Vermeidungspotential beim Einsatz von Maßnahmen industrieller Nachfrageflexibilität

Themenbereich Industrie (6)
Bastian ZACHMANN¹⁽¹⁾, Stefan SEIFERMANN⁽¹⁾
⁽¹⁾ Hochschule Mannheim

Motivation und zentrale Fragestellung

Maßnahmen der industriellen Nachfrageflexibilität sind ein essentieller Baustein im zukünftigen Stromsystem aus volatilen Erzeugern. Im Gegensatz zu klassischen Maßnahmen der Energiewende, wie beispielsweise dem Ausbau Erneuerbarer Energien, werden Emissionen dabei jedoch nicht *direkt* durch die Bereitstellung zusätzlicher Erzeugungskapazitäten reduziert, sondern bewirken eine *indirekte* CO₂-Reduzierung durch eine verbesserte Ausnutzung vorhandener Erzeugungskapazitäten.

Traditionell stehen bei der Nachfrageflexibilität die energetischen Größen für Leistung und Arbeit (W bzw. Wh) im Zentrum durchgeführter Potentialanalysen, während sich der Emissionsausstoß gemessen in CO_{2eq}² als wesentliche Erfolgsgröße der Energiewende etabliert hat. Ziel der vorliegenden Forschungsarbeiten ist es, das CO₂-Reduzierungspotential industrieller Flexibilitätsmaßnahmen ausgehend von gegebenen technischen Potenzialgrößen anhand einer geeigneten Methodik zu ermitteln und somit vergleichbar abzuschätzen.

Methodische Vorgangsweise

Als Ausgangsbasis dienen Daten aus der Potentialerhebung industrieller Energieflexibilitätsmaßnahmen, die im Rahmen des Kopernikus-Projekts SynErgie in 20 industriellen Branchen durchgeführt [1] und durch neue Erkenntnisse aktueller Forschungsarbeiten ergänzt wurde.

In einem ersten Schritt werden die **CO₂-Emissionen der deutschen Stromerzeugung** für den Status-quo auf ¼-stündlicher Ebene ermittelt. Auf Basis der ¼-stündlichen historischen Nettostromerzeugung aus [2] werden in Anlehnung an [3] die Emissionen des Strommix auf Viertelstundenbasis über Emissionsfaktoren der einzelnen Erzeugungstechnologien berechnet.

Die **Emissionsvermeidung industrieller Flexibilitätsmaßnahmen** ergibt sich schließlich aus der Verschiebung von Arbeit aus Zeiträumen mit hohen spezifischen Emissionen in Zeiträume mit niedrigen spezifischen Emissionen. Die verschobene Arbeit wird zu durchschnittlichen Emissionen wieder nachgeholt. Das CO₂-Vermeidungspotential einer Flexibilitätsmaßnahme mit der Abrufdauer n zum Zeitpunkt i lässt sich dementsprechend wie folgt berechnen:

$$CO_2 \text{ Vermeidung}_i = \sum_i^{i+n} \text{Laständerung}_i * (-\text{spez. Emissionen}_i + \text{mittlere spez. Emissionen})$$

Je untersuchter Flexibilitätsmaßnahme wird so für jede ¼-Stunde individuell die mögliche CO₂-Vermeidung ermittelt. Zur **Berücksichtigung zeitlicher Restriktionen** aus den Einzelmaßnahmen werden Blöcke mit der Länge eines Abrufzyklus festgelegt, wobei jeweils die höchstmögliche CO₂-Vermeidung angesetzt wird. Das jährliche CO₂-Vermeidungspotential ergibt sich schließlich mit der Abrufhäufigkeit k aus der Summe der k größten Werte der Einzelblöcke. *Abbildung 1* veranschaulicht zusammengefasst die methodische Vorgehensweise:

¹ Jungautor, Paul-Wittsack-Str. 10, 68163 Mannheim, 0621 292 6911, b.zachmann@hs-mannheim.de

² Nachfolgend vereinfacht als CO₂ statt CO_{2eq} bezeichnet

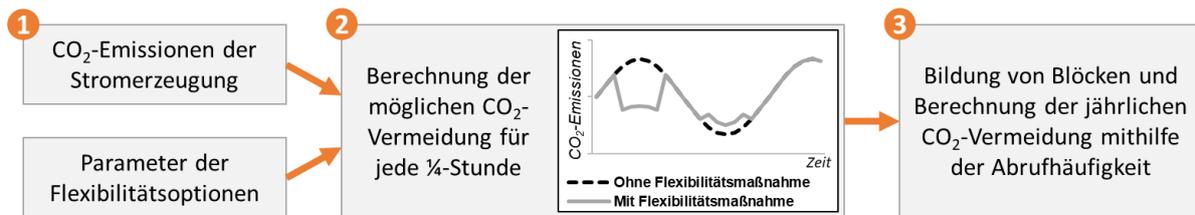


Abbildung 1: Schematische Darstellung der methodischen Vorgehensweise zur Abschätzung des jährlichen CO₂-Reduzierungspotentials

Zur **Abschätzung des künftigen CO₂-Reduzierungspotentials** werden im Anschluss Strommix-Szenarien auf Basis ausgewählter Studien für die Stützjahre 2030 und 2050 festgelegt und mithilfe eines vereinfachten Stromerzeugungsmodells auf eine 1/4-stündliche Ebene heruntergebrochen. Die Berechnung des CO₂-Vermeidungspotentials erfolgt analog für alle betrachteten Szenarien.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Anwendbarkeit der entwickelten Methodik konnte nachgewiesen werden. Insgesamt ergibt sich aus den betrachteten Flexibilitätsmaßnahmen für den gegenwärtigen Strommix ein jährliches **CO₂-Vermeidungspotential** industrieller Nachfrageflexibilität von ca. **700.000 t CO₂**.

Das **zukünftige CO₂-Vermeidungspotential steigt** bis zum Jahr **2030** zunächst an. Bis zum Jahr **2050** ist dieses hingegen **moderat rückläufig**. Erst bei einer abgeschlossenen Dekarbonisierung der Stromerzeugung ist ein Einbruch des CO₂-Vermeidungspotentials zu beobachten. Als wesentliche Ursache des auch zukünftig stabilen CO₂-Vermeidungspotentials industrieller Nachfrageflexibilität wird eine zunehmende Bedeutung von Emissionsspitzen aufgrund verbleibender fossiler Kraftwerke identifiziert. Es liegt daher nahe, dass insbesondere Lastverzicht (industrieller) Flexibilitätsmaßnahmen zur CO₂-Reduzierung im zukünftigen Energiesystem eine wichtige Rolle zuteilwird.

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf einem *perfect-foresight*-Modell, welches nach der maximalen CO₂-Einsparung optimiert wurde. In der Realität wird dieses CO₂-Vermeidungspotential insbesondere aufgrund eines erlösgetriebenen Einsatzes sowie mangels vollständiger Datentransparenz voraussichtlich nicht in voller Höhe ausnutzbar sein. Gleichzeitig ergibt sich aus Sensitivitätsrechnungen mit abweichenden Berechnungsansätzen (z.B. vollständige Verschiebung der Arbeit eines Braunkohlekraftwerks zu Erneuerbaren Energien) ein zum Teil erheblich höheres CO₂-Vermeidungspotential. In diesem Zusammenhang scheint es sich bei den vorliegenden Ergebnissen um eine realistische bis konservative Abschätzung zu handeln.

Das errechnete CO₂-Vermeidungspotential der betrachteten industriellen Flexibilitätsmaßnahmen kann folglich zum Vergleich mit weiteren Maßnahmen der Energiewende herangezogen werden. Zusätzlich können diese auch eine wesentliche Rolle in der Kommunikation der Vorteile industrieller Flexibilitätsmaßnahmen sowohl im wirtschaftlichen als auch gesellschaftspolitischen Kontext einnehmen. Das erstellte Modell kann darüber hinaus zur Abschätzung des CO₂-Reduzierungspotentials von vergleichbaren Flexibilitätsmaßnahmen herangezogen werden.

Literatur

Literatur

- [1] A. Sauer, E. Abele und H. U. Buhl, Hg., *Energieflexibilität in der deutschen Industrie: Ergebnisse aus dem Kopernikus-Projekt - Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung (SynErgie)*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2019.
- [2] *ENTSO-E Transparency Platform*. [Online]. Verfügbar unter: <https://transparency.entsoe.eu/> (Zugriff am: 17. Mai 2021).
- [3] L. Fiorini und M. Aiello, Household CO₂-efficient energy management, *Energy Inform*, S. 21–34, 2018, doi: 10.1186/s42162-018-0021-7.