

# Wasserstoff als kurzfristige Flexibilität und saisonaler Speicher in einem sektorgekoppelten Strommarkt

Sektorkopplung und Flexibilität

Christoph LOSCHAN<sup>1(1)</sup>, Daniel SCHWABENEDER<sup>(1)</sup>, Georg LETTNER<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> TU Wien – Energy Economics Group

## Motivation und zentrale Fragestellung

Die Dekarbonisierung des gesamten Energiesystems ist eines der wesentlichen Ziele des europäischen Fit-for-55-Pakets [1]. Während die Elektrizitätsversorgung durch den raschen Ausbau der erneuerbaren Energien dekarbonisiert werden kann, ist dies in anderen Sektoren deutlich schwieriger [2]. Vor allem dann, wenn es nicht möglich ist diese Sektoren zu elektrifizieren. Eine vielversprechende Option für diese Branchen ist die Nutzung von Wasserstoff [3]. Daher soll in Europa bis 2030 eine Elektrolyseurkapazität von 40 GW installiert werden [4]. Aufgrund der Speicherfähigkeit von Wasserstoff wird die aktuelle Nachfrage von der Erzeugung entkoppelt. Damit entsteht eine Flexibilität am Strommarkt, welche zunehmend von fundamentaler Bedeutung wird [5].

## Methodische Vorgangsweise

In dieser Arbeit wird eine Sektorkopplung zwischen dem Strommarkt und einem Wasserstoffmarkt mit dem europäischen Strommarktmodell EDisOn durchgeführt [6]. Elektrolyseure werden zur Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt, während Brennstoffzellen Spitzenlasten decken können. Wasserstoffspeicher ermöglichen als saisonale Speicher zu fungieren und die Überproduktion des Sommers in den Winter zu verlagern.

Ein Funktionsschaltbild des sektorgekoppelten Strommarktmodells ist in Abbildung 1 ersichtlich. Die beiden Märkte sind über mehrere Signale miteinander gekoppelt. Der stündliche Clearingpreis des Strommarktes beeinflusst unmittelbar den Wasserstoffmarkt, welcher wiederum eine Rückwirkung auf den Strommarkt erzeugt. Sowohl die Wasserstoffproduktion als auch die Nutzung von Wasserstoff zur Stromerzeugung werden von Strompreis beeinflusst. Ersteres führt zu einer zusätzlichen Stromnachfrage, die sich auf die Stromerzeugung und damit auch den Strompreis auswirkt. Letzteres kann die Stromerzeugung durch den Einsatz von Wasserstoff und damit ebenfalls den Strompreis beeinflussen. Aufgrund dieser Wechselwirkung werden die beiden Märkte gemeinsam optimiert, um ein ganzheitliches soziales Wohlfahrtsoptimum zu erreichen.

Anschließend werden die Auswirkungen der Sektorkopplung, sowohl als kurzfristige Flexibilität, als auch als saisonaler Speicher, auf die soziale Wohlfahrt analysiert. Dabei wird sowohl die Auswirkungen auf die Konsumentenrente als auch die Produzentenrente betrachtet. Außerdem wird der Anteil der Gesamterzeugung der verschiedenen Typen von Wasserstoff (grün, pink, gelb) in den verschiedenen europäischen Ländern unterschieden.

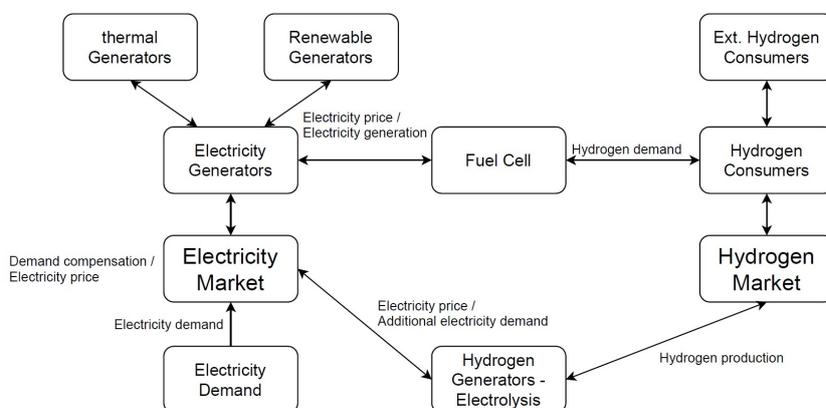


Abbildung 1: Funktionsschaltbild des sektorgekoppelten Strommarktmodells

<sup>1</sup> Gußhausstraße 25-29, 1040 Wien, Österreich, +43(0)-1-58801- 370 334, loschan@eeg.tuwien.ac.at, <https://eeg.tuwien.ac.at/>

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im betrachteten Gebiet von Zentraleuropa, für 13 Länder, wird die Erfüllung der europäischen nationalen Energie- und Klimapläne (NEKP) bis 2030 angenommen [7]. Die verwendeten Szenarien für 2030 und 2040 basieren auf der Erfüllung dieser Pläne [8]. Die nationalen Wasserstoffstrategien der einzelnen Länder bilden die Grundlage für die verfügbaren Wasserstoffkapazitäten.

Im Jahr 2030 zeigt sich, dass durch die Wasserstoffproduktion die Strompreise steigen, wodurch die Konsumentenrente reduziert, die Produzentenrente hingegen erhöht wird. Der Anstieg der Produzentenrente ist dabei relativ gleich verteilt auf erneuerbare Energien und kalorischen Kraftwerke. Eine detaillierte Betrachtung von Letzteren zeigt, dass ein Wasserstoffpreis bis 100 €/MWh zu einer Abnahme der Rente von fossilen Kraftwerken führt. Atomkraftwerke jedoch profitieren immer von der Sektorkopplung.

Die vorläufigen Ergebnisse für das Jahr 2040 sind in Abbildung, jeweils für ein Szenario mit ausschließlich Elektrolyseuren (*Electro*) bzw. saisonalen Speichern inkl. Brennstoffzellen (*Fuel*) und unterschiedlich hohen Wasserstoffpreisen (-0 bis -150) ersichtlich. In diesem Szenario kommt es vermehrt zu Zeiten in denen die Nachfrage nur durch den Einsatz von sehr teuren Kraftwerken bzw. nicht vollständig gedeckt werden kann. Der Einsatz von Brennstoffzellen kann diese Preisspitzen reduzieren, wodurch sich, im Gegensatz zu 2030, die Konsumentenrente erhöht die Produzentenrente jedoch reduziert.

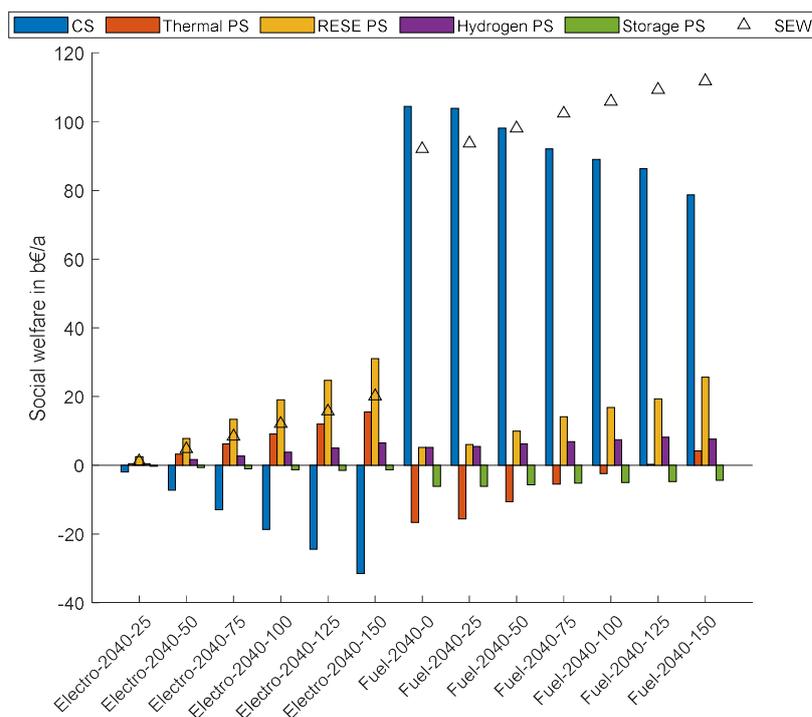


Abbildung 2: Veränderung der Renten, sowie der sozialen Wohlfahrt im Jahr 2040

## Literatur

- [1] European Parliament, Briefing towards climate neutrality: Fit for 55 package. URL <https://www.europarl.europa.eu>
- [2] P. Fortes, S. G. Simoes, J. P. Gouveia, J. Seixas, Electricity, the silver bullet for the deep decarbonisation of the energy system? cost-effectiveness analysis for portugal, Applied Energy 237 (2019) 292–303. doi:10.1016/j.apenergy.2018.12.067.
- [3] A. Nurdiawati, F. Urban, Towards deep decarbonisation of energy-intensive industries: A review of current status, technologies and policies (5 2021). doi:10.3390/en14092408.
- [4] European Commission, A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (2020). URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

- [5] B. A. Orths, C. L. Anderson, T. Brown, J. Mulhern, D. Pudjianto, B. Ernst, Flexibility From Energy Systems Integration (October) (2019) 67–78. doi:10.1109/MPE.2019.2931054.
- [6] B. Dallinger, Model-based Analysis and Design of an improved European Electricity Market with high shares of Renewable Generation Technologies, Ph.D. thesis, TU Wien (2018). URL <http://hdl.handle.net/20.500.12708/1928>
- [7] European Commission, National energy and climate plans, URL <https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans>
- [8] European Network of Transmission System Operators for Electricity, Tyndp2022 national trends scenarios 2030 and 2040, (2021). URL <https://tyndp.entsoe.eu/maps-data>