Abbildung von Wasserstoffinfrastrukturen in Energiesystemmodellen

Patrick FREITAG1\*, Felix Kullmann1, Detlef Stolten1,2

# Motivation

Energiesystemmodelle können verwendet werden, um Transformationsstrategien für eine Energieversorgung zu berechnen. Dabei steht der Fokus in der Analyse und Bewertung von Konsequenzen exogen vorgegebener politischer, technischer und ökonomischer Randbedingungen [Quelle]. Klar ist, dass unter den gegebenen Treibhausgasreduktionsstrategien, eine markante Änderung des heutigen Energiesystems notwendig ist, aber in welchem Ausmaß diese stattfindet ist Teil aktueller Forschung. Aktuelle Studien zeigen mit Hilfe von Energiesystemmodellen mögliche Transformationspfade Deutschlands zur Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 auf [2]. In diesen Szenarien wird der Hochlauf einer zukünftigen Wasserstoffinfrastruktur entweder gar nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. In der Regel findet keine integrale Betrachtung des Energiesystems und der Infrastrukturen statt, sondern nur eine sequenzielle Berechnung. Welche Auswirkungen eine solche integrale Betrachtung hat, wurde bisher aus Komplexitätsgründen nicht untersucht. Vor diesem Hintergrund wird eine Modellkopplung von zwei bestehenden Energiesystemmodellen entwickelt, indem entsprechende Modellschnittstellen einen Austausch relevanter Daten zur gemeinsamen Berechnung ermöglichen. Mit diesem Ansatz wird es möglich, explizite ausgebaute Wasserstoffinfrastrukturen eines Mehr-Knotenmodells in einem Ein-Knotenenergiesystemmodell zu berücksichtigen und deren Auswirkungen auf den Transformationspfad des gesamten Energiesystems hinsichtlich der Kosten, der Emissionen und des Energieverbrauchs zu analysieren.

**Methodik**

Für die Modellkopplung werden dabei das nationale integrierte Energiesystemmodell für Deutschland FINE.NESTOR [3] und das Energiesystemmodell zur integrierten deutschen Infrastrukturplanung, FINE.Infrastructure [4], verwendet. Dabei werden die Modelle mit einem Hard-Linking-Verfahren miteinander verschaltet, um somit die jeweiligen Vorteile beider Modelle für eine Transformationspfadrechnung nutzen zu können.



Abbildung Schematische Modellkopplung zwischen FINE.NESTOR und FINE Infrastructure

In einem Referenzszenario (nCNI) wird zunächst das nicht-gekoppelte Energiesystem von FINE.NESTOR mit einer Strategie zur Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 untersucht. In einem weiteren Szenario (CNI) wird nachfolgend das gekoppelte Energiesystem von FINE.NESTOR und FINE.Infrastructure mit den gleichen Randbedingungen für beide Modelle berechnet. Die beiden Szenarien werden im Anschluss verglichen, um die Auswirkungen der expliziten Infrastrukturberücksichtigung in FINE.NESTOR zu bewerten.

# Ergebnisse

Der Vergleich der Szenarien nCNI und CNI veranschaulicht die Auswirkungen von expliziter Infrastrukturberücksichtigung auf die Entwicklung des Transformationspfades in allen Sektoren des Energiesystems. In Abbildung 2 ist dafür die sektorale Wasserstoffnachfrage für das Zieljahr 2045 dargestellt. Mit der iterativen Modellkopplung steigt die Wasserstoffnachfrage um circa 175 TWh.

Abbildung Sektorale Wasserstoffnachfragenachfragen des CNI- und nCNI-Szenarios für Deutschland

Die größte Veränderung ist bei der Wasserstoffnachfrage ist im Industriesektor zu beobachten. Im Jahr 2045 benötigt der Industriesektor im Kopplungsszenarios CNI circa 158 TWh mehr Wasserstoff. Dies ist auf die veränderten Kosten der Wasserstoffleitungen zurückzuführen, die aus dem in FINE.Infrastructure explizit ausgebauten Wasserstoffnetz abgeleitet werden. Dadurch werden andere Energieträger im Kopplungsszenario durch Wasserstoff substituiert, was wiederrum Änderungen auf die anderen Sektoren des Energiesystems bewirkt. Wasserstoff spielt bei der Transformation des heutigen Energiesystems eine tragende Rolle für die Energiewende und dessen Transportinfrastruktur sollte in computergestützten Optimierungen stärker berücksichtigt werden. Die Ergebnisse verdeutlichen darüber hinaus, dass der Modellkopplungsansatz geeignet ist, um Aussagen hinsichtlich des Wasserstoffbedarfs im Rahmen von Treibhausgasminderungsstrategien für Deutschland und den benötigten Infrastrukturausbau zu treffen.

Referenzen

[1] Remme U. Energy Technology Perspectives 2010 The role of energy scenarios and modelling; Energieszenarien KIT Scientific Publishing 2011

[2] Lübbers S, Wünsch M, Lovis M, Wagner J, Sensfuß F, Luderer G, Bartels F. Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. 16.03.2022

[3] Lopion, Markewitz, Stolten, Robinius. Cost Uncertainties in Energy System Optimization Models: A Quadratic Programming Approach for Avoiding Penny Switching Effects. Energies 2019;12(20):4006.

[4] Stolten, D et al. Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045; Energie & Umwelt Band 577