

ERMITTLUNG DER CO₂-EMISSIONEN VON POWER-TO-GAS-PROJEKTEN MITTELS GHOST UND VALIDIERUNG MIT ENERGYPLAN

Franziska HÖNIG^{1(*)}, Diana DUQUE-GONZALEZ², Martin HAFEMANN³, Jens SCHNEIDER⁴, Matthias EBERT⁵, Ulrich BLUM⁶

Einleitung

Wasserstoff besitzt ein großes Potential, ein wichtiger „Baustein bei der Abkehr von fossilen Brennstoffen in der Industrie und Mobilität zu werden“ [1]. Er kann in die bestehende Erdgasinfrastruktur integriert werden und so den Kohlenstoffausstoß von Erdgas als Energie für Heizung, Verkehr und Industrie reduzieren. Darüber hinaus kann er als kohlenstofffreier Energieträger in Verkehrs-, Logistik- und Industrieprozessen, wie in der chemischen Industrie, oder als Energiespeicher für die Stromerzeugung eingesetzt werden und trägt damit maßgeblich zur CO₂-Reduzierung bei. Dies ist jedoch nur bei mit Erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff der Fall. Hier kommt das Power-to-Gas-Verfahren ins Spiel, welches Wasserstoff und Sauerstoff frei von Kohlendioxidemissionen erzeugen kann, solange die Energiequelle regenerativ ist. Wird Mixstrom verwendet, sind für jeden Fall die entstandenen CO₂-Emissionen zu überprüfen. Ab 2020 wird es die CO₂-Regulierung geben, dass Neuwagen den gesetzlich fixierten Grenzwert von 95 g CO₂/km nicht überschreiten dürfen [2].

Modell GHOST

Mittels des im Rahmen des HYPOS-Projektes *LocalHy* innerhalb des BMBF Zwanzig20-Programmes entwickelten Simulationstools GHOST (*Green H₂ O₂ Simulation Tool*) ist es möglich, Power-to-Gas-Konzepte gekoppelt mit Erneuerbaren Energien bzw. Graustrom abzubilden und für jeden individuellen Bedarfsfall die optimale Systemkonfiguration sowohl technisch als auch wirtschaftlich zu ermitteln [3]. Speziell für die Betankung der Brennstoffzellenfahrzeuge als Wasserstoffabnehmer kann so der CO₂-Fußabdruck je nach ausgewählter Energie berechnet werden. Als Zielgrößen im Allgemeinen werden der *Kapitalwert* ($K_0 > 0$, so groß wie möglich), die CO₂-Bilanz (< 95 g CO₂/km) als *Klimawert* und als *Zuverlässigkeitswert* die Anzahl der Fälle, in denen es zu einer fehlenden Deckung des Bedarfs kommt, angesehen. Hierbei ist es möglich, die Anzahl der Fälle von vornherein auf null zu beschränken, in dem bei den Verbrauchern die Prio 1-Einstellung gewählt wird. Falls die Konstellation der eingestellten Komponenten den Bedarf nicht decken kann, bricht die Simulation ab und die Konfiguration muss entsprechend der angezeigten Fehlermeldungen angepasst werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, diese Fälle bei der Prio 2-Einstellung zuzulassen und so die Anzahl der Fälle und die fehlenden Kilogramm an Wasserstoff oder Sauerstoff aufzuzeichnen und die Simulation entsprechend nicht zu unterbrechen. [4]

Modell EnergyPLAN

EnergyPLAN ist ein frei verfügbares Energiesystemsimulationstool der dänischen Universität Aalborg und basiert auf einem deterministischen Input/Output-Modell. Eingaben werden in Form von technologischen und ökonomischen Parametern getroffen. Das Programm ermöglicht die

¹ Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP, Otto-Eißfeldt-Straße 12, 06120 Halle (Saale), Tel.: +49 345 5589 5216, Fax: +49 345 5589 5999, franziska.hoenig@csp.fraunhofer.de, www.csp.fraunhofer.de

² Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP, Otto-Eißfeldt-Straße 12, 06120 Halle (Saale), Tel.: +49 345 5589 5062, Fax: +49 345 5589 5999, diana.duque-gonzalez@csp.fraunhofer.de, www.csp.fraunhofer.de

³ Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Karl-Liebknecht-Straße 132, 04277 Leipzig, Tel.: +49 341 3076 1236, martin.hafemann@htwk-leipzig.de, www.htwk-leipzig.de

⁴ Center for Economics of Materials des Fraunhofer-Zentrums für Internationales Management und Wissensökonomie IMW sowie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Friedemann-Bach-Platz 6, 06108 Halle (Saale), Tel.: +49 345 5589 5500, Fax: +49 345 5589 101, jens.schneider@imw.fraunhofer.de, www.materials-economics.com

⁵ Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP, Otto-Eißfeldt-Straße 12, 06120 Halle (Saale), Tel.: +49 345 5589 5200, Fax: +49 345 5589 5999, matthias.ebert@csp.fraunhofer.de, www.csp.fraunhofer.de

⁶ Center for Economics of Materials des Fraunhofer-Zentrums für Internationales Management und Wissensökonomie IMW sowie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, Friedemann-Bach-Platz 6, 06108 Halle (Saale), Tel.: +49 345 55 23377, Fax: +49 345 55 27445, ulrich.blum@wiwi.uni-halle.de, http://wipof.wiwi.uni-halle.de, www.materials-economics.com

energetische und wirtschaftliche Analyse von Energiesystemen in den Sektoren Elektrizität, Wärme und Mobilität auf stündlicher Basis mit stoff- und energiestromoptimierten Berechnungsmethoden. Modelle können anhand der gängigsten thermischen und regenerativen Speicher-, Umwandlungs- und Transporttechnologien erstellt werden, wobei die einzelnen Technologien vom Programm aggregiert und abstrahiert dargestellt werden. [5] Aufgrund der Programmstruktur sind die Simulationsergebnisse reproduzierbar, wodurch insbesondere die Gegenüberstellung verschiedener Versorgungsstrukturen ermöglicht wird.

Validierung

Beide Programme werden für die Anwendung des Wasserstoffbedarfs an der Tankstelle verglichen. Das neu entwickelte Tool GHOST soll so auf seine Einsetzbarkeit validiert werden.

Auffällig ist, dass mit EnergyPLAN kein Mindestteillastbereich des Elektrolyseurs einstellbar ist. Ebenso gibt es keine einzuhaltende Mindestfüllmenge und auch nicht das Kriterium des verbleibenden Restdrucks von 5 bar in den Speichern. Die installierte Elektrolyseurleistung wird bei EnergyPLAN automatisch angepasst (vergrößert), wenn zu wenig Wasserstoff für den Verbraucher produziert wird. Somit entsteht keine fehlende Deckung des Bedarfs. Die Erneuerbaren Energien können vorteilhafter ausgenutzt werden und die CO₂-Bilanz verbessert sich entsprechend. Um das Szenario mit GHOST vergleichbar zu machen, musste der Wasserstoffverbraucher, im vorliegenden Fall die Brennstoffzellenfahrzeuge, mit Prio 1 angegeben und der Mindestteillastbereich herabgesetzt werden. GHOST wiederum bildet die Realität eines solchen Projektes konkreter ab. So ist es dem Benutzer möglich, Details wie beispielsweise verschiedene Kompressionsstufen oder die oben genannten Punkte einzugeben, um einen deutlich realitätsnäheren CO₂-Fußabdruck zu ermitteln als es mit EnergyPLAN ohne zusätzliche Definitionen im Modell der Fall wäre. Besonders hervorzuheben wäre, dass mit GHOST zusätzlich das Koppelprodukt, der ebenfalls elektrolytisch gewonnene Sauerstoff, betrachtet wird, welches dazu beitragen kann, das Projekt über die Rentabilitätsschwelle zu schieben. In EnergyPLAN wird der Sauerstoff nicht beachtet, weder der Verwendungspfad noch die Produktion werden aufgezeigt. In GHOST gibt es drei Möglichkeiten für den Elektrolyseurbetrieb (Dauerbetrieb, nur während der Sonnenstunden und Standardbetrieb). Zudem wurde eine Regelung für Flauten implementiert und das Einstellen des optimalen Teillastbereiches des Elektrolyseurs unter Berücksichtigung des Strombezuges der Verdichter zur bestmöglichen Ausnutzung der Erneuerbaren Energien und zur Reduzierung des Netzstrombezuges. Bei EnergyPLAN gibt es keine gesonderte Einstellung für das Betriebsverhalten des Elektrolyseurs. Eine Vergleichbarkeit der beiden Tools ist somit nur im Standardbetrieb möglich. Validierbar ist, ob die vorgesehene Energieversorgung für die Elektrolyseure und Verdichter ausreicht, um den Verbrauch zu decken und ob die Elektrolyseure ausreichend groß dimensioniert sind.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, welches im Rahmen der Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany (HYPOS)-Initiative das Projekt *LocalHy* möglich macht (Förderkennzeichen: 03ZZ0705D).

Referenzen

- [1] Mannheim Institute for Sustainable Energy Studies (MISES), „CO₂-freier Wasserstoff kann günstiger hergestellt werden als bislang angenommen“, 13. November 2019. [Online]. Available: <https://www.uni-mannheim.de/newsroom/presse/pressemitteilungen/2019/november/brennstoff/>. [Zugriff am 19. November 2019].
- [2] B. Chatain, „Pressemitteilung "Begrenzung der CO₂-Emissionen von Pkw",“ Europäisches Parlament, Brüssel, 25. Februar 2014.
- [3] F. Hönig, M. Ebert und U. Blum, „Kläranlagen in Kombination mit der Wasserelektrolyse als neue Anbieter von Regelenergieprodukten,“ in 15. Symposium Energieinnovation, Graz, 2018.
- [4] F. Hönig, D. Duque-Gonzalez, J. Schneider, M. Ebert und U. Blum, „Auslegung von dezentralen Wasserelektrolyseanlagen gekoppelt mit Erneuerbaren Energien,“ in 26. Energie-Symposium, Stralsund, 2019.
- [5] Department of Development and Planning, Aalborg University, „EnergyPLAN,“ [Online]. Available: <https://www.energyplan.eu/>. [Zugriff am 21. November 2019].