

# REFORMIERUNG VON INDUSTRIEABGASEN ALS BASIS FÜR E - FUELS ZUR ERREICHUNG DER CO<sub>2</sub> - NEUTRALITÄT

Daniel REINER<sup>1(\*)</sup>, Marina ORLIĆ<sup>1</sup>, Christoph HOCHENAUER<sup>1</sup>, Vanja SUBOTIĆ<sup>1</sup>

## Einleitung

Da aktuell 97,5 % der 282 Mio. zugelassenen PKW in der Europäischen Union (EU) einen Verbrennungsmotor besitzen und der Anteil an mit Verbrennungsmotor betriebenen Neufahrzeugen (59,6% der PKW in 2021) nicht rapide zurückgeht, ist davon auszugehen, dass die Reduktion der Treibhausgase bis 2030 um 55% und eine Klimaneutralität bis 2050 in der EU nicht erreicht werden kann. Diese große Anzahl an Fahrzeugen kann in den nächsten Jahren nicht zur Gänze durch batterie- oder wasserstoffbetriebene Fahrzeuge ersetzt werden. Des Weiteren werden im Schwerlastverkehr als auch in der Luft- und Schifffahrt Kraftstoffe mit einer hohen Energiedichte benötigt und daher sollten genau in diesen Bereichen die fossilen Kraftstoffe durch klimaneutrale Alternativen abgelöst werden. Eine besonders vielversprechende Lösung für den CO<sub>2</sub>-neutralen Betrieb zur Erreichung der Klimaziele stellen die so genannten E-Fuels dar. Darunter versteht man synthetische Kraftstoffe, die bei der Herstellung mithilfe erneuerbarer Energien aus Wasser und CO<sub>2</sub> oder kohlenstoffhaltigen Reststoffen die gleiche Menge CO<sub>2</sub> verbrauchen, wie bei der Verbrennung wieder ausgestoßen werden (siehe Abbildung 1). [1]–[3]

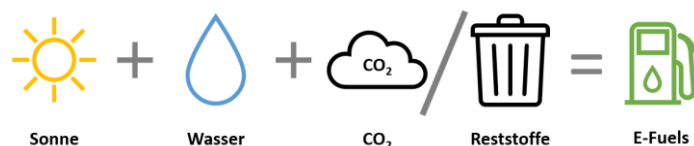


Abbildung 1: E-Fuel Definition. [1]

Die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen im industriellen Umfang erfolgt Großteils über die Fischer-Tropsch Synthese (FT). Dabei wird Synthesegas (Wasserstoff und Kohlenmonoxid) in langkettige Kohlenwasserstoffe umgewandelt. [4] Das dabei verwendete Synthesegas stammt jedoch von fossilen Energieträgern. Ein Ansatz als mögliche Alternative ist Industrieabgase zu nutzen. Das für die FT benötigte hochreine Synthesegas kann mithilfe einer Co-Elektrolyse (Elektrolyse von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O) erzeugt werden. Da die im Industrieabgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe der Elektrolysezellen schaden würden, kann ein Reformer eingesetzt werden, um diese in Synthesegas umzuwandeln. Der gesamte Herstellungsprozess ist in Abbildung 2 dargestellt.

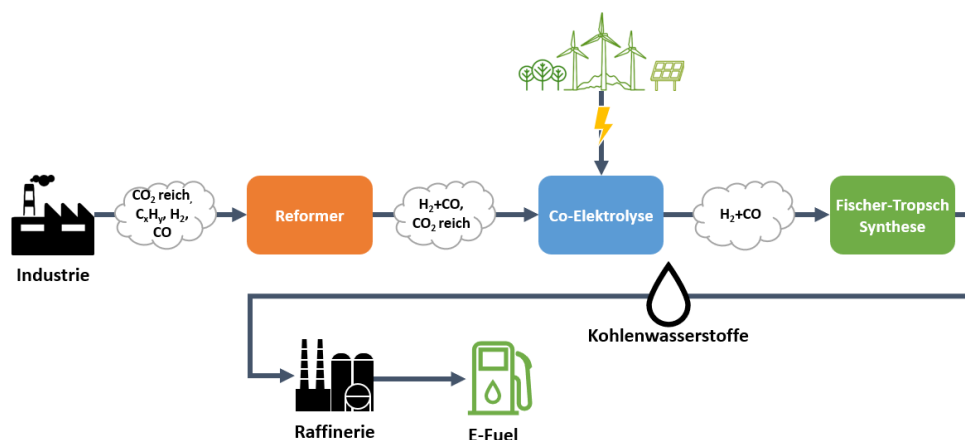
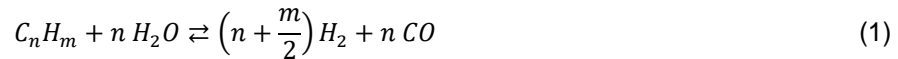


Abbildung 2: Möglicher Herstellungspfad von E-Fuels aus Industrieabgasen.

<sup>1</sup> Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 25/B, A-8010 Graz, Tel.: +43-316-873-7805, Fax: +43-316-873-7305, [daniel.reiner@tugraz.at](mailto:daniel.reiner@tugraz.at), [www.iwt.tugraz.at](http://www.iwt.tugraz.at)

## Methodik

Ein Reformier besteht in seiner einfachsten Ausführung aus einem Reaktorrohr in dem sich ein Katalysator befindet. Innerhalb dieses Reaktors reagieren die im Gas enthaltenen Kohlenwasserstoffe mit  $H_2O$ ,  $CO_2$  nach Reaktion (1) und (2) zu Synthesegas (Wasserstoff und Kohlendioxid). Treten beide Reaktionen gleichzeitig auf, wird von Bi-Reformierung gesprochen. Die Betriebstemperatur liegt aufgrund des endothermen Charakters beider Reaktionen bei Temperaturen ab  $800^\circ C$ . [5], [6] Wird der Reformier als Pre-Reformier zu einem weiteren Reformier betrieben, wie es bei Vorhandensein höherer Kohlenwasserstoffe häufig der Fall ist, können Temperaturen weit unter  $800^\circ C$  zum Einsatz kommen. Um möglichst alle vorhandenen Kohlenwasserstoffe in Synthesegas umzuwandeln, enthalten die eingesetzten Katalysatoren nach heutigem Stand der Technik einen hohen Nickelanteil.



Um eine Aussage über eine Eignung der Reformierung von Industrieabgasen für die Weiterverwendung des Produktgases für den in Abbildung 2 dargestellten Herstellungspfad von E-Fuels treffen zu können, wird die Bi-Reformierung in einem dafür entwickelten Prüfstand untersucht. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Betriebsparameter wie Temperatur und Durchfluss gelegt, um deren Einfluss zu analysieren. Zum Zweck der Überprüfung der Eignung wird eine Gasanalyse am Ein- und Austritt des Reformiers eingesetzt.

## Ausblick und Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit wird die Machbarkeit der Reformierung von Industrieabgasen im niedrigeren Temperaturbereich zwischen  $500$  und  $700^\circ C$  im Zuge der E-Fuel Herstellung näher betrachten. In der finalen Fassung wird näher auf die Einflüsse von Temperatur und Durchfluss bei der Reformierung eines Industrieabgases, das die Kohlenwasserstoffe Methan, Propan und Butan enthält, eingegangen. Die Ergebnisse werden zeigen, dass vor allem eine Reaktion der Kohlenwasserstoffe mit  $CO_2$  (Reaktion (2)) kaum stattfindet. Für dieses Problem müssen hingegen geeignete Katalysatoren gefunden und erforscht werden, wobei das im Produktgas enthaltene  $CO_2$  für die darauffolgende Co-Elektrolyse erwünscht ist.

## Referenzen

- [1] W. Maus Hrsg, „Zukünftige Kraftstoffe Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel ATZ/MTZ-Fachbuch“. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/series/12236>
- [2] „Fact sheet: cars - ACEA - European Automobile Manufacturers' Association“. Zugegriffen: 1. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.acea.auto/fact/fact-sheet-cars/>
- [3] „Fit for 55 - The EU's plan for a green transition - Consilium“. Zugegriffen: 9. Jänner 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [4] D. Pashchenko, „Syngas production through dry reforming: A review on catalysts and their materials, preparation methods and reactor type“, Chemical Engineering Journal, Bd. 452. Elsevier B.V., 15. Jänner 2023. doi: 10.1016/j.cej.2022.139416.
- [5] Pavlovich Baskakov u. a., „Analysis on Operating Parameter Design to Steam Methane Reforming in Heat Application RDE Performance Evaluation Method of SOFC Power Unit with Anode Off-Gas Recirculation Optimization of Methane Reforming for High Efficiency and Stable Operation of SOFC Stacks Analysis on Operating Parameter Design to Steam Methane Reforming in Heat Application RDE“, IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, Bd. 962, S. 12052, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/962/1/012052.
- [6] M. Ayoub u. a., „Effects of operating parameters for dry reforming of methane: A short review“, doi: 10.1051/e3sconf/202128704015.