

BACHELORARBEIT

Power-to-gas Brennstoffe in der Thermoprozesstechnik



FH Bielefeld
University of
Applied Sciences

Studiengang
Maschinenbau

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hermeler

Zweitprüfer: Dr.-Ing. Jörg Leicher

In Zusammenarbeit mit dem Institut:



Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

Betreuer:

Dr.-Ing. Jörg Leicher

Bielefeld den 12.02.2020

1. Einleitung

Seit 1889 ist die globale Temperatur um 0,8 °C gestiegen. Die Ursachen sind hauptsächlich anthropogene Treibhausgasemissionen [Hol10]. Durch die Verwendung fossiler Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas oder Kohle kommt es weltweit zu hohem Ausstoß von CO₂-Emissionen. Dadurch nimmt auch der Klimaschutz in den letzten Jahren eine größere Bedeutung in vielen Ländern ein. Durch den Pariser Klimaabkommen von 2015 haben sich 195 Länder dafür geeinigt dem Klimawandel entgegenzuwirken und die Erderwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen. Das Ziel des Abkommens ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen. Um dieses Ziel zu erreichen, sollte der Einsatz der fossilen Brennstoffe minimiert werden. Diesbezüglich stehen energieintensive Sektoren wie die Thermoprozessindustrie vor großen Herausforderungen. Hier wird die Prozesswärme dazu genutzt um Produkte thermisch zu bearbeiten. In den zahlreichen Branchen wie Stahl, Glas, Keramik oder Chemie werden die Energieträger Kohle, Strom als auch Erdgas verwendet, wobei Erdgas derzeit der wichtigste Energieträger zur Bereitstellung von Prozesswärme ist. Da aber bei Hochtemperaturprozessen auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe nicht vollständig verzichtet werden kann, weil in den meisten Fällen nicht mit Strom betrieben werden kann, wird der Einsatz von Erdgas auch in der Zukunft eine große Rolle spielen [Gies19].

Für die Umsetzung der Energiewende wird in den kommenden Jahren zu einem deutlichen Wachstum des Energiespeichermarktes in Deutschland führen. Hierzu zählen zum Beispiel Pumpspeicherwerke, Batteriespeicher aber auch Power-to-gas. Bei Power-to-gas wird Wasser durch elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Der Wasserstoff kann entweder direkt ins Gasnetz eingespeist oder durch einen Methanisierungsverfahren in Methan beziehungsweise in SNG (Substitute/ Synthetic Natural Gas) umgewandelt werden. Aber auch die Umwandlung in Ammoniak, Methanol und Ethanol sind denkbar. Beim Einsatz in Thermoprozessanlagen kann man den bei der Elektrolyse anfallenden Sauerstoff nutzen, um die Effizienz einer Thermoprozessanlage zu steigern. Die mit Sauerstoff angereicherte Verbrennung als auch die Oxy-Fuel-Verbrennung hilft nachweislich, die feuerungstechnische Effizienz zu verbessern als auch die Emissionen zu senken und den Brennstoffverbrauch zu reduzieren [Bau98]. Aus Abbildung 1 wird ersichtlich,

welche Prozesse für welche Power-to-X Brennstoffe notwendig sind und welche Anwendungsmöglichkeiten für bestimmte Power-to-X Brennstoffe möglich sind.

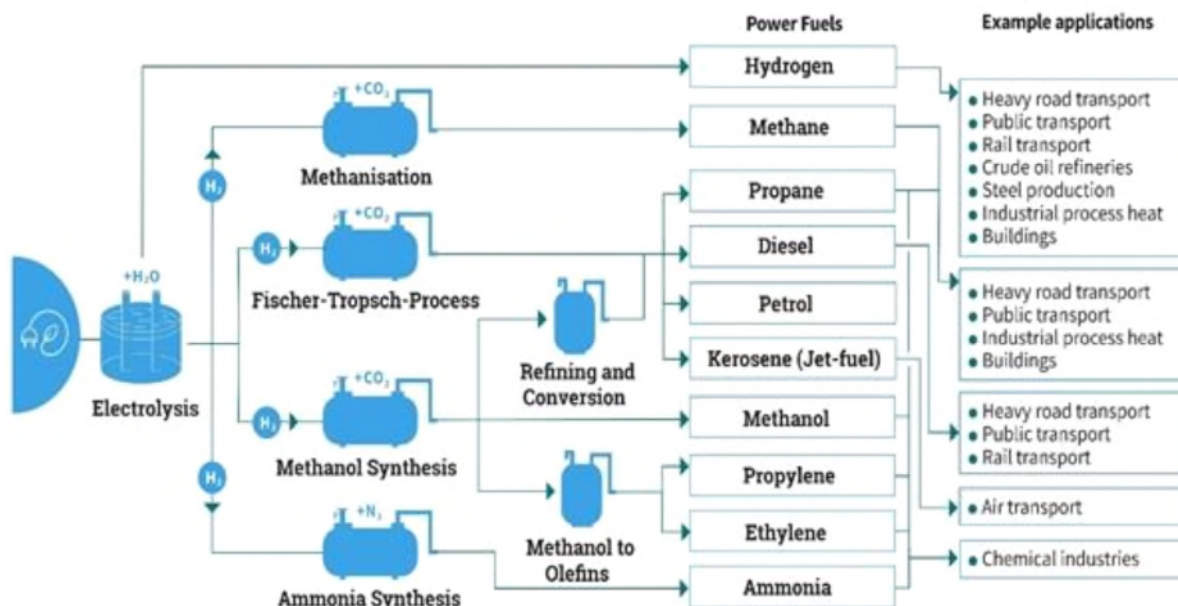


Abbildung 1 Mögliche Prozesse, Endprodukte und Anwendungsbeispiele für künstliche Brennstoffe [NN18]

1.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen der Dekarbonisierung von Energiesystemen stellt die Bereitstellung von Prozesswärme, insbesondere bei Hochtemperaturanwendungen in der Thermoprozesstechnik, eine besondere Herausforderung dar. Die Elektrifizierung dieser Fertigungsprozesse ist eine Möglichkeit, bei anderen Prozessen werden wohl auch in Zukunft Verbrennungsprozesse notwendig sein. Eine Option, in diesen Fertigungsprozessen CO_2 -neutrale Prozesswärme bereitzustellen, ist der Einsatz von Power-to-gas-Brennstoffen, also Brennstoffen, die mit Hilfe von regenerativem Strom und der Wasser-Elektrolyse erzeugt werden können. Dies kann beispielsweise Wasserstoff sein, aber auch andere Brennstoffe wie etwa künstliches Erdgas (SNG), Ammoniak (NH_3), Methanol (CH_3OH) oder Ethanol (C_2H_5OH) sind hier denkbar. In der Bachelorarbeit soll durch eine Literaturrecherche bereits vorhandene Erkenntnisse und internationale Erfahrungen bezüglich der Verbrennung dieser Brennstoffe, vorrangig im Kontext von Thermoprozesanlagen, gesammelt und ausgewertet werden. Zudem sollen anhand umfangreicher Berechnungen wesentliche Verbrennungseigenschaften der verschiedenen Brennstoffe ermittelt und miteinander verglichen werden. Als Werkzeug für die reaktionskinetischen Berechnungen wird das

Software-Paket COSILAB in Kombination mit verschiedenen detaillierten Reaktionsmechanismen verwendet [Cos].

1.2. Vorgehensweise

Im ersten Teil der Arbeit wird auf die heutige technische Anwendung der verschiedenen Power-to-X Brennstoffen (H_2 , SNG, NH_3 , CH_3OH und C_2H_5OH) für den Einsatz in Thermoprozessanlagen eingegangen. Außerdem sollen wesentliche verbrennungstechnische Kenngrößen der verschiedenen Power-to-X Brennstoffen wie Heizwert, Brennwert, Dichte, Wobbe-Index, adiabate Flammentemperatur, Sauerstoffbedarf und Luftbedarf ermittelt und miteinander verglichen werden. Des Weiteren wird auf die Reaktionskinetik als auch auf die relevanten Reaktionsmechanismen der Power-to-X Brennstoffe eingegangen. Um die Berechnungen der Arbeit besser nachzuvollziehen, wird im dritten Kapitel die Grundlagen der Reaktionskinetik erläutert. Dazu werden für die Bachelorarbeit verschiedene Reaktionsmechanismen für verschiedene Brennstoffe angewendet und die Ergebnisse verglichen. Für die Berechnungen wird die Software COSILAB angewandt. Mit dieser Software soll die Zündverzugszeit der verschiedenen Power-to-X Brennstoffen in der Luft als auch mit reinem Sauerstoff ermittelt und miteinander verglichen werden. Außerdem werden die laminare Verbrennungsgeschwindigkeiten der Power-to-X Brennstoffe als Funktion der Luftzahl λ mit Luft und mit Sauerstoff gegenübergestellt. Schließlich folgt eine reaktionskinetische Abschätzung von NO_x -Emissionen mit Luft, vorgewärmter Luft als auch Oxy-Fuel.