

Factsheet Methanpyrolyse

Die klimaneutrale Wasserstoffbereitstellung stellt einen Schlüssel zur Erreichung der globalen Klimaziele dar. Eine vielversprechende Technologie kann dabei in der Methanpyrolyse gesehen werden. Dabei wird der Hauptbestandteil von Erdgas, Methan, unter Sauerstoffausschluss in die Produkte Wasserstoff und festen Kohlenstoff gespalten [1]:



Die Nutzungsmöglichkeiten der Produkte sind vielfältig. Wasserstoff wird als klimaneutraler Energieträger in Industrie, Verkehr und im Wärmesektor eingesetzt. Im Vergleich zur konventionellen Wasserstoffroute aus Erdgas, der Dampfreformierung, ist die Methanpyrolyse ein Prozess ohne CO₂-Emissionen. Wird Biogas oder Biomethan als Ausgangsmaterial genutzt, dann kann der Prozess negative Emissionen erzeugen. Der feste Kohlenstoff (Graphit / Kohlenstoffnanoröhren) ist ein vermarktungsfähiges Nebenprodukt, welches anderen Sektoren (Stahl- und Kohlefaserproduktion; Zementindustrie, oder als Anode in Lithium-Ionen-Batterien / Batteriefertigung) hilft Emissionen zu reduzieren [2]. Der Einsatz von Kohlenstoff als Verbundwerkstoff, Füllstoff oder Baumaterial für emissionsintensive Industrien oder als Bodenverbesserungsmittel stellen weitere Märkte des Kohlenstoffs dar [3]. Synthetischer Graphit kann auch den natürlich vorkommenden Graphit ersetzen, der zum Großteil in China abgebaut wird [4]. Nach zusätzlichen industriellen Schritten kann aus Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) auch Graphen hergestellt werden. Graphen als relativ neuartiges Material ist für seine hohe Festigkeit und Leitfähigkeit bekannt und wird zunehmend für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, im Automotive-Bereich, bei Windkraftanlagen und im Bauwesen genutzt [5].

Die Spaltungsreaktion ist ein endothermer Prozess, d.h. es muss Energie aufgewendet werden, damit der Prozess abläuft. Verglichen mit anderen Wasserstoffproduktionsrouten zeigt die thermodynamische Analyse eines idealen Pyrolyseprozesses dabei energetische Vorteile. Der Energiebedarf zur Wasserstoffbereitstellung bei der Pyrolyse (37,8 kJ/mol H₂) liegt signifikant unter dem Energiebedarf der Erzeugung von Wasserstoff aus Erdgas mittels Dampfreformierung (63,3 kJ/mol H₂) sowie der Bereitstellung von erneuerbarem Wasserstoff mittels Elektrolyse (285,9 kJ/mol H₂) [6]. Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist die Methanpyrolyse attraktiv. Mit den in der Literatur aktuell prognostizierten Wasserstoffgestehungskosten ergeben sich bei der Methanpyrolyse erhebliche Kostenvorteile gegenüber der Elektrolyse. Eine Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zur Dampfreformierung ist ebenfalls gegeben [7].

Energiebedarf je Wasserstoff-Erzeugungspfad

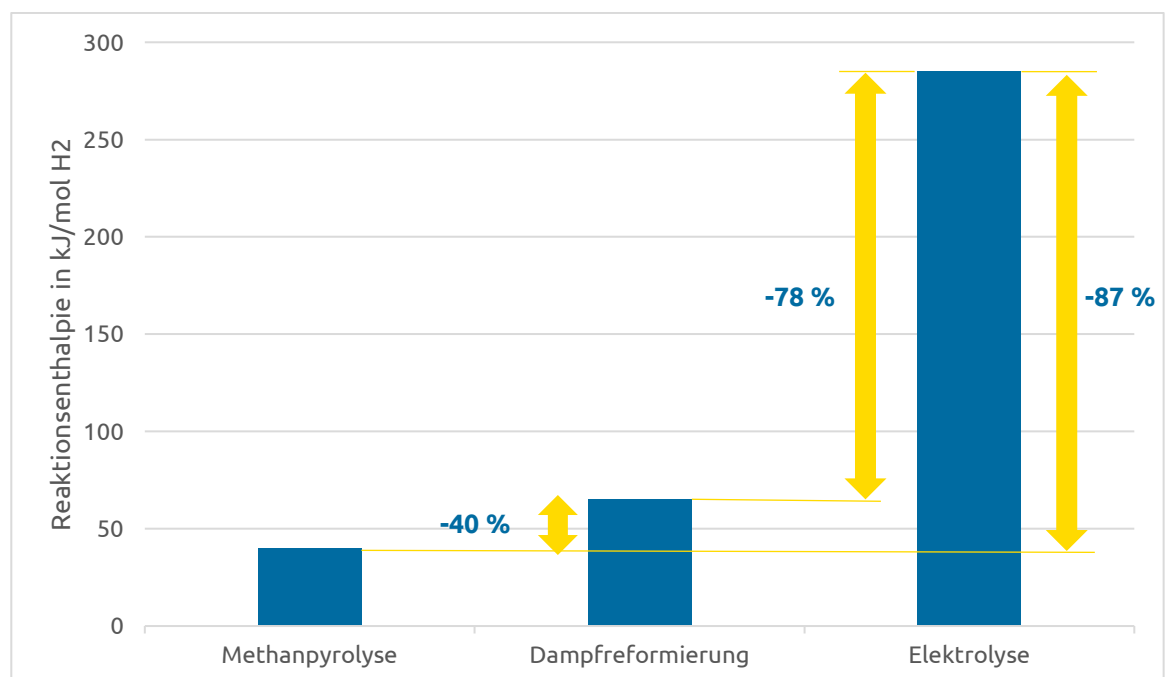


Abbildung 1: basierend auf [7]

Für den Methanpyrolyseprozess existieren verschiedene Technologierouten. Grundsätzlich sind hohe Temperaturen (>1200 °C) oder Plasmaprozesse erforderlich, um die Dissoziation des Methans herbeizuführen. Bereits seit den 1920er Jahre wurde mittels „Thermal Black“-Verfahren (Herstellung von Industriekohlenstoff) die thermische Methanpyrolyse durchgeführt. In den Jahren 2011 bis 2015 wurde unter der Leitung von Prof. Carlo Rubbia, dem Nobelpreisträger für Physik (1986), die Methanpyrolyse zur Wasserstoffproduktion in Deutschland weiterentwickelt. Bei thermischen Verfahren besteht zusätzlich die Möglichkeit unter Einsatz eines Katalysators die Temperaturen zu senken [8]. Im Bereich der Plasmatechnologien ist zwischen thermischen (Lichtbogen) und nicht-thermischen Plasmen (Mikrowelle, Plasmaentladung (Dielectric Barrier Discharge (DBD)), Gliding Arc) zu unterscheiden. Thermische Plasmen zeichnen sich durch hohe Wasserstoffausbeuten aus, während nicht-thermischen Prozesse eine vergleichsweise höhere Energieeffizienz aufweisen [5].

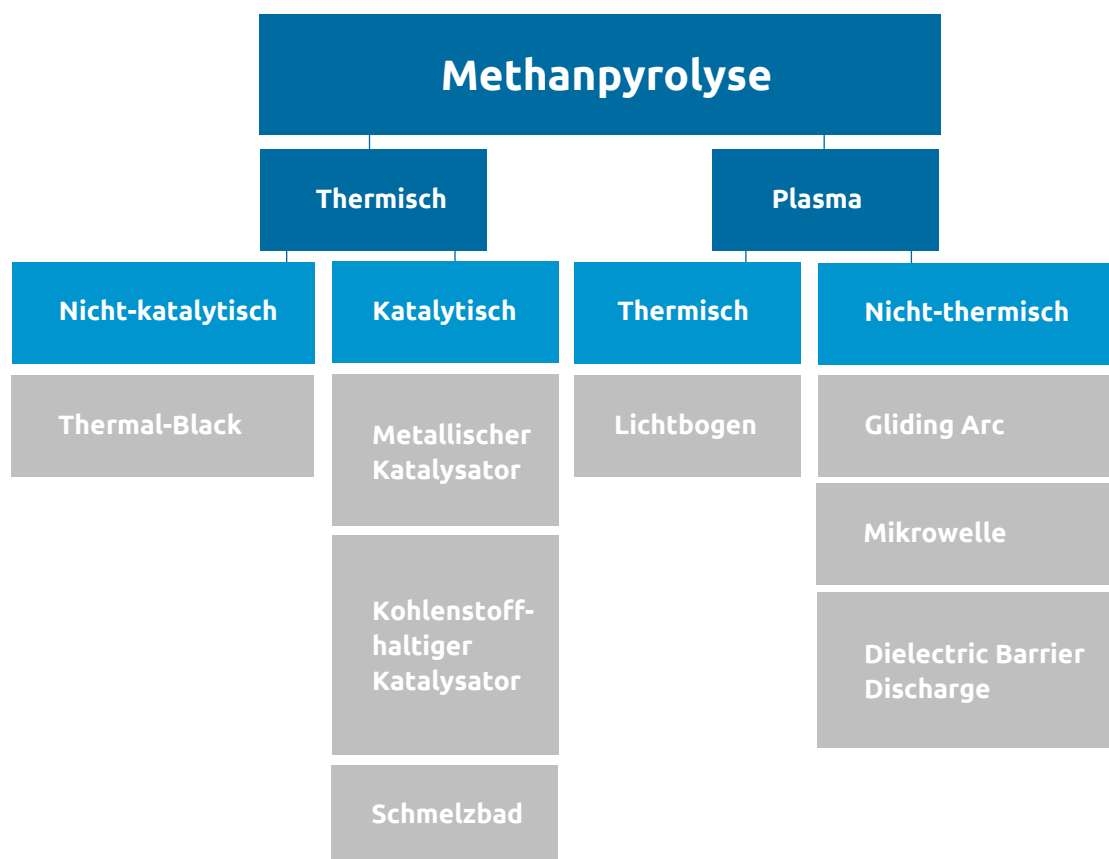


Abbildung 2: eigene Darstellung, basierend auf [6, 8]

Literaturverzeichnis

- [1] FANG, Zhen; SMITH, Richard L.; QI, Xinhua: Production of Hydrogen from Renewable Resources. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015 (5)
- [2] VOLDER, Michael F. L. de; TAWFICK, Sameh H.; BAUGHMAN, Ray H.; HART, A. John: Carbon nanotubes: present and future commercial applications. In: Science (New York, N.Y.) 339 (2013), Nr. 6119, S. 535–539 – Überprüfungsdatum 2020-03-23
- [3] GRÉGOIRE PADRÓ, Catherine E.; LAU, Francis: Advances in Hydrogen Energy. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2002
- [4] OLSON, Donald W.; VIRTA, Robert L.; MAHDAVI, Mahbood; SANGINE, Elizabeth S.; FORTIER, Steven M.: Natural graphite demand and supply - Implications for electric vehicle battery requirements. In: The Geological Society of America (2016), S. 67–77
- [5] DAGLE, R.; DAGLE, V.; BEARDEN, M.; HOLLADAY, J.; KRAUSE, T.; AHMED, S.: An Overview of Natural Gas Conversion Technologies for Co-Production of Hydrogen and Value-Added Solid Carbon Products. 2017
- [6] MURADOV, N.; VEZIROGLU, T.: "Green" path from fossil-based to hydrogen economy: An overview of carbonneutral technologies. In: International Journal of Hydrogen Energy 33 (2008), Nr. 23, S. 6804–6839 – Überprüfungsdatum 2019-08-21
- [7] PARKINSON, B.; BALCOMBE, P.; SPEIRS, J. F.; HAWKES, A. D.; HELLGARDT, K.: Levelized cost of CO₂ mitigation from hydrogen production routes. In: Energy & Environmental Science 12 (2019), Nr. 1, S. 19–40 – Überprüfungsdatum 2019-08-22
- [8] KEIPI, Tiina: Technology Development and Techno-Economic Analysis of Hydrogen Production by Thermal Decomposition of Methane. Tampere, Tampere University of Technology. Dissertation. 2017 – Überprüfungsdatum 2019-08-21