

# Einsatz von Reformern zur Glättung der Wasserstoffkonzentration (H<sub>2</sub>-Reform)

## Abschlussbericht

Dr.-Ing. Stephan Anger  
Maik Hoffmann  
Jens Hüttenrauch  
Michael Kühn  
Dr. Rico Rockmann  
Steffen Schmidt  
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig





# **Einsatz von Reformern zur Glättung der Wasserstoffkonzentration (H<sub>2</sub>-Reform)**

## **Abschlussbericht**

Juni 2022

DVGW-Förderkennzeichen G 202020



## Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Energiewende ist mit der zunehmenden Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz zu rechnen, verbunden mit steigenden Wasserstoffanteilen im Gasnetz. Für viele Anwendungen sind diese bis zu Anteilen von 20 Vol.% unproblematisch, solange der Wasserstoffanteil nicht großen Schwankungen unterworfen ist. Unabhängig von der konkreten Anwendung konnte auch gezeigt werden, dass schwankende Wasserstoffgehalte, abhängig von der Versorgungssituation, ggf. zu erhöhtem Aufwand in der Gasabrechnung führen können. Angesichts der Volatilität erneuerbarer Energien, die einen dynamischen Betrieb der Elektrolyse bedingen, ist allerdings mit Schwankungen des Wasserstoffgehaltes zu rechnen. Maßnahmen zum Ausgleich des Wasserstoffgehaltes sind erforderlich.

Um diesen zu erreichen, kann beispielsweise durch Dampfreformer zusätzlicher Wasserstoff aus Erdgas erzeugt werden. Dieser kann in Zeiten mit geringer EE-Verfügbarkeit bzw. geringer Erzeugung von Elektrolysewasserstoff gezielt beigemischt werden, um den Wasserstoffgehalt auf ein konstantes Niveau zu erhöhen. Bedingt durch die hohe Dynamik der erneuerbaren Energien ist allerdings auch der Bedarf an zusätzlichem Wasserstoff einer hohen Dynamik unterworfen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden daher anhand von berechneten Last- und Elektrolyseprofilen verschiedener Anwendungsfälle (Übergabepunkt Großstadt und Kleinstadt, industrielle Anwender) Möglichkeiten und Grenzen bewertet. Dabei hat sich gezeigt, dass ein einzelner Reformer nicht die nötige Flexibilität aufweist, ein modulares Konzept in Verbindung mit Pufferspeichern, Eingriffen in die Elektrolyse und/oder der Einbeziehung weiterer Abnehmer aber durchaus geeignet ist, um stabile Wasserstoffgehalte zu gewährleisten. Nachteilig ist jedoch, dass bei der Reformierung prozessbedingt CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, das im Sinne der Emissionsminderung abgeschieden werden sollte, wenn nicht biogene Gase als Ausgangsstoff verwendet werden. Die CO<sub>2</sub>-Abtrennung ist mit zusätzlichem Aufwand und Kosten verbunden. Um eine Abschätzung der Glättungskosten zu ermöglichen, wurden daher neben den Reformern selbst auch Optionen zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung betrachtet, wobei Membranen großes Potential zeigen. Die ermittelten Glättungskosten liegen, abhängig vom Anwendungsfall, im Bereich zwischen 4 und 18 Euro je MWh. Insbesondere Abnehmer mit relativ konstantem Abnahmeprofil, z.B. Industriebetriebe oder auch Großstädte, zeigen Vorteile bzgl. der Kosten.

Neben der Reformierung bestehen aber auch andere Möglichkeiten zur Glättung des Wasserstoffgehaltes. Um einen Vergleich und die Bewertung zu ermöglichen, wurde weitere Optionen analysiert, z.B. Einspeisemanagement, Flussmengenregelung, Zwischenspeicher, Flussrichtungssteuerung, Teilnetzabtrennung, Gasaufbereitung (Membranen) oder auch Methanisierung. Dabei hat sich gezeigt, dass jede Option spezifische Vor- und Nachteile aufweist. Aus technischer Sicht sind die Reformer insbesondere in der Übergangszeit, in der noch nicht ausreichend Elektrolyse-Wasserstoff zur Verfügung steht, und in Kombination mit weiteren Abnehmern vorteilhaft. Wirtschaftlich zeigen sich in den betrachteten Szenarien zwar Kostenvorteile für die Zwischenspeicherung und die Flussmengenregelung aus einem H<sub>2</sub>-backbone, Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit hängen aber von den konkreten Randbedingungen und Verfügbarkeit ab, sodass eine Einzelfallbetrachtung empfehlenswert ist.



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Vorbetrachtungen.....	2
2.1	Mögliche Einspeisesituationen .....	2
2.2	Mögliche Schwankungen der H <sub>2</sub> -Konzentration.....	8
2.3	Gasabrechnung.....	26
3	Sensible Gastechnologien.....	34
3.1	Haushalt / Gewerbe.....	35
3.2	Industrie .....	36
4	Glättung der H <sub>2</sub> -Konzentration durch Reformer .....	41
4.1	H <sub>2</sub> -Bereitstellung durch Reformer.....	41
4.1.1	Allgemeines .....	41
4.1.2	Dampfreformierung – Verfahrensbeschreibung .....	42
4.2	Optionen zur Glättung des H <sub>2</sub> -Gehaltes .....	43
4.3	Betrachtete Szenarien.....	43
4.3.1	Kleinstadt .....	43
4.3.2	Großstadt.....	51
4.3.3	Industrie .....	56
4.4	Glättungskosten .....	58
4.4.1	Annahmen und Randbedingungen .....	59
4.4.2	Ermittelte Glättungskosten .....	60
4.5	Zwischenfazit Reformer.....	62
5	Optionen zur CO <sub>2</sub> -Abtrennung .....	63
5.1	Vergleichende techno-ökonomische Bewertung von CO <sub>2</sub> -Abtrennverfahren .....	63
5.1.1	Adsorption.....	63
5.1.2	Membrantechnik.....	64
5.1.3	Absorption.....	65
5.1.4	Alternative Ansätze .....	66
5.1.4.1	Kryogene Abscheidung .....	66
5.1.4.2	Überschallabscheidung.....	66
5.1.4.3	Elektrodialyse.....	67
5.1.5	Gegenüberstellung der Verfahren .....	67
5.2	Betrachtung von Möglichkeiten der CO <sub>2</sub> -Nutzung .....	68
5.3	Systemische Betrachtung der CO <sub>2</sub> -Speicherung.....	69
5.4	Evaluierung des CO <sub>2</sub> -Handlings bei einem Dampfreformer.....	71
5.4.1	Möglichkeiten der CO <sub>2</sub> -Abtrennung bei der Dampfreformierung.....	71
5.4.2	Handling von CO <sub>2</sub> nach dem Dampfreformer .....	72
5.5	Schlussfolgerungen CO <sub>2</sub> -Abtrennung und Handling.....	77
6	Vergleich alternativer Konzepte zur Glättung der H <sub>2</sub> -Konzentration.....	78
6.1	Dampfreformer .....	78
6.2	Einspeisemanagement.....	80
6.2.1	Drosselung der H <sub>2</sub> -Produktion.....	80
6.2.2	Betrieb der H <sub>2</sub> -Produktion mit Graustrom .....	82

6.3	Methanisierung.....	84
6.4	Membranen.....	88
6.5	Zwischenspeicherung.....	90
6.6	Flussmengenregelung.....	100
6.7	Flussrichtungssteuerung.....	104
6.8	Teilnetzabtrennung.....	109
6.9	Zusammenfassung des Vergleichs.....	111
7	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	114
8	Literaturverzeichnis.....	115
9	Formelverzeichnis.....	117
10	Abbildungsverzeichnis.....	118
11	Tabellenverzeichnis.....	121