

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Power-to-X
Flüssige Kohlenwasserstoffe

VDI 4635
Blatt 3.4
Entwurf

Power-to-X – Liquid hydrocarbons

Einsprüche bis 2024-07-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/4635-3-4>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt
Fachbereich Energie- und Umwelttechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite	Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2	6 Systemparameter	12
Einleitung.....	2	6.1 Anlagengröße.....	12
1 Anwendungsbereich	2	6.2 Technische Verfügbarkeit	13
2 Begriffe	3	6.3 Lastfaktor	13
3 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes	6	6.4 Prozessparameter.....	13
4 Norm-/Standardbedingungen	8	7 Beschreibung der Verfahren	14
5 Systemgrenzen	9	7.1 Anforderungen an die Edukte.....	14
5.1 Subsystem <i>Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe</i>	10	7.2 Herstellung von Methanol auf Basis des PtL-Konzepts	15
5.2 Element <i>Zentraler Prozess</i>	12	7.3 Fischer-Tropsch-Synthese als Baustein des PtL-Konzepts	21
		Schrifttum	28

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Energie- und Umwelttechnik

VDI-Handbuch Energietechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dr. *Ulrich Balfanz*, Köln

Prof. Dr.-Ing. *Rolf Bank*, Deggendorf

Prof. Dr. *Martin Bertau*, Freiburg

Dr. *Dirk Bucher*, Hamburg

Dr. *Kerstin Cramer*, Bremen

Max Hadrich, Freiburg

Dr. *Johann Kirchner*, Leipzig

Dirk Arne Kuhrt, Berlin

Edwin Leber, Berlin

Dr.-Ing. *Andreas Lindermeir*, Clausthal

Markus Maly, München

Daniel Patzke, Leipzig

Martin Pfuhl, Karlsruhe

Frank Radke, Berlin

Dr.-Ing. *Bernd Rohowsky*, München

Dr. *Klaus Ruthardt*, Dortmund

Prof. Dr. *Jörg Sauer*, Karlsruhe

Dr. *Linus Schulz*, Karlsruhe

Jan-Oliver Schwarzlose, Wesseling

Ute Seifert, Leuna

Martin Treder, Düsseldorf

Monika Vogt, Duisburg

Ulrike Vollrath, Hamburg

Dr. *Andreas Waibel*, Frankfurt

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4635.

Einleitung

Die Erzeugung von flüssigen Kohlenwasserstoffen aus regenerativer elektrischer Energie und CO₂ über sogenannte Power-to-Liquid(PtL)-Verfahren ermöglicht eine Umstellung auf defossilierte Kraft-, Brenn- und Chemiegrundstoffe, auch in solchen Anwendungsgebieten, die nicht über eine direkte Elektrifizierung adressiert werden können. Eine Kopplung zwischen dem zunehmend auf regenerativer Primärenergie basierendem Stromsektor und dem Wärme-, Kraftstoff- und Chemiesektor ermöglicht so die Vermeidung oder zumindest Reduzierung der CO₂-Emissionen in Anwendungen, die weiterhin auf die Nutzung von Energieträgern mit hoher Energiedichte bei gleichzeitig guter Speicher-, Lager- und Verteilinfrastruktur angewiesen sind. Beispiele hierfür sind der Langstrecken-Flug- und Schiffsverkehr, schwere Nutzfahrzeuge mit hoher Reichweite oder die Erzeugung chemischer Grundstoffe, wie Methanol, DME, Olefine oder Ammoniak.

Darüber hinaus können PtL-Anlagen zukünftig auch eine wichtige Speicherfunktion für volatil zur Verfügung stehende elektrische Energie aus regenerativen Quellen, z. B. auf Basis von Windenergie oder Solarenergie, übernehmen. Bei weiter steigendem Anteil erneuerbarer Energie im Stromnetz werden Speicheroptionen benötigt, die in der Lage sind, große Energiemengen auch über längere Zeiträume zu speichern und bedarfsgerecht wieder in die unterschiedlichen Sektoren des Energiesystems einzukoppeln. Hierfür sind flüssige Kohlenwasserstoffe aufgrund ihrer hohen volumetrischen und gravimetrischen Energiedichte und der in der Regel sehr guten Lagerstabilität und einfachen Handhabung aussichtsreiche Optionen. Die dynamische Anpassung der Syntheseverfahren im Hinblick auf die Nutzung auch volatiler regenerativer elektrischer Energie sowie an den Strommarkt sind somit die zentralen Voraussetzungen zur Realisierung des Power-to-X(PtX)-Ansatzes bei der Synthese flüssiger Kohlenwasserstoffe.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Synthese flüssiger Kohlenwasserstoffe über die Methanol-Synthese oder das Fischer-Tropsch-Verfahren im Rahmen des PtX-Ansatzes zur Wandlung und Speicherung elektrischer Energie.

In dieser Richtlinie werden lediglich solche Verfahrensketten betrachtet, bei denen elektrische Energie als Hauptenergieträger in flüssige Kohlenwasserstoffe überführt wird. Ausgangspunkt für die betrachteten Verfahren sind entsprechend Was-

serstoff oder Synthesegas, die überwiegend mittels regenerativer elektrischer Energie erzeugt werden, sowie Kohlenstoffdioxid.

Die Darstellung der strombasierten (elektrolytischen) H₂-Erzeugung ist nicht Bestandteil dieser Richtlinie, sondern wird in VDI 4635 Blatt 3.1 Wasserstoffherzeugung durch Wasserelektrolyse (in Vorbereitung) thematisiert. Analoges gilt für die Verfahren zur Bereitstellung von Kohlenstoffdioxid, die in VDI 4635 Blatt 3.2 CO₂-Bereitstellung (in Vorbereitung) beschrieben werden.

Diese Richtlinie beschreibt die Grundlagen von Syntheseanlagen zur Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe in Power-to-Liquid-Anlagen. Basis dafür sind die Definitionen grundlegender Begriffe und Systemparameter sowie die Abgrenzung der Anlagen zur „Methanolsynthese“ und „Fischer-Tropsch-Synthese“ von den Anlagen zur Herstellung von Wasserstoff und Synthesegas sowie der Bereitstellung von Kohlenstoffdioxid.