

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Power-to-X
Flüssige Kohlenwasserstoffe

VDI 4635

Blatt 3.4 / Part 3.4

Power-to-X
Liquid hydrocarbons

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3
2 Begriffe	3	2 Terms and definitions	3
3 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes ...	10	3 Symbols, abbreviations, and indices	10
4 Norm-/Standardbedingungen	14	4 Standard conditions	14
5 Systemgrenzen	14	5 System boundaries.....	14
5.1 Subsystem <i>Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe</i>	20	5.1 <i>Liquid hydrocarbon production</i> subsystem.....	20
5.2 Element <i>Zentraler Prozess</i>	21	5.2 Element <i>Central process</i>	21
6 Systemparameter.....	22	6 System parameters.....	22
6.1 Anlagengröße.....	22	6.1 Plant size.....	22
6.2 Technische Verfügbarkeit.....	22	6.2 Technical availability.....	22
6.3 Lastfaktor.....	23	6.3 Load factor.....	23
6.4 Prozessparameter	23	6.4 Process parameters.....	23
7 Beschreibung der Verfahren.....	25	7 Description of the procedures.....	25
7.1 Anforderungen an die Edukte	25	7.1 Requirements for the educts	25
7.2 Herstellung von Methanol auf Basis des PtL-Konzepts.....	27	7.2 Production of methanol based on the PtL concept.....	27
7.3 Fischer-Tropsch-Synthese als Baustein des PtL-Konzepts	40	7.3 Fischer-Tropsch synthesis as a building block of the PtL concept.....	40
Schrifttum	54	Bibliography	54
Benennungindex englisch-deutsch.....	55	Term index English-German.....	55

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energie- und Umwelttechnik

VDI-Handbuch Energietechnik

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 2: Planung/Projektierung
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 5: Spezielle Verfahrenstechniken

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.

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 Chemiegundstoffe, 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 Handha-

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4635.

Introduction

The production of liquid hydrocarbons from renewable electrical energy and CO₂ via so-called power-to-liquid(PtL) processes enables a switch to defossilised fuels and chemical feedstocks, even in areas of application that cannot be addressed via direct electrification. Coupling the electricity sector, which is increasingly based on renewable primary energy, with the heating, fuel and chemical sectors thus makes it possible to avoid or at least reduce CO₂ emissions in applications that continue to rely on the use of energy sources with high energy density and good storage, storage and distribution infrastructure. Examples of this include long-haul aviation and shipping, heavy commercial vehicles with long ranges or the production of chemical base materials such as methanol, DME, olefins, or ammonia.

In addition, PtL plants can also assume an important storage function in the future for volatile electrical energy from renewable sources, e.g., based on wind or solar energy. As the proportion of renewable energy in the electricity grid continues to rise, storage options will be needed that are capable of storing large amounts of energy over longer periods of time and feeding it back into the various sectors of the energy system as required. Liquid hydrocarbons are promising options for this due to their high volumetric and gravimetric energy density and generally very good storage stability and easy handling. The dynamic adaptation of the synthesis processes with regard to the use of

bung 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 Methanolsynthese 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 Wasserstoff 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 über Wasserstoffherzeugung durch Wasserelektrolyse (in Vorbereitung) thematisiert. Analoges gilt für die Verfahren zur Bereitstellung von Kohlenstoffdioxid, die in VDI 4635 Blatt 3.2 CO₂-Bereitstellung beschrieben werden.

Diese Richtlinie beschreibt die Grundlagen von Syntheseanlagen zur Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe in PtL-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.

volatile renewable electrical energy and to the electricity market are therefore the central prerequisites for realising the Power-to-X(PtX) approach in the synthesis of liquid hydrocarbons.

1 Scope

This standard applies to the synthesis of liquid hydrocarbons via methanol synthesis or the Fischer-Tropsch process as part of the PtX approach to converting and storing electrical energy.

In this standard, only those process chains are considered in which electrical energy is converted into liquid hydrocarbons as the main energy source. Accordingly, the starting point for the processes under consideration is hydrogen or synthesis gas, which are primarily generated using renewable electrical energy, as well as carbon dioxide.

The description of electricity-based (electrolytic) H₂ generation is not part of this standard but is addressed in VDI 4635 Part 3.1 about hydrogen generation by water electrolysis (in preparation). The same applies to the processes for the provision of carbon dioxide, which are described in VDI 4635 Part 3.2 CO₂ provision.

This standard describes the basic principles of synthesis plants for the production of liquid hydrocarbons in PtL plants. The basis for these are the definitions of basic terms and definitions of system parameters as well as the differentiation of the plants for “methanol synthesis” and “Fischer-Tropsch synthesis” from the plants for the production of hydrogen and synthesis gas as well as the provision of carbon dioxide.