

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Power-to-X
Methanisierung
Systemparameter und Messgrößen

VDI 4635
Blatt 3.3 / Part 3.3

Power-to-X
Methanation
System parameters and measurands

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 und Indizes.....	13	3 Symbols and indices.....	13
4 Systemgrenzen der Methanisierung.....	16	4 System boundaries of methanation.....	16
4.1 PtX-Subsysteme.....	17	4.1 PtX subsystems.....	17
4.2 Systemgrenze Methanisierung–Reaktor.....	19	4.2 System boundary methanation–reactor.....	19
4.3 Systemgrenze Methanisierung–Prozess.....	21	4.3 System boundary methanation–process.....	21
5 Systemparameter.....	22	5 System parameters.....	22
5.1 Bezugszustände, Norm-/ Standardbedingungen.....	22	5.1 Reference conditions, norm/standard conditions.....	22
5.2 Anlagenkonzept.....	24	5.2 System concept.....	24
5.3 Anlagengröße.....	24	5.3 Plant size.....	24
5.4 Prozessparameter.....	25	5.4 Process parameters.....	25
5.5 Charakteristische Berechnungsgrößen.....	27	5.5 Characteristic calculation variables.....	27
5.6 Systemverfügbarkeit.....	30	5.6 System availability.....	30
5.7 Betriebsmittelbedarf.....	30	5.7 Resource requirements.....	30
6 Biologische Methanisierung.....	31	6 Biological methanation.....	31
6.1 Methanisierungsreaktion.....	31	6.1 Methanation reaction.....	31
6.2 Methanisierung–Prozess, Anlagenkonzepte.....	36	6.2 Methanation–process, plant concepts.....	36
7 Chemische Methanisierung.....	37	7 Chemical methanation.....	37
7.1 Methanisierungsreaktion.....	37	7.1 Methanation reaction.....	37
7.2 Methanisierung–Prozess, Anlagenkonzepte.....	44	7.2 Methanation–process, plant concepts.....	44
8 Betriebsweisen der Methanisierung.....	46	8 Operating modes of methanation.....	46
8.1 Allgemeine Betriebsweisen.....	46	8.1 General modes of operation.....	46
8.2 Dynamische Prozessführung.....	49	8.2 Dynamic process control.....	49
9 Kostenparameter.....	49	9 Cost parameters.....	49
9.1 Investitionskosten einer Anlage.....	50	9.1 Investment costs of a plant.....	50
9.2 Betriebskosten einer Anlage.....	51	9.2 Operating costs of a plant.....	51
9.3 Spezifische Investitionskosten (produktbezogen).....	52	9.3 Specific investment costs (product-related).....	52
9.4 Spezifische Betriebskosten (produktbezogen).....	52	9.4 Specific operating costs (product-related).....	52
Schrifttum.....	53	Bibliography.....	53
Benennungsindex 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 Verfahrenstechnik

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

Der Europäische Green Deal der EU-Kommission legt die Basis der wirtschaftlichen Orientierung Europas und Deutschlands, bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent zu werden. Zu den Kernzielen zählt die Umgestaltung des europäischen Wirtschaftssystems über alle Industriezweige hinweg zu einem nachhaltigen, kreislaforientierten System sowie die deutliche Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 bis spätestens 2030. Bis 2050 sollen die Netto-Treibhausgasemissionen auf null reduziert sein.

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich die „weitgehende Treibhausgasneutralität bis 2045“ als nationales Klimaziel gesetzt. Dabei spielen Energiespeichersysteme und die Integration von sektorübergreifenden Power-to-Gas-Anwendungen wie auch die in dieser Richtlinie behandelte Methanisierung für die Erreichung dieser Ziele eine wichtige Rolle: Mithilfe der Sektorenkopplung durch diese Technologien lassen sich die verschiedensten Bereiche der Wirtschaft auf grüne Energie umstellen – selbst solche, die als schwer transformierbar gelten, wie der Schwerlast- und Schiffsverkehr oder Kohlenstoffdioxid(CO₂)-intensive Industrien, wie die Zement-, Stahl- oder Glasproduktion. Stoffliche Energiespeichersysteme und insbesondere Methan (CH₄) bieten dabei die Möglichkeit, große Energiemengen über unterschiedlichste Zeitskalen zu speichern, zu transportieren und zu verteilen und dabei auch die bestehende Infrastruktur, wie das europaweite Gasnetz sowie globale Verteilstrukturen und Lagerkapazitäten, zu nutzen. Insofern kann die Integration dieser skalierbaren Power-to-Gas-Anwendungen gewährleisten, dass ein signifikanter Anteil erneuerbarer Energie, insbeson-

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 European Green Deal of the EU Commission lays the foundation of Europe's and Germany's economic orientation to become the first climate-neutral continent by 2050. The core objectives include the transformation of the European economic system across all industrial sectors to a sustainable, circular system and the significant reduction of greenhouse gas emissions by at least 55 % compared to 1990 levels by 2030 at the latest. By 2050, net greenhouse gas emissions are to be reduced to zero.

The Federal Republic of Germany has set itself the national climate goal of “largely greenhouse gas neutrality by 2045”. Energy storage systems and the integration of cross-sectoral power-to-gas applications, as well as methanation, which is dealt with in this standard, play an important role in achieving these goals: With the help of sector coupling through these technologies, the most diverse areas of the economy can be converted to green energy – even those that are considered difficult to transform, such as heavy goods and shipping traffic or carbon dioxide (CO₂) intensive industries, such as cement, steel, or glass production. Material energy storage systems, and methane (CH₄) in particular, offer the possibility of storing, transporting, and distributing large amounts of energy over a wide range of time scales, while also using the existing infrastructure, such as the Europe-wide gas grid and global distribution structures and storage capacities. In this respect, the integration of these scalable power-to-gas applications can ensure that a significant share of renewable energy, especially from wind and photovoltaics, can be used to produce hydrogen (H₂) and

dere aus Wind und Fotovoltaik, zur Herstellung von Wasserstoff (H₂) genutzt und zugleich CO₂ als Wertstoff verstanden und verwertet werden kann und somit die ambitionierten Klimaziele erreichbar werden.

1 Anwendungsbereich

Der Prozess der Methanisierung ist die Erzeugung von Methangas durch Hydrierung von Kohlenstoffoxiden mit Wasserstoff. In Power-to-Gas-Anlagen wird dieser Wasserstoff meist aus elektrischem Strom und Wasser in einer Wasserelektrolyse erzeugt. Die Kohlenstoffoxide sind Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid, die aus unterschiedlichen Quellen stammen können. Ihre Zusammensetzung definiert das Design des verwendeten Prozesses der Methanisierung. Die Methanisierung kann chemisch oder biologisch erfolgen.

Diese Richtlinie beschreibt die Grundlagen für die Planung von Methanisierungsanlagen in Power-to-Gas-Anlagen. Anlagen zur Wasserstofferzeugung, die Bereitstellung von Kohlenstoffdioxiden sowie Genehmigungsverfahren und Standortfragen werden in einem separaten Richtlinienblatt der Richtlinienreihe VDI 4635 behandelt. Basis dafür sind die Definitionen der Begriffe und Systemparameter sowie eine konsistente Abgrenzung der relevanten Anlagenbestandteile.

at the same time CO₂ can be understood and utilised as a valuable material, thus making the ambitious climate targets achievable.

1 Scope

The process of methanation is to produce methane gas by hydrogenating carbon oxides with hydrogen. In power-to-gas plants, this hydrogen is usually produced from electric current and water in a water electrolysis process. The carbon oxides are carbon monoxide and carbon dioxide, which can come from different sources. Their composition defines the design of the methanation process used. Methanation can be chemical or biological.

This standard describes the basic principles for planning methanation plants in power-to-gas plants. Plants for hydrogen production, the provision of carbon oxides as well as approval procedures and location issues are dealt with in a separate part of the series of standards VDI 4635. The basis for this are the definitions of terms and system parameters as well as a consistent delimitation of the relevant system components.