

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Power-to-X  
Methanisierung  
Systemparameter und Messgrößen

VDI 4635  
Blatt 3.3  
Entwurf

Power-to-X – Methanation – System parameters  
and measurands

*Einsprüche bis 2022-12-31*

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

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Begriffe</b> .....	3
<b>3 Formelzeichen und Indizes</b> .....	6
<b>4 Systemgrenzen der Methanisierung</b> .....	7
4.1 Systemgrenze Methanisierung–Reaktor .....	7
4.2 Systemgrenze Methanisierung–Prozess .....	8
<b>5 Systemparameter</b> .....	9
5.1 Bezugszustände, Norm-/Standardbedingungen .....	9
5.2 Anlagenkonzept .....	10
5.3 Anlagengröße .....	10
5.4 Prozessparameter .....	11
5.5 Charakteristische Berechnungsgrößen .....	12
5.6 Systemverfügbarkeit .....	13
5.7 Betriebsmittelbedarf .....	13
<b>6 Biologische Methanisierung</b> .....	13
6.1 Methanisierungsreaktion .....	14
6.2 Methanisierung–Prozess, Anlagenkonzepte .....	16
<b>7 Chemische Methanisierung</b> .....	17
7.1 Methanisierungsreaktion .....	17
7.2 Methanisierung–Prozess, Anlagenkonzepte .....	20
<b>8 Betriebsweisen der Methanisierung</b> .....	22
8.1 Allgemeine Betriebsweisen .....	22
8.2 Dynamische Prozessführung .....	23
<b>9 Kostenparameter</b> .....	23
9.1 Investitionskosten einer Anlage .....	24
9.2 Betriebskosten einer Anlage .....	24
9.3 Spezifische Investitionskosten (produktbezogen) .....	25
9.4 Spezifische Betriebskosten (produktbezogen) .....	25
Schrifttum .....	26

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)  
Fachbereich Energietechnik

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](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dr. *Steffen Schirrmeister*, VDI, Dortmund

Dr.-Ing. *Martin Thema*, Regensburg

Dr.-Ing. *Siegfried Bajohr*, Karlsruhe

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

Dr. *Annett Bellack*, Regensburg

Dr.-Ing. *Jens Bremer*

Prof. Dr. *Matthias Brunner*, Saarbrücken

Dipl.-Ing. *Florian Hackl*, Regensburg

Dipl.-Chem.-Ing. *Daniel Hariri*, Frenkendorf

Dr. sc. *Manuel Hörl*

Hon.-Prof. Dr.-Ing. *Peter Missal*, Bingen

*Simon Schneller* M.Sc., Straubing

*Matthias Scholz*, Schwandorf

Dipl.-Ing. (FH) *Bernd Stürmer*, Stuttgart

*Tobias Weidlich* M.Sc., Nürnberg

Dipl.-Ing. *Uwe Würtenberger*, München

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](http://www.vdi.de/4635).

## Einleitung

Der europäische Grüne Deal der europäischen 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, kreislauforientierten 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(CO<sub>2</sub>)-intensive Industrien, wie die Zement-, Stahl- oder Glasproduktion. Stoffliche Energiespeichersysteme und insbesondere Methan (CH<sub>4</sub>) 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, insbesondere aus Wind und Fotovoltaik, zur Herstellung von Wasserstoff (H<sub>2</sub>) genutzt und zugleich CO<sub>2</sub> 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. Basis dafür sind die Definitionen der Begriffe und Systemparameter sowie die Abgrenzung der Anlagen zur Methanisierung von den Anlagen zur Wasserstoffherzeugung und der Bereitstellung der Kohlenstoffoxide.