



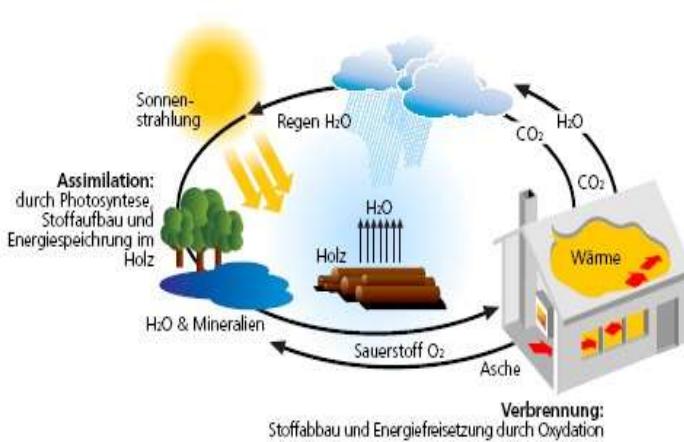
Energie aus Biomasse

Handwerkskammer-Flensburg



DAS HANDEWERK
DIE WIRTSCHAFTSMACHT VON NEBENAN.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
 > Bildung
 Beratung


**Handwerkskammer
Flensburg**

Biomasse

- Biogas
- Kraft-/Wärmekopplung, BHKW
- Biokraftstoffe



Vorteile

Nahezu geschlossener CO₂-Kreislauf.

Reduziert Abhängigkeit von fossilen Energieträgern.

Innovativer und zukunftsträchtiger Markt, mit Erschaffung neuer Arbeitsplätze.

Nachteile

Flächenkonkurrenz mit Nahrungsmittelanbau.

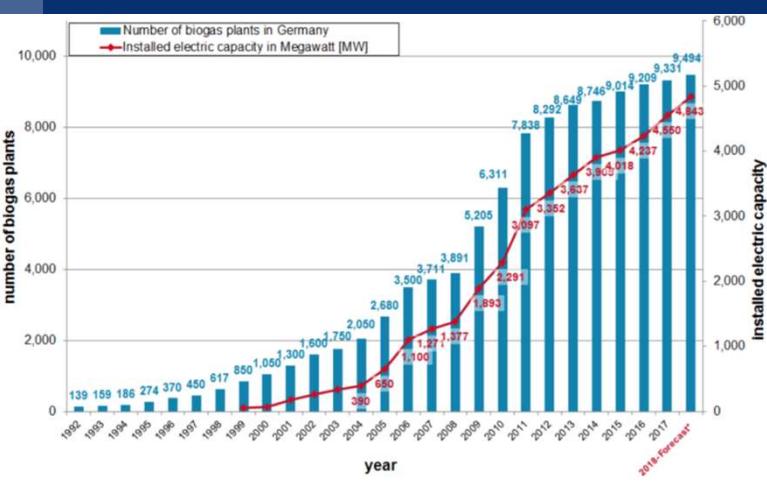
Nahrungsmittelpreise steigen, durch Anbau Energiereicher Pflanzen.

Anbaugebiete sind sehr fragwürdig z.B. wurden Teile des Regenwaldes gerodet um Energiereiche Pflanzen anzubauen.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
 > Bildung
 Beratung


**Handwerkskammer
Flensburg**

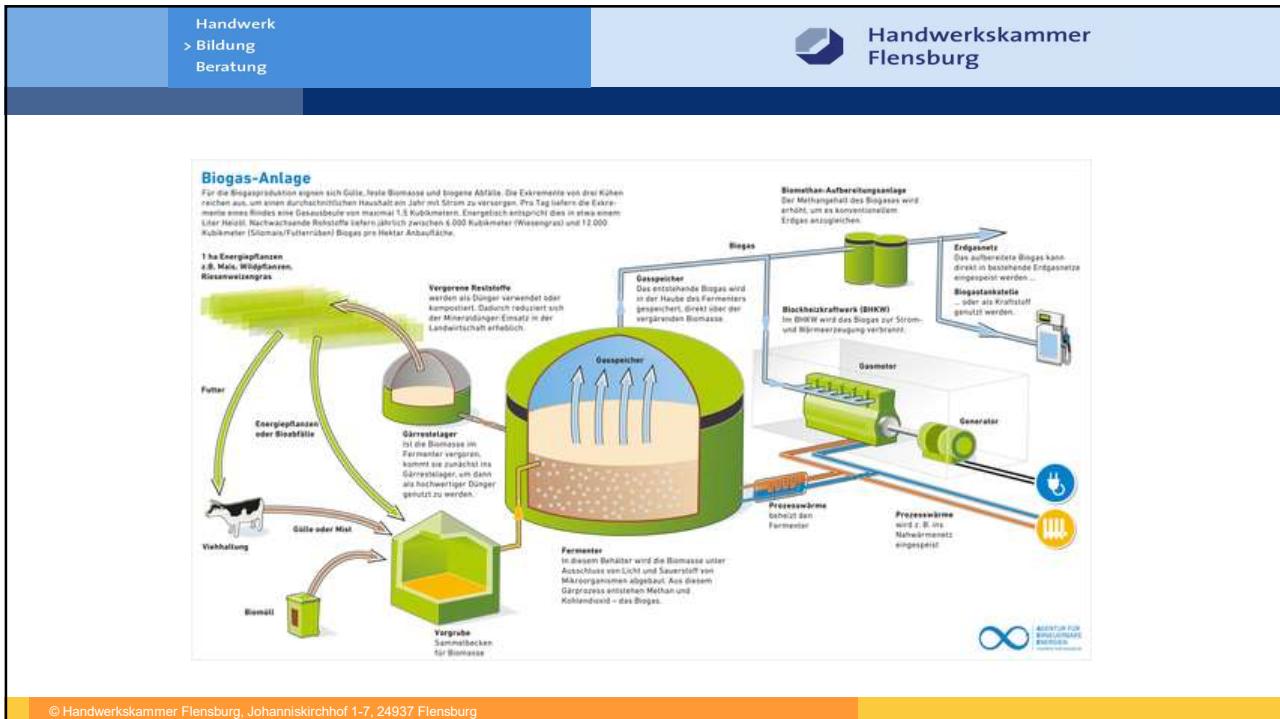


Year	Number of biogas plants	Installed electric capacity [MW]
1992	139	0
1993	159	0
1994	186	0
1995	274	0
1996	370	450
1997	450	617
1998	617	850
1999	850	1,050
2000	1,050	1,300
2001	1,300	1,600
2002	1,600	1,750
2003	1,750	2,050
2004	2,050	2,680
2005	2,680	3,500
2006	3,500	3,711
2007	3,711	3,891
2008	3,891	4,100
2009	4,100	4,277
2010	4,277	4,893
2011	4,893	5,291
2012	5,291	5,897
2013	5,897	6,311
2014	6,311	7,038
2015	7,038	7,746
2016	7,746	8,648
2017	8,648	9,014
2018	9,014	9,209
2019	9,209	9,331
2020	9,331	9,494
2021	9,494	4,550
2022	4,550	4,843
2023	4,843	5,237
2024	5,237	5,630
2025	5,630	6,023
2026	6,023	6,416
2027	6,416	6,809
2028	6,809	7,202
2029	7,202	7,595
2030	7,595	8,088
2031	8,088	8,581
2032	8,581	9,074
2033	9,074	9,567
2034	9,567	10,050
2035	10,050	10,543
2036	10,543	11,036
2037	11,036	11,529
2038	11,529	12,022
2039	12,022	12,515
2040	12,515	13,008
2041	13,008	13,501
2042	13,501	14,094
2043	14,094	14,587
2044	14,587	15,080
2045	15,080	15,573
2046	15,573	16,066
2047	16,066	16,559
2048	16,559	17,052
2049	17,052	17,545
2050	17,545	18,038

© Fachverband Biogas e.V. / German Biogas Association



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Biogas

Eine **Biogasanlage** dient der Erzeugung von Biogas durch Vergärung von Biomasse. In landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden meist tierische Exkremente (Gülle, Festmist) und Energiepflanzen als Substrat eingesetzt.

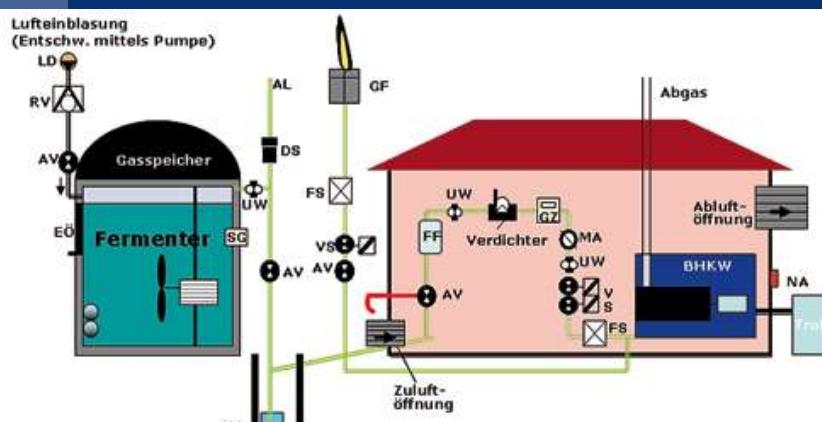
Biogas ist ein Gemisch aus den Hauptkomponenten **Methan und Kohlenstoffdioxid**. Der Anteil, der energetisch genutzt wird, ist das Methan. Daneben enthält es je nach Ausgangsbedingungen geringe Mengen an Wasserdampf, **Schwefelwasserstoff**, Ammoniak, Wasserstoff und Stickstoff.



Verwendet werden

- vergärbare Reststoffe wie Klärschlamm, Bioabfall oder Speisereste
- Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist)
- gezielt angebaute Energiepflanzen

Bei den meisten Biogasanlagen wird das entstandene Gas vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt.



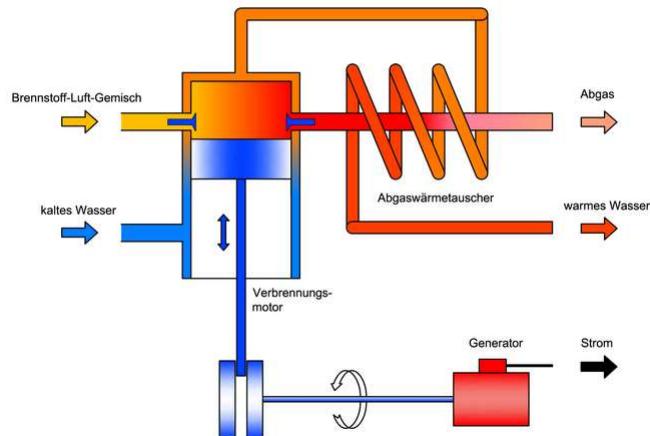
Notwendige Bauteile Optionale Bauteile

- AV Absperrventil FF GasfeinfILTER
AL Abblasleitung GF Gasfackel
BHKW Blockheizkraftwerk GZ Gaszähler
DS Über- / Unterdrucksicherung LD Luftpumpe
EÖ Einstiegsöffnung MA Manometer

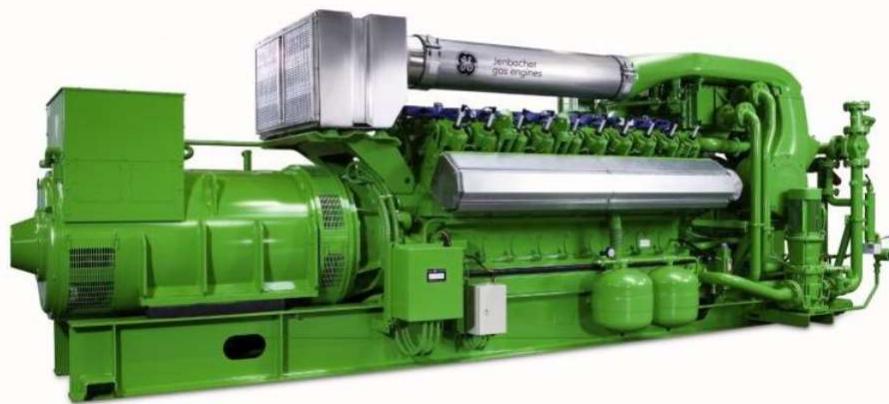
- FS Flammenrückschlagsicherung RV Rückschlagventil
KA Kondensabscheider SG Schauglas
NA Notausschalter
VS Ventil selbsttätig schließend
UW Unterdruckwächter



Funktionsweise Blockheizkraftwerk (BHKW)



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Biogas besteht im Wesentlichen aus **Methan (50 bis 80 Vol %)**, **Kohlendioxid (20 bis 50 Vol%)**, **Schwefelwasserstoff (0,01 bis 0,4 Vol %)** sowie Spuren von Ammoniak, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenmonoxid.

Beispiel: Methan 60 Vol %, Kohlendioxid 38 Vol %, Restgase 2 Vol %

	Biogas	Erdgas	Propan	Methan	Wasserstoff
Heizwert (kWh/m³)	6	10	26	10	3
Dichte (kg/m³)	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Dichteverhältnis zu Luft	0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Zündtemperatur (°C)	700	650	470	595	585
Maximale Flammfortpflanzungsgeschwindigkeit in Luft (m/s)	0,25	0,39	0,42	0,47	0,43
Explosionsbereich (Vol %)	6 - 22	4,4 - 15	1,7 - 10,9	4,4 - 16,5	4 - 77
Theoretischer Luftbedarf (m³/m³)	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Material	Biogasertrag in m³ pro Tonne Frischmasse	Methangehalt
<u>Maissilage</u>	202	52 %
<u>Grassilage</u>	172	54 %
<u>Roggen-GPS</u>	163	52 %
<u>Futterrübe</u>	111	51 %
<u>Bioabfall</u>	100	61 %
<u>Hühnermist</u>	80	60%
<u>Zuckerübenschnitzel</u>	67	72 %
<u>Schweinemist</u>	60	60 %
<u>Rindermist</u>	45	60 %
<u>Getreideschleime</u>	40	61 %
<u>Schweinegülle</u>	28	65 %
<u>Rindergülle</u>	25	60 %



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

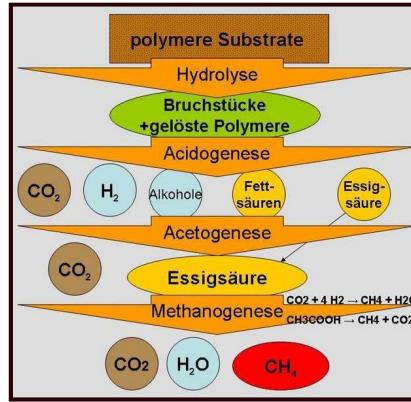


Biogaszusammensetzung

In einer Biogasanlage erfolgt der anaerobe (ohne Sauerstoff) mikrobielle Abbau (**Vergärung**) des eingesetzten Substrats. Dieses besteht meist aus gut abbaubarer Biomasse wie Gülle, Energiepflanzen (vor allem Mais-, Getreide- und Grassilage), landwirtschaftlichen Nebenprodukten oder Bioabfällen. Stroh und Holz, die vor allem Cellulose und Lignocellulose enthalten, sind unter anaeroben Bedingungen nur schwer oder gar nicht abbaubar und werden daher nicht eingesetzt.

Hauptprodukte des anaeroben Abbaus sind das energiereiche **Methan (CH₄)** und **Kohlendioxid (CO₂)**.

Da beide gasförmig sind, trennen sie sich vom Gärsubstrat und bilden die Hauptkomponenten des Biogases. CO₂ ist nicht weiter oxidierbar, kann aber zusammen mit dem energiereichen CH₄ in geeigneten **BHKWs** der Verbrennung zugeführt werden.



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Zusammensetzung

Zusammensetzung von Biogas ^[2]		
	Schwankungsbreite	Durchschnitt
<u>Methan</u>	45–70 %	60 %
<u>Kohlendioxid</u>	25–55 %	35 %
<u>Wasserdampf</u>	0–10 %	3,1 %
<u>Stickstoff</u>	0,01–5 %	1 %
<u>Sauerstoff</u>	0,01–2 %	0,3 %
<u>Wasserstoff</u>	0–1 %	< 1 %
<u>Ammoniak</u>	0,01–2,5 mg/m ³	0,7 mg/m ³
<u>Schwefelwasserstoff</u>	10–30.000 mg/m ³	500 mg/m ³

Wertvoll im wassergesättigten anfallenden Biogas ist das zu rund **60 % enthaltene Methan**. Je höher dessen Anteil ist, desto energiereicher ist das Gas.

Nicht nutzbar sind das **Kohlendioxid** und der **Wasserdampf**.

Im Rohbiogas störend sind vor allem **Schwefelwasserstoff** und **Ammoniak**.

Sie werden bei der Biogasaufbereitung vor der Verbrennung entfernt, um **Korrosion** in Motoren, Turbinen und nachgeschalteten Komponenten (unter anderen Wärmetauscher) zu verhindern.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

Funktionsweise und Betrieb



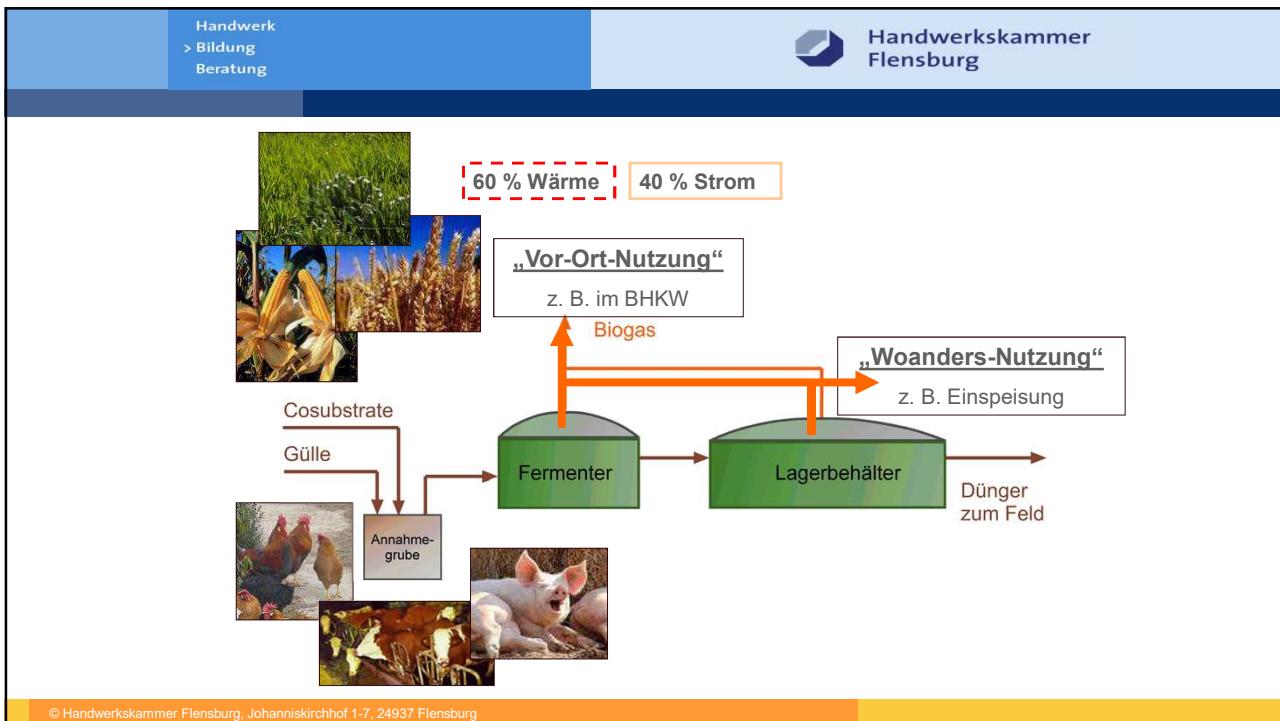
Hier entsteht Biogas: Oberfläche des Gärsubstrats im Fermenter einer Biogasanlage.



Mix Propeller einer Biogasanlage

Dichte	~ 1,2 kg/m ³
Heizwert	4 - 7,5 kWh/m ³ (abhängig vom Methangehalt)

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Handwerk
› Bildung
Beratung

Holzpelletheizung

Holzpellets aus Sägemehl, 2–5 cm lang, 6 mm Durchmesser

Warmwasser

Heizung

Lagerraum

Holzpelletkessel

Kombi-Speicher

① Holzpellets werden einmal jährlich mit einem Tankwagen geliefert. Ein durchschnittliches Einfamilienhaus verbraucht ca. 4,5 Tonnen Holzpellets im Jahr. Dafür reicht bereits ein Lagerraum mit ca. 4,5 m² Grundfläche.

② Eine Förderschnecke oder ein Saugsystem transportiert die Holzpellets automatisch vom Lager zum Holzpelletkessel.

③ Nach der Verbrennung bleiben nur wenige Kilogramm Asche, die im normalen Hausmüll entsorgt werden kann.

④ Wird der Holzpelletkessel mit einem Pufferspeicher gekoppelt, können Emissionen gesenkt und der Wirkungsgrad erhöht werden.

www.unendlich-viel-energie.de

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

Explosionsschutz

In bestimmten Konzentrationen ist Biogas explosionsfähig.
Es gilt explosionsfähige Atmosphäre wirksam zu verhindern.

Kann die Bildung einer explosionsgefährlichen Atmosphäre nicht verhindert werden, müssen wirksame Zündquellen vermieden werden.

Bei der **Gefährdungsbeurteilung** sind beispielsweise folgende Zündquellen zu beachten:

Zündquelle	Beispiel
Heiße Oberflächen	> 500 °C (Turbolader)
Offene Flammen	Feuer, Flammen, Glut
Mechanisch erzeugte Funken	Reiben, Schlagen, Schleifen
Elektrisch erzeugte Funken	Schaltvorgänge, Wackelkontakt, Ausgleichströme
Exotherme Reaktion	Selbstentzündung von Stäuben
Blitzschlag	
Elektrostatische Entladungen	

Ex

Warnung vor einem Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphären auftreten können, nach 1999/92/EG

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
 > Bildung
 Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

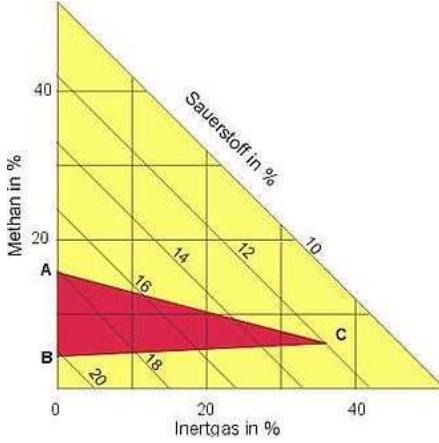
In einem **Explosionsdreieck** können für ein explosionsfähiges Gas-Luft-Inertgas-Gemisch (Angabe des Sauerstoffanteils) verschiedene Bereiche dargestellt werden.

Unterhalb der Strecke BC:
Bereich unterhalb der unteren Explosionsgrenze; die Fortpflanzung einer Explosion ist nicht möglich.

Dreieck ABC: Explosionsfähiges Gemisch,

Oberhalb der Strecke AC:
Bereich oberhalb der oberen Explosionsgrenze; die Fortpflanzung einer Explosion ist nicht möglich

Bereich rechts vom Punkt C:
Aufgrund der Inertisierung des Gemisches ist eine Explosionsfortpflanzung nicht möglich.



Explosionsdreieck des Gasgemisches Methan/Luft
(Sauerstoffanteil) / Inertgas (Stickstoff oder CO₂)

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
 > Bildung
 Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

Einteilung der explosionsgefährdeten Zonen

	Zone 0	Zone 1	Zone 2
Gase	<p>(Definition nach BetrSichV) ... ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.</p> <p>Anwendungsinterpretation: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verstehen, das heißt, dass explosionsgefährdete Bereiche der Zone 0 zuzuordnen sind, wenn mehr als 50 % während der Betriebsdauer einer Anlage explosionsfähige Atmosphäre vorherrscht. Dies ist eigentlich nur im Inneren von Rohren und Behältern der Fall.</p>	<p>(Definition nach BetrSichV) ... ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.</p> <p>Anwendungsinterpretation: Überschreitet das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre eine Zeitspanne von etwa 30 Minuten pro Jahr oder tritt diese gelegentlich, zum Beispiel täglich, auf, ist aber kleiner als 50 % von der Betriebsdauer der Anlage, so liegt nach allgemeiner Meinung Zone 1 vor.</p>	<p>(Definition nach BetrSichV) ... ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährlich explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.</p> <p>Anwendungsinterpretation: Unter vielen Experten besteht allgemeiner Konsens darin, dass der Begriff „kurzzeitig“ einer Zeitspanne von etwa 30 Minuten pro Jahr entspricht. Weiterhin wird ausgesagt, dass explosionsfähige Atmosphäre bei Normalbetrieb normalerweise nicht zu erwarten ist. Entsteht bereits einmal im Jahr kurzzeitig explosionsfähige Atmosphäre, so sollte der betroffene Bereich bereits in Zone 2 eingestuft werden.</p>
Stäube	<p>Zone 20</p> <p>ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.</p>	<p>Zone 21</p> <p>ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub bilden kann.</p>	<p>Zone 22</p> <p>ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbaren Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.</p>

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

Kennzeichnung von Geräten für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen nach ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

Betriebsanweisung für die Außerbetriebnahme einer Biogasanlage

Das Außerbetriebnehmen einer Biogasanlage ist ein besonderer Betriebszustand, der besondere Maßnahmen erfordert. Die im Explosionschutzdokument eingeteilten Ex-Zonen berücksichtigen diesen Betriebszustand u. U. nur bedingt. Daher werden diese besonderen Gefährdungen in einer Betriebsanweisung gesondert berücksichtigt.

- Substratzuführung in den Gärbehältern unterbinden, eine Entnahme erfolgt weiterhin. Die Entnahmemenge des Substrates darf nicht größer werden als die erzeugte Gasmenge, um eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre zu verhindern.
- Kann die Entnahmemenge an Substrat größer werden als die erzeugte Gasmenge, wird der Gärbehälter vom Gaserfassungssystem abgesperrt und die Verbindung zur Atmosphäre hergestellt, z. B. durch Entleeren der Sperrflüssigkeitsvorlage. Durch Eintrag von Luft kann nun eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre im Fermenter entstehen. Zündquellen nach 1.4.4 sind zu vermeiden.
- Der Gärbehälter ist vom Gaserfassungssystem abzusperren, um Gassrückfluss zu vermeiden.
- Um Austrittsöffnungen kann sich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden.
- Vor dem Einsteigen und während des Aufenthalts im Gärbehälter muss sichergestellt sein, dass durch ausreichende Belüftung eine Erstickungs-, Vergiftungs-, Brand- und Explosionsgefahr sicher verhindert wird und ausreichend Atemluft vorhanden ist. Betriebseinrichtungen (z. B. Pumpen und Rührwerke) sind zuverlässig gegen Einschalten zu sichern.

Betriebsanweisung

Arbeitsplatz/-bereich: Biogasanlagen, Gärbehälter, Gaskollektoren, Gasholzgerüste, Schächte usw.	Tätigkeiten: Arbeiten mit Gasse, Pumpe, Umgang, Entfernen von Gasse, Säubern, Reparieren und Wartungsarbeiten und Aufenthalt in Gasse- oder Substratabhängigen Bereichen
GEFAHRSTOFFE/ZEICHNUNG	
Güsse und Biogase (Schwefelwasserstoff, Methan, Kohlenstoffdioxid, Ammoniak)	
GEFÄHR FÜR MENSCH UND UMWELT	
Die Gase werden insbesondere durch Bewegen von Gasse oder Substrat freigesetzt. Dabei können gefährliche Gaskonzentrationen entstehen, die sich über längere Zeit halten. ■ Explosionsgefahr durch Schwefelwasserstoff (H2S) Vorsicht: H2S lädt den Geruchssinn, höhere Konzentrationen werden nicht mehr wahrgenommen. ■ Explosionsgefahr durch Kohlenstoffdioxid (CO2) ■ Explosionsgefahr durch Methan (CH4) ■ Gesundheitsgefahren durch Ammoniak (NH3)	
SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN	
Normalerweise Schutzausrüstung in den Fermenter, in Lagerstätten, Gruben oder Schächte einschreiten. Einstieg nur mit umgebungsluftunabhängigen Atemschutzgerät z. B. Frischluftsaug- und Rettungsgurt sowie Rettungsgerät zulässig. Bei Arbeiten mit Gasse oder Substrat sind jegliche Zündquellen zu vermeiden: ■ Gasspülrohre ausschalten ■ Feuer auslösen ■ Keine Lichprobe ■ Keine Schläge- und Schießfeuerstellen durchführen. Turken und Schweißgeräten können auch weiter entfernt in die Gruben fallen. (Sind solche Arbeiten unbedingt erforderlich, so ist für eine gute Belüftung z. B. durch Gebläse zu sorgen. Gruben sind abzudecken.)	
VERHALTEN IM GEFAHRFALL	
Einstieg in Gruben nur zur Bergung Verunglüchter nur mit umgebungsluftunabhängigen Atemschutzgeräten, Rettungsgurt sowie Rettungsgerät. Für ausreichend Frischluft sorgen!	
VERHALTEN BEI UNFÄLLEN - ERSTE HILFE	
Nach Einstichen von Güsse- oder Biogase Frischluftzufuhr. Bewusstlose Personen: Feststellen der Atmung und stabile Seitenlage. Sofort Arzt hinzurufen. Hinweis auf Vergiftung durch Schwefelwasserstoff geben.	
Ersthelfer: 	Arzt: 
Datum: _____	Unterschrift des Unternehmers: _____

Feuerwehr alarmieren! ☎ 112

Notruf ☎ 112

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

Handwerkskammer Flensburg

VDE-Bestimmungen:

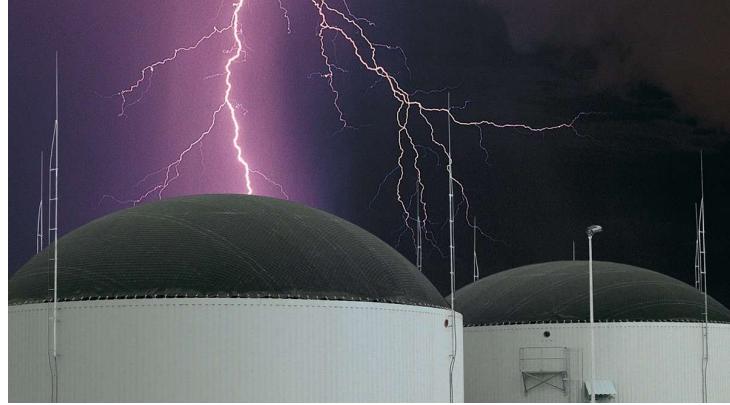
DIN 0100 Teil 705 Errichten von Niederspannungsanlagen

VDE 0165 Teil 1 / EN 60 079-14 Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: **Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen** (ausgenommen Grubenbau)

VDE 0170 / 0171 Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche

VDE 0185-305-1 Blitzschutz

VDI / VDE 2180 Blatt 1-3 Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik (PLT)



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

Handwerkskammer Flensburg

Vergütung für Strom aus Biogasanlagen



Vergütung von Neuanlagen (§ 42 EEG 2017)

Gesetzlich bestimmte Vergütungen für Neuanlagen Vergütung für Biogasanlagen (§ 42 EEG 2017) Neu in Betrieb genommene Biogasanlagen erhalten folgenden anzulegenden Wert*:

- bis einschließlich einer Bemessungsleistung von 150 kW 13,32 Cent/kWh,
- bis einschließlich einer Bemessungsleistung von 500 kW 11,49 Cent/kWh,
- bis einschließlich einer Bemessungsleistung von 5 MW 10,29 Cent/kWh,
- bis einschließlich einer Bemessungsleistung von 20 MW 5,71 Cent/kWh.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Vorteile ?aufgepasst ☺

- Regenerative Energiequelle (**nachwachsende, örtlich verfügbare Rohstoffe**) sowie Einsparung fossiler Energieträger
- Verwendung bisher ungenutzter Pflanzen und Pflanzenteile (Zwischenfrüchte, Pflanzenreste)
- Hohe Energieausbeute pro Anbaufläche im Vergleich mit anderen Bioenergien (Biodiesel, BtL)
- CO₂-Ausstoß ist fast neutral, allerdings muss man den Anbau- und Erntevorgang und die Düngung mit berücksichtigen
- Dezentrale Stromerzeugung kann Transportstrecke zum Endverbraucher verringern
- Durch kontinuierliche Stromerzeugung **grundlastfähig**, könnte alternativ aber auch Regelenergie bereitstellen, somit gute Ergänzung zu Strom aus Windkraft- und Solaranlagen
- Verbesserte Düngerqualität des Gärrestes im Vergleich zu Rohgülle:
- verringerte Geruchsintensität und Ätzwirkung bei der Ausbringung
- bessere Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe
- Vergärung von Gülle verhindert die sonst bei der Lagerung entstehenden Methan- und Geruchsemissionen (Minimierung THG-Emissionen)
- Biogas kann zur Produktion von Strom, Wärme und als gereinigtes Methan als Treibstoff für umgerüstete Kraftfahrzeuge verwendet werden.
- Entgegen anderer erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne ist Biogas ein wetterunabhängiger, speicherbarer Energieträger (Spitzenlastabdeckung)
- Aufbereitetes Biogas kann als Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist und als Erdgassatz verwendet werden (Minimierung THG-Emissionen)
- Wertschöpfungserhöhung / **Einkommensalternative** für den landwirtschaftlichen Raum
- Einsparung von Kunstdünger durch ackerbauliche Gärrestnutzung
- Nutzung von Bioabfällen, Reststoffen und Nebenprodukten möglich



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Nachteile

- Negative Umwelteinflüsse durch intensive Landwirtschaft (**Monokulturen**, Boden- und Grundwasserbelastung, **Artenrückgang**).
- Regionale **Flächenkonkurrenzen** zwischen Anbauflächen für Nahrungsmittel-, Futtermittel und Energiepflanzerzeugung möglich.
- **deutlicher Anstieg der Pachtpreise** für landwirtschaftliche Flächen, hoher Kostenfaktor für die Bauern, mittelbare Folge: **Anstieg der Lebensmittelpreise**
- In der Biogasanlage entstehende Gase können bei unsachgemäßem Umgang zur Explosion, Erstickung oder Vergiftung führen. Proteinreiche Substrate können zu relativ hohen Anteilen des hochgiftigen Schwefelwasserstoff im Biogas führen. Entsprechende Sicherheitsvorschriften sind einzuhalten.
- **Methan hat pro Masse einen 25-fach höheren Treibhauseffekt als Kohlendioxid.**
Daher sind Emissionen an Biogasanlagen durch einen ordnungsgemäßem Betrieb zu vermeiden.
- Für die Ausbringung des Gärrestes müssen genügend Flächen zur Verfügung stehen.
Jedoch sind die Flächen für den Substratanbau hierfür meist ausreichend.
- In den Wintermonaten darf keine Gülle und kein Gärrest ausgebracht werden. Während dieser Zeit muss der Gärrest – ebenso wie unvergorene Gülle aus der Tierhaltung – gelagert werden.
Entsprechende Lagerkapazitäten sind nachzuweisen und werden daher in der Regel bereits beim Bau einer Biogasanlage eingerichtet.
- Es muss verhindert werden, dass **Gülle von Tieren, die mit Antibiotika behandelt** worden sind, in zu hoher Konzentration in den Faulbehälter gelangt.



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Problematik von Biogasanlagen

Bei der Produktion von Verbrennungsmaterial in Form von Energiepflanzen kommt es zu einem hohen Energieverbrauch: Saatvorbereitung, Säen, Düngen, Schutz vor Schädlingen (Pestizidproduktion und Einsatz), Ernte, Transport, Silage, Vergärung unter Umwälzen und Rücktransport der Gärrestmenge auf die Felder.

Des Weiteren muss das bei der Landwirtschaft entstehende Lachgas in die Klimabilanz mit eingerechnet werden.

Bei intensiver Stickstoffdüngung kommt es zur Produktion von Lachgas durch Mikroben, die diesen aus Luftsauerstoff und dem übermäßig zugeführten Stickstoff bilden.

Lachgas hat ungefähr ein 300-mal größeres Treibhausgaspotenzial als CO₂.
Methan 25-mal größeres Treibhauspotential (entweicht bei Nachgärung von Resten)



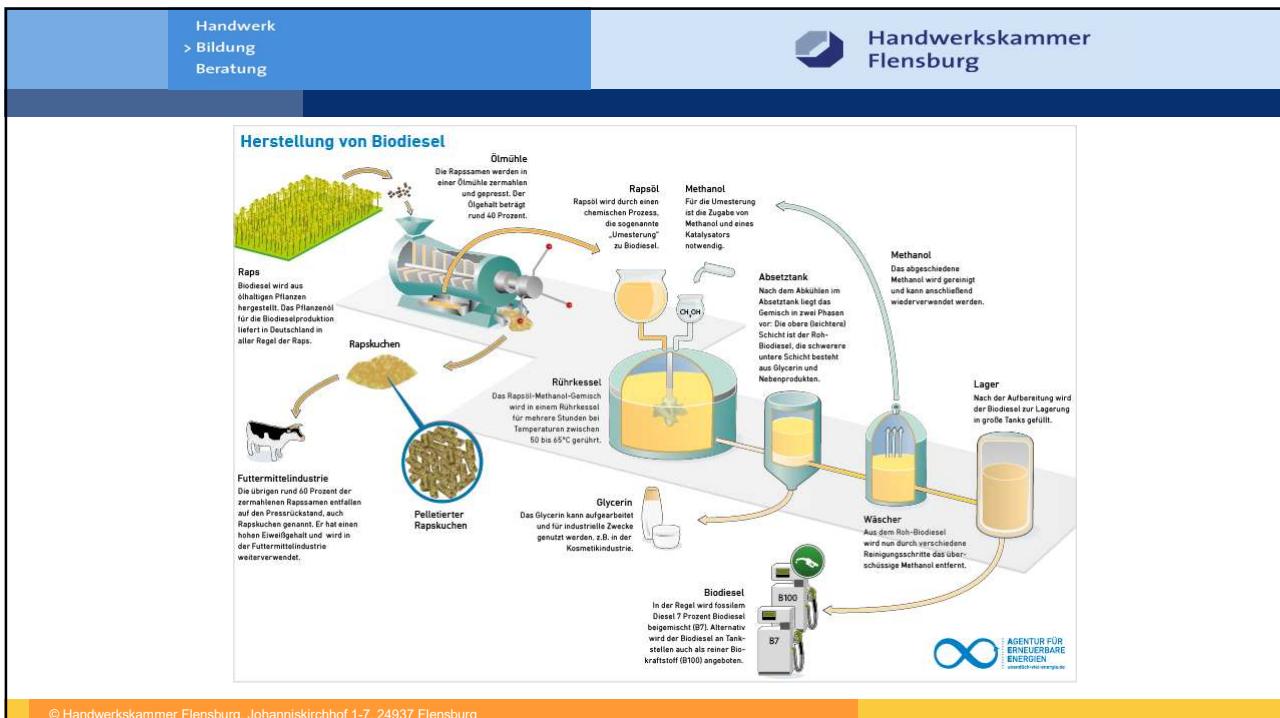
© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Biokraftstoffe



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Handwerk
› Bildung
Beratung

Handwerkskammer Flensburg

Arbeitstakte des Stirlingmotors

1. Takt: Das Gas wird erwärmt und drückt den Arbeitskolben nach oben.

2. Takt: Durch das Schwungrad drückt der Verdrängungskolben das heiße Gas in den kalten Teil.

3. Takt: Das Schwungrad drückt den Arbeitskolben und das Gas wird komprimiert.

4. Takt: Das Schwungrad zieht den Verdrängungskolben nach oben, das Gas gelangt in den heißen Bereich.

Das Diagramm zeigt die vier Arbeitstakte des Stirlingmotors:

- 1. Takt:** Der Arbeitskolben (1) wird durch das warme Gas nach oben gedrückt. Ein Schwungrad (oben links) treibt einen Hebelelement (4) an, um den Verdrängungskolben (2) nach unten zu bewegen.
- 2. Takt:** Der Verdrängungskolben (2) drückt das warme Gas in den kalten Bereich des Zylinders.
- 3. Takt:** Der Arbeitskolben (1) wird durch das Schwungrad (oben rechts) nach unten gedrückt, während das Gas komprimiert wird.
- 4. Takt:** Das Schwungrad zieht den Verdrängungskolben (2) nach oben, und das Gas fließt zurück in den heißen Bereich.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

Handwerkskammer Flensburg

Ein schematisches Diagramm eines Stirlingmotors. Es zeigt einen Zylinder mit einem roten Kolben, der über eine graue Kolbenschiene auf einer grauen Basis montiert ist. Ein blauer Motorradträgheitsmoment (Schwungrad) ist über ein gelbes Getriebe mit dem Kolben verbunden. Ein gelber Feuerstein befindet sich unter dem Zylinder. Ein orangefarbener Pfeil weist auf die Feuerstelle hin.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg



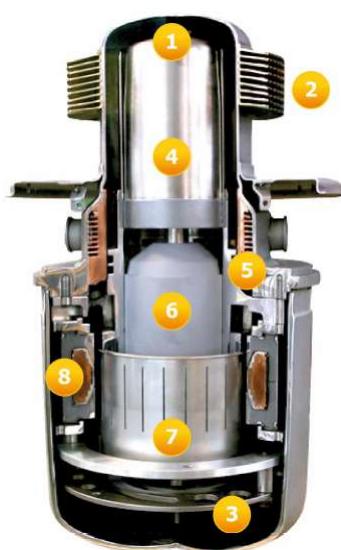
Ein kerzenbetriebener Demonstrations-Stirlingmotor

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Handwerk
› Bildung
Beratung

 Handwerkskammer
Flensburg

Stirlingmotoren

Aufbau

Hersteller:

- Vaillant
- Viessmann
- Whispergen

1. Stirlingkopf
2. Wärmeübertragerrippen
3. Feder
4. Verdrängerkolben
5. Wassergekühlter Bereich
6. Arbeitskolben
7. Magnetband
8. Kupferspule

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



EIGENSCHAFTEN DES STIRLINGMOTORS



Vorteile:

- Außenliegende Verbrennung
- jeder Brennstoff (bzw. Wärmelieferant) möglich
- leiser als Verbrennungsmotor
- wartungsarm

Nachteile:

- relativ niedriger elektrischer Wirkungsgrad