

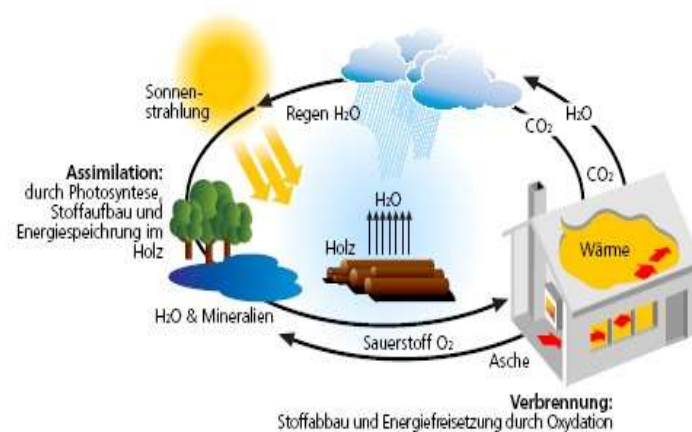
Energie aus Biomasse

Handwerkskammer-Flensburg



DAS HANDEWERK
DIE WIRTSCHAFTSMACHT. VON NEBENAN.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Biomasse

- Biogas
- Kraft-/Wärmekopplung, BHKW
- Biokraftstoffe

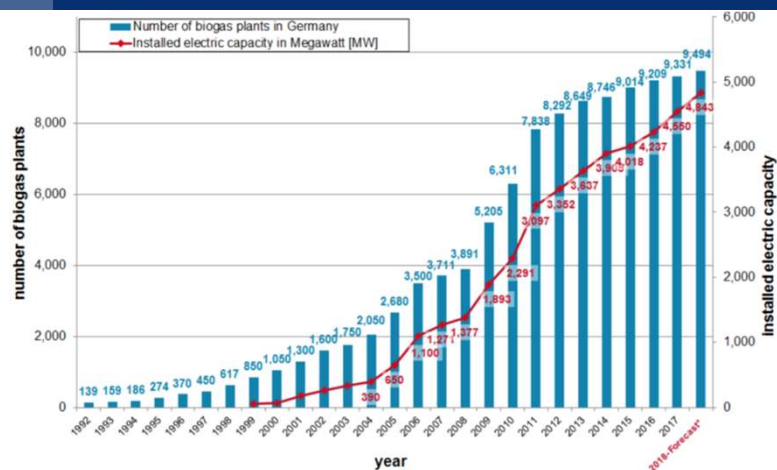


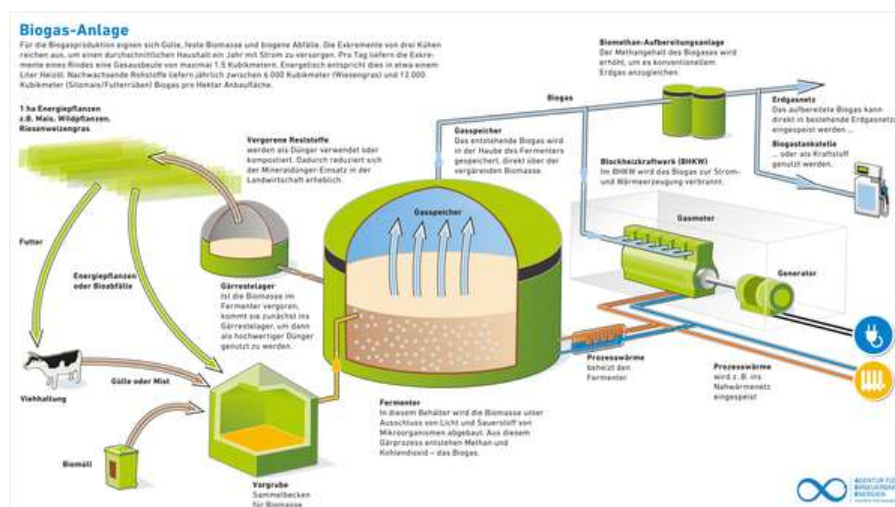
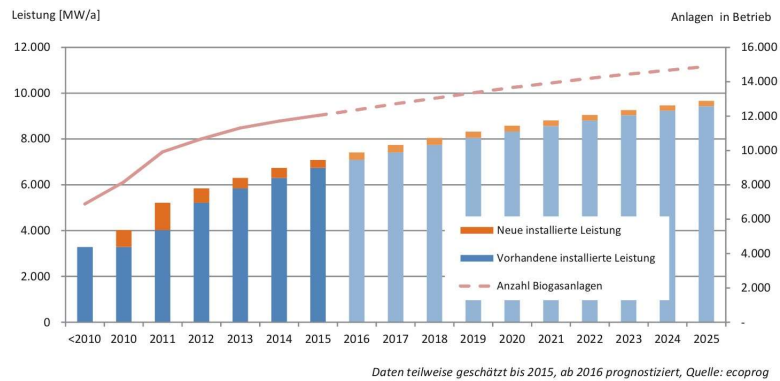
Vorteile

- Nahezu geschlossener CO₂-Kreislauf.
- Reduziert Abhängigkeit von fossilen Energieträgern.
- Innovativer und zukunftssträchtiger Markt, mit Erschaffung neuer Arbeitsplätze.

Nachteile

- Flächenkonkurrenz mit Nahrungsmittelanbau.
- Nahrungsmittelpreise steigen, durch Anbau Energiereicher Pflanzen.
- Anbaubereiche sind sehr fragwürdig z.B. wurden Teile des Regenwaldes gerodet um Energereiche Pflanzen anzubauen.





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.

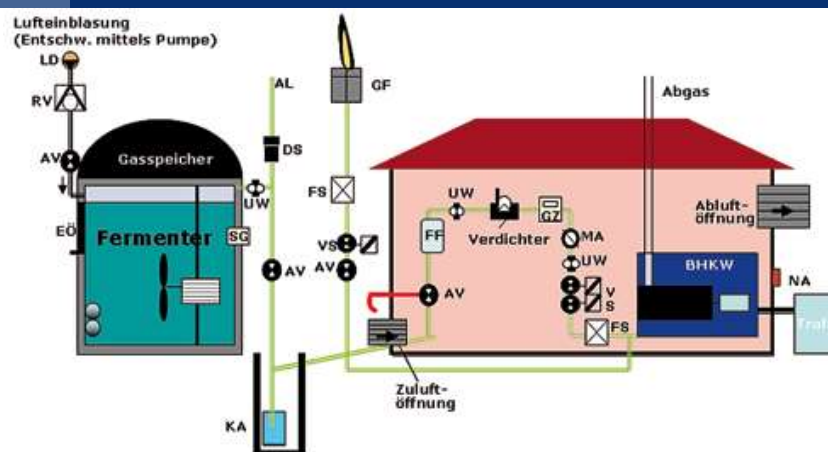
Verwendet werden

- 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.

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



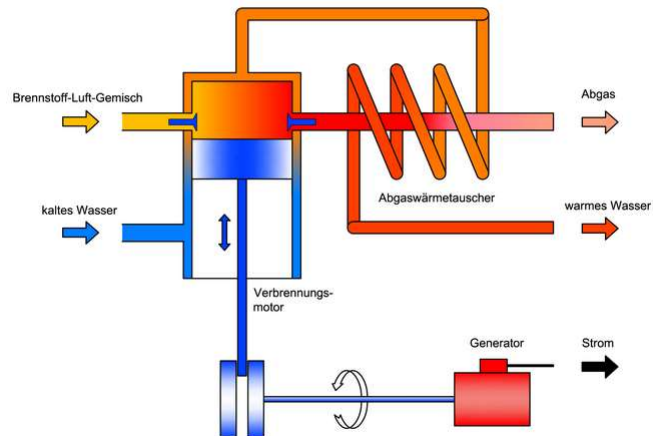
Notwendige Bauteile Optionale Bauteile

AV Absperrventil FF Gasfeinfilter
AL Abblaseleitung GF Gasfackel
BHKW Blockheizkraftwerk GZ Gaszähler
DS Über- / Unterdrucksicherung LD Luftdosierpumpe
EÖ Einstiegsöffnung MA Manometer

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

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

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/m ³)	6	10	26	10	3
Dichte (kg/m ³)	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 Flammfortpflanzungs- geschwindigkeit 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 (m ³ /m ³)	5,7	9,5	23,9	9,5	2,4

Material	Biogasertrag in m ³ pro Tonne Frischmasse	Methangehalt
Maissilage	202	52 %
Grassilage	172	54 %
Roggen-GPS	163	52 %
Futterrübe	111	51 %
Bioabfall	100	61 %
Hühnermist	80	60 %
Zuckerrübenschnitzel	67	72 %
Schweinemist	60	60 %
Rindermist	45	60 %
Getreideschlempe	40	61 %
Schweinegülle	28	65 %
Rindergülle	25	60 %

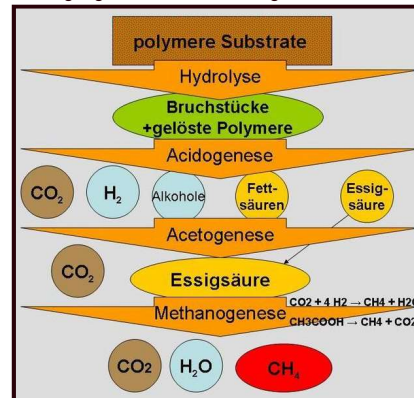


Biogaszusammensetzung

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** (CH_4) und **Kohlendioxid** (CO_2).

Da beide gasförmig sind, trennen sie sich vom Gärsubstrat und bilden die Hauptkomponenten des Biogases. CO_2 ist nicht weiter oxidierbar, kann aber zusammen mit dem energiereichen CH_4 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>Kohlenstoffdioxid</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 wassergesättigt 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

Funktionsweise und Betrieb

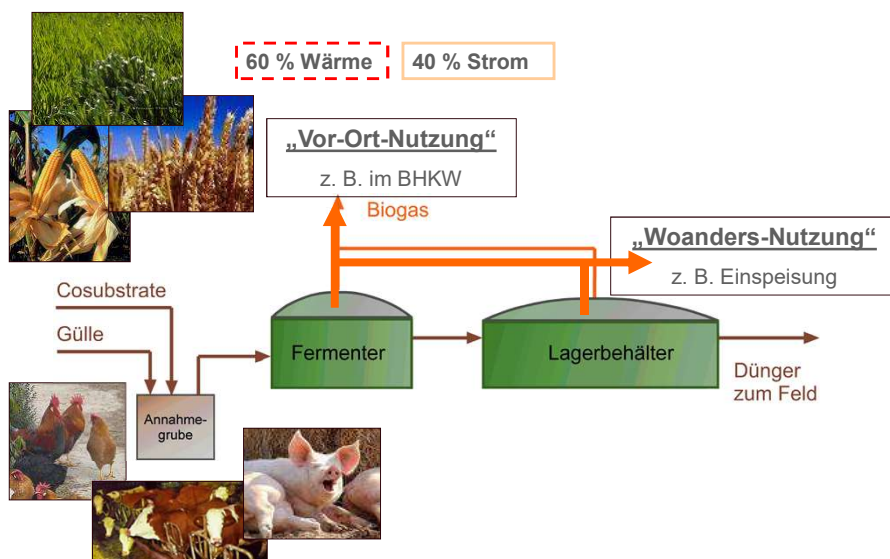


Hier entsteht Biogas: Oberfläche des Gärsubstrats im Fermenter einer Biogasanlage.

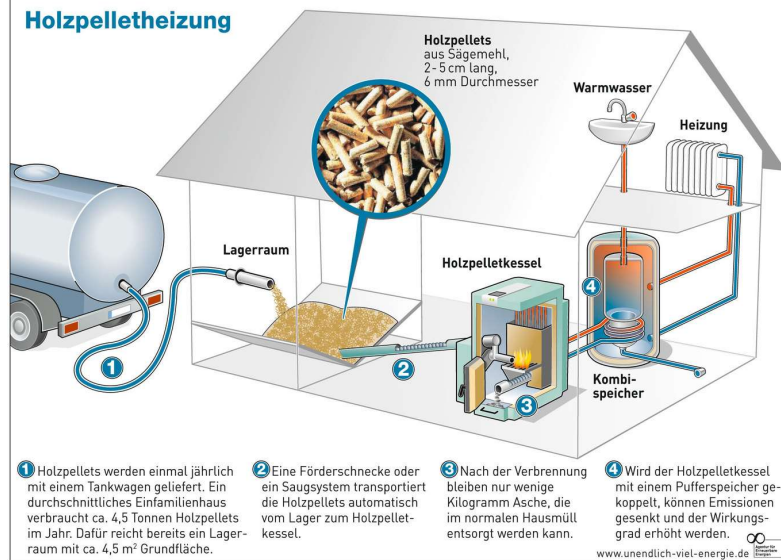


Mix Propeller einer Biogasanlage

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



Holzpellettheizung



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

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:



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

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	
Elektrostatistische Entladungen	

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 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.

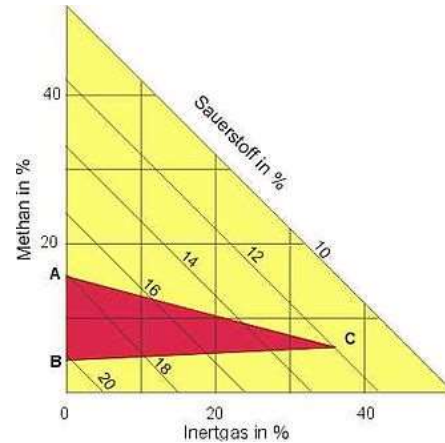
Dreieck ABC: Explosionsfähiges Gemisch,

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)

Einteilung der explosionsgefährdeten Zonen

	Zone 0	Zone 1	Zone 2
Gase	(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. Anwendungsinterpretation: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden, 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.	(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. Anwendungsinterpretation: Überschreitet das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre eine Zeitdauer 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.	(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. Anwendungsinterpretation: Unter vielen Experten besteht allgemeiner Konsens darin, dass der Begriff „kurzzeitig“ einer Zeitdauer 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.
Stäube	Zone 20 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.	Zone 21 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.	Zone 22 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.

Kennzeichnung von Geräten für den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen
nach ATEX-Produkttrichtlinie 94/9/EG**Betriebsanweisung für die Außerbetriebnahme einer Biogasanlage**

Das Außerbetriebsnehmen einer Biogasanlage ist ein besonderer Betriebszustand, der besondere Maßnahmen erfordert.

Die im Explosionsschutzdokument eingeteilten Ex- Zonen berücksichtigen diesen Betriebszustand u. U. nur bedingt. Daher werden diese besonderen Gefährdungen in einer Betriebsanweisung gesondert berücksichtigt.

1. 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.

2. 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.

3. Der Gärbehälter ist vom Gaserfassungssystem abzusperren, um Gasrückfluss zu vermeiden.

4. Um Austrittsöffnungen kann sich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden.

Zündquellen z. B. nach 1.4.4 sind zu vermeiden.

5. Vor dem Einstiegen 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:

Biogasanlage, Gärgruben, Gärkessel, Gärerklärer, Schächte usw.

Tätigkeit:

Aufräumen, Spülen, Pumpen, Umräumen, Entleeren von Gär- u. Substratz, Reparatur und Wartungsarbeiten und Aufenthalt in Gär- oder Substratbereichen

GEFÄHRSTOFFBEZEICHNUNG

Gülle- und Biogase
(Schwefelwasserstoff, Methan, Kohlendioxid, Ammoniak)

GEFÄHREN FÜR MENSCH UND UMWELT

Die Gase werden insbesondere durch Bewegen von Gülle oder Substrat freigesetzt. Dabei können gefährliche Gaskonzentrationen entstehen, die sich über längere Zeit halten.

- Lebensgefahr durch Schwefelwasserstoff (H₂S)
- Vorsicht: H₂S lähmt das Geruchssinn, höhere Konzentrationen werden nicht mehr wahrgenommen
- Ersticken durch Kohlendioxid (CO₂)
- Explosionsgefahr durch Methan (CH₄)
- Gesundheitsgefahr durch Ammoniak (NH₃)

**SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN**

Niemals ohne Schutzvorrichtung in den Fermentern, in Lagerstätten, Gruben oder Schächte usw. einsteigen.

Einstieg nur mit umgebungsunabhängigem Atemschutzgerät z. B. Frischluftaugschlauchgerät und Rettungsgurt sowie Rettungsgerät zulässig.

Bei Arbeiten mit Gülle oder Substrat sind jegliche Zündquellen zu vermeiden:

- Gasstrahlgeräte ausschalten
- Raucherbot
- keine Lichtprobe
- keine Schweiß- und Schneidarbeiten durchführen, Funken und Schweißperlen können auch in weiter entfernt liegende Gruben fallen (Sind solche Arbeiten unbedingt erforderlich, so ist für eine gute Belüftung z. B. durch Gebläse zu sorgen. Gruben sind abzudecken.)

**VERHALTEN IM GEFÄHRFALL**

Einstieg in Gruben usw. zur Bergung Verunglückter nur mit umgebungsunabhängigem Atemschutzgerät, Rettungsgurt sowie Rettungsgerät.

Für ausreichend Frischluft sorgen.

**VERHALTEN BEI UNFÄLLEN – ERSTE HILFE**

Nach Einatmen von Gülle- oder Biogas Frischluftzufuhr, Bewusstlose Personen: Feststellen der Atmung und stabile Seitenlage. Sofort Arzt hinzuziehen. Hinweis auf Vergiftung durch Schwefelwasserstoff geben.

Ersthelfer: ☐

Arzt: ☐



Datum

Unterschrift des Unternehmers



VDE-Bestimmungen:

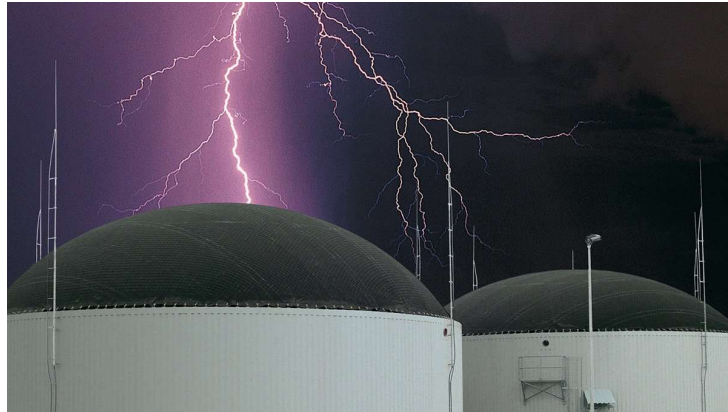
DIN 0100 Teil 705 Errichten von
Niederspannungsanlagen

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)

**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.

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 Regelernergie bereitstellen, somit gute Ergänzung zu Strom aus Windkraft- und Solaranlagen
- Verbesserte Düngerqualität des Gärrests 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 Erdgasersatz 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 Energiepflanzenenerzeugung 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 ordnungsgemäßen Betrieb zu vermeiden.
- Für die Ausbringung des Gärrests 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.

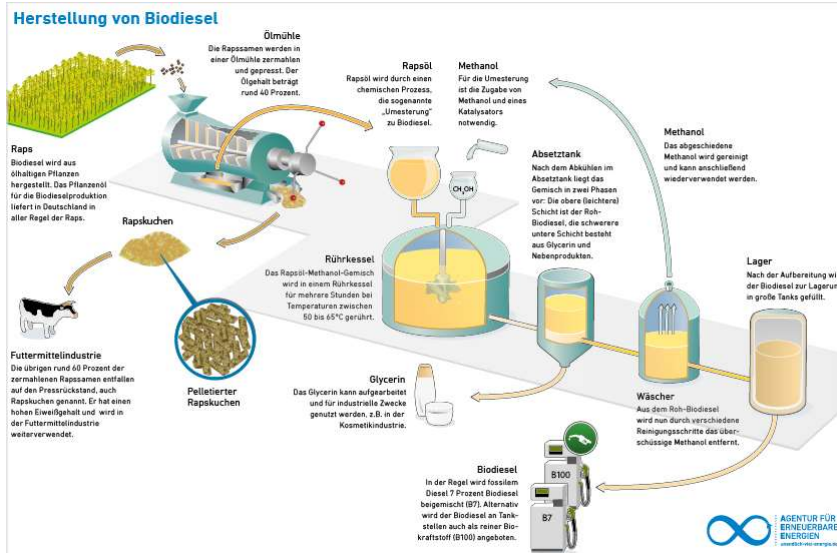
Bei intensiver Stickstoffdüngung kommt es zur Produktion von Lachgas durch Mikroben, die diesen aus Luftsauerstoff und dem übermäßig zugeführten Stickstoff bilden.

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



Biokraftstoffe

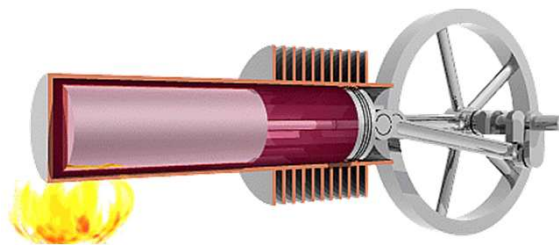




© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Stirlingmotoren

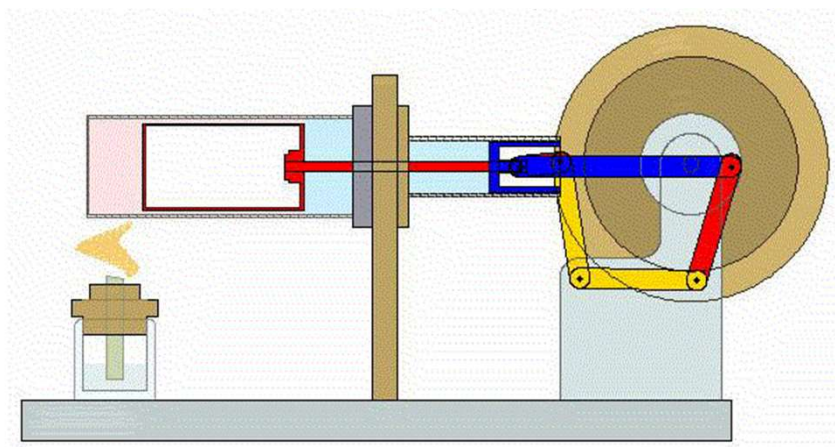
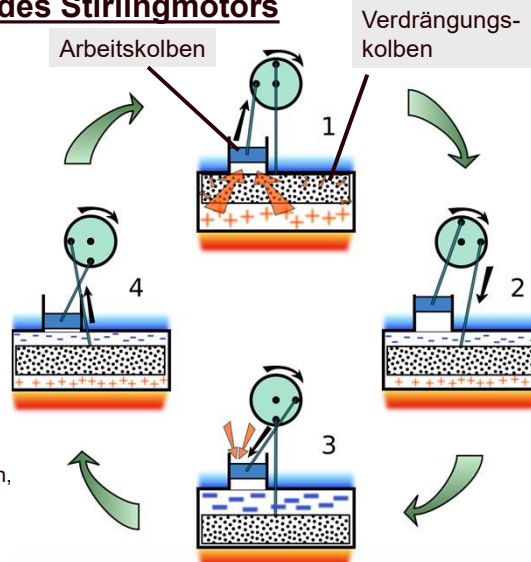
Der **Stirlingmotor** ist eine von Robert Stirling im Jahre 1816 entwickelte Wärmekraftmaschine, in der ein Arbeitsgas wie Luft, Helium oder Wasserstoff in einem abgeschlossenen Volumen *von außen* in einem Bereich erhitzt, in einem anderen gekühlt wird, um mechanische Arbeit zu leisten. Dadurch kann der Stirlingmotor mit einer **beliebigen äußeren Wärmequelle** betrieben werden. Manchen Bauformen genügen dazu bereits geringe Temperaturdifferenzen, z.B. die zwischen menschlichem Körper und der Umgebung.



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 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.



© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg



Ein kerzenbetriebener Demonstrations-Stirlingmotor

© Handwerkskammer Flensburg, Johanniskirchhof 1-7, 24937 Flensburg

Stirlingmotoren



Hersteller:

- Vaillant
- Viessman
- Whispergen

Aufbau

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