

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 83 (2021)

Heft: 1

Artikel: Ausdauer als Berufung

Autor: Hunger, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082174>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

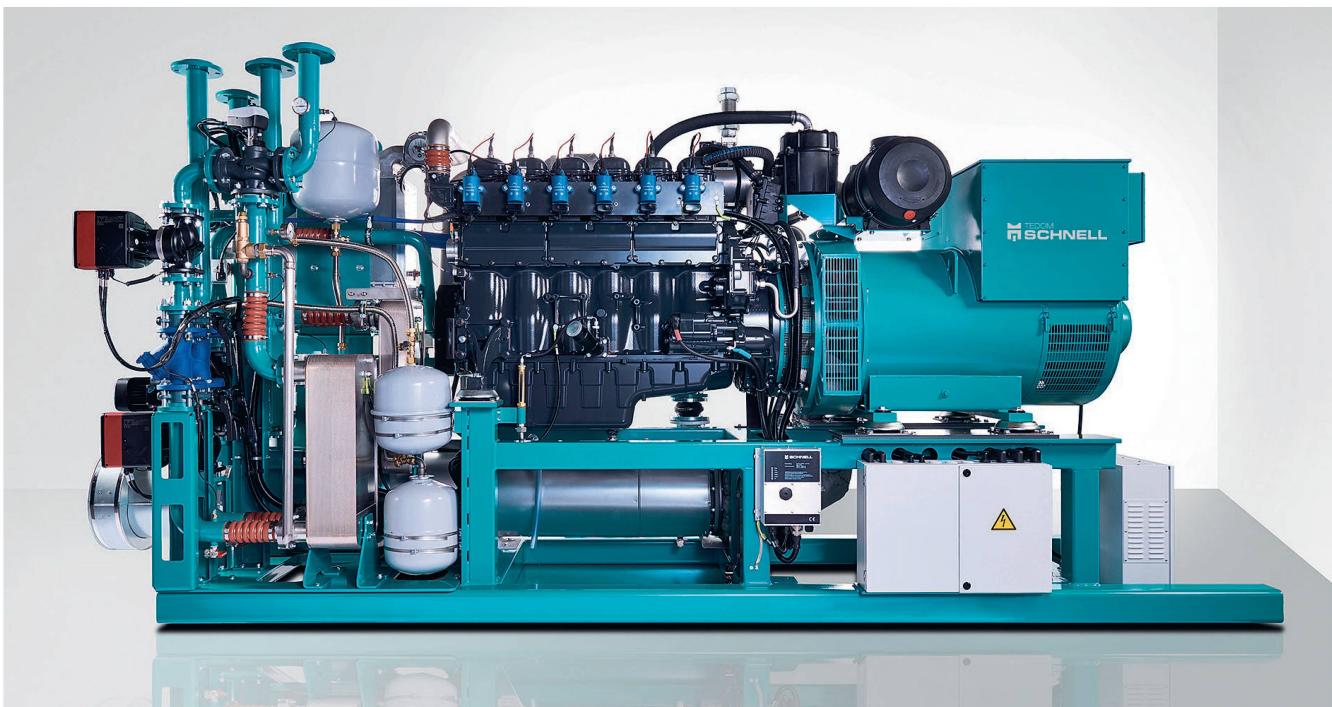
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



«Tedom Schnell» baut BHKW-Aggregate von 170 bis 525 kW elektrischer Leistung. Bild: Tedom Schnell

Ausdauer als Berufung

Eine funktionierende Biogasanlage stützt sich auf viel Technik. Während der Fermenter als wichtigster Raum bezeichnet wird, kann das Blockheizkraftwerk als Herzstück der Anlage betrachtet werden. Im Wesentlichen haben sich zwei Motor-Prinzipien durchgesetzt: der Zündstrahlmotor und der Gas-Ottomotor.

Ruedi Hunger

Motoren in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) sind «Dauerläufer», arbeitet ein solcher Motor doch ständig unter Nennlast im optimalen Einsatzbereich und mit optimalem Wirkungsgrad. Dieser stabile Betriebszustand hat den Vorteil, dass es zu möglichst wenig Kaltstarts kommt, wo das Schmieröl noch zäh ist und grosse Temperaturunterschiede beim Motorstart zu Materialspannungen im Zylinder, in Zylinderköpfen und Kolben führen. Ziel ist, dass eine BHKW-Einheit jährlich möglichst 7000 bis 8000 Stunden störungsfrei läuft. Dies wird nur erreicht, wenn alle vorgeschriebenen Service- und Wartungsarbeiten konsequent eingehalten und durchgeführt werden. Dazu zählen evtl. auch wiederkehrende Ölanalysen, damit Rückschlüsse auf das Verschleissverhalten im Motor gezogen werden können. Störungen treten sowieso immer in unpassenden Momenten auf, seriöse Anlagebauer

bieten daher einen 365-Tage-/24-Stunden-Service an. Für den BHKW-Einsatzzweck eignen sich Gas-Ottomotoren, auf Gas-Ottomotoren-Betrieb umgestellte Diesel- und Zündstrahl-Dieselmotoren.

Gas-Ottomotoren

Biogas kann nicht direkt in einem Standard-Dieselmotor verwendet werden. Grund ist, dass Biogas nicht für das Selbstzündungsprinzip geeignet ist. Als Alternative eignen sich Gas-Ottomotoren oder die Umrüstung von Dieselmotoren auf Gas-Ottomotoren-Betrieb. Das Verbrennungsluft-Verhältnis liegt dabei häufig nahe 1 für eine stöchiometrische Verbrennung¹⁾. Das bedeutet, dass ein Drei-Wege-Katalysator für die Abgasreinigung ausreicht. Damit die hohe Klopffestigkeit von Biogas besser ausgenutzt werden kann, ist das Kompressionsverhältnis höher als bei einem Benzinmotor. Der Wirkungsgrad liegt zwischen

30% und 40%. Mit grösseren Motorleistungen steigt der elektrische Wirkungsgrad, der thermische Wirkungsgrad sinkt etwa in gleichem Mass. Grössere Gasmotoren, die für Biogas optimiert sind, erreichen einen Wirkungsgrad, der in der Regel zwischen 40% und 50% liegt. Gas-Ottomotoren werden oft für Blockheizkraftwerke in höheren Lagen und in jenen Leistungsbereichen verwendet, die für Gasturbinen zu niedrig sind.

Zündstrahl-Dieselmotoren

Für diesen Zweck werden Serienmotoren aus der Traktoren- oder LKW-Produktion zu Zündstrahl-Dieselmotoren umgerüstet. Da sie nur in geringen Stückzahlen verkauft werden, ist der Umbau von Dieselmotoren letztlich günstiger als eine kleine Produktion spezifischer Motoren. Sie eignen sich für verschiedene Schwachgase, die einen geringen Brennwert, aber eine

hohe Klopfestigkeit aufweisen. Biogas eignet sich gut für Zündstrahlmotoren, auch ohne Aufbereitung auf Erdgasqualität. Der hohe CO₂-Anteil ist verantwortlich für seine Klopfestigkeit und verhindert eine vorzeitige Selbstzündung. Der gasförmige Kraftstoff wird zusammen mit der Verbrennungsluft angesaugt. Für die Zündung wird eine kleine Menge Dieselöl, wie es in einem normalen Dieselmotor verwendet wird, eingespritzt. Dies geschieht nicht nur beim Starten und Warmlaufen des Motors, sondern ständig. Das «Zündöl» (in Form von Heizöl oder Biodiesel) wird nur in Mengen zwischen 4 und 10% zugeführt. Der höhere Anteil wird im Schwachlastbetrieb verwendet. 90% bis 98% der zugeführten Energie kommen also vom Brenngas. Wegen des hohen Verdichtungsverhältnisses (116 bis 118) haben Zündstrahlmotoren einen höheren Wirkungsgrad und tiefere Investitionskosten als ein Gas-Ottomotor. Allerdings weist der Zündstrahlmotor deutlich ungünstigere Abgaswerte auf.

Wirkungsgrad, die entscheidende Grösse

Der Wirkungsgrad der Verstromung ist die entscheidende Grösse für die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage. Es sind folgende Wirkungsgrade zu unterscheiden:

- Der mechanische Wirkungsgrad des Motors im BHKW ist das Verhältnis zwischen der im Motor erzeugten mechanischen Energie und dem Energieinhalt des eingesetzten Brennstoffes. Der mechanische Wirkungsgrad ist abhängig von der Motorenbauart und der Motorgrösse. Oft werden der mechanische und der elektrische Wirkungsgrad eines BHKW vereinfacht gleichgestellt, das ist aber nicht korrekt.

- Generator-Wirkungsgrad. Im Generator wird die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Der Wirkungsgrad üblicher Generatoren liegt zwischen 90 und 96%. Der Rest wird in Generatorwärme umgewandelt.
- Eine weitere Grösse ist der elektrische Wirkungsgrad. Um diesen zu ermitteln, muss der mechanische Wirkungsgrad mit



Wasserstoff ist ein wichtiges Speichermedium, um regenerativ erzeugten Strom zu nutzen.

dem Generatorwirkungsgrad multipliziert werden. Beispiel: mechanischer Wirkungsgrad 40%, Generator-Wirkungsgrad 94% ($0,40 \times 0,94 = 37,60\%$ elektrischer Wirkungsgrad).

- Thermischer Wirkungsgrad. Neben der mechanischen Energie entstehen bei der Energieumwandlung im Motor bestimmte Mengen an Abwärme im Abgas, im Kühlwasser und als Strahlungswärme. Lange Zeit wurde dem thermischen Wirkungsgrad wenig Bedeutung zugestanden. In der Praxis ist der thermische Wirkungsgrad, abhängig von der Motorenbauart, Grösse und Höhe der Wärmerückgewinnung,

aber höher als der elektrische und erreicht bis zu 55%.

Wasserstoff – H₂-BHKW

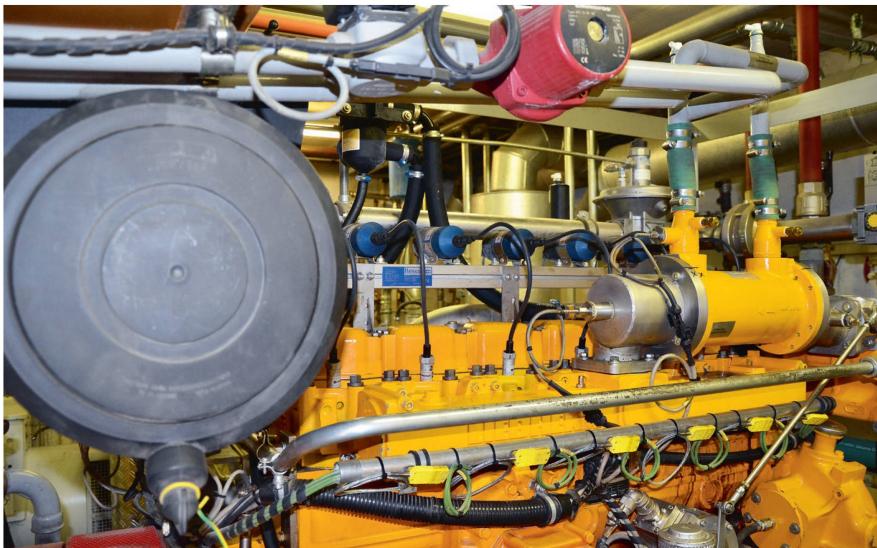
Wasserstoff ist zwar nicht primär das Thema dieses Artikels, aber als Teil einer zukunftsträchtigen Technologie sei an dieser Stelle auch das Wasserstoff-BHKW erwähnt. Windenergie und insbesondere Solarenergie haben jeweils den Nachteil, dass sie nicht dauernd zur Verfügung stehen oder ein Überangebot entsteht. Die deutsche Stadt Hassfurt wandelt über Elektrolyse auf der Basis von PEM-Technologie («Polymer electrolyte membrane»), den

Vor- und Nachteile der Zündstrahl- bzw. Gas-Ottomotoren:

Zündstrahlmotoren	Gas-Ottomotoren
Vorteile <ul style="list-style-type: none"> • 30–40% elektrischer Wirkungsgrad • Um 3–4% höherer elektrischer Wirkungsgrad als Ottomotoren • Aggregate auch im tiefen Leistungsbereich von unter 100 kW • Unabhängig(er) von Gasqualität • Kostengünstig 	Vorteile <ul style="list-style-type: none"> • 34–40% elektrischer Wirkungsgrad, aber erst ab 300 kW • Hohe Standzeiten • TA-Luft wird sicher eingehalten • Geringer Wartungsaufwand
Nachteile <ul style="list-style-type: none"> • Zündöl notwendig • Verkoken der Einspritzdüsen • Russ an Wärmeaustauscherflächen • Höherer Wartungsaufwand • Höherer Schadstoffausstoss • Einzelaggregate über 500 kW selten • Niedrigere Standzeiten 	Nachteile <ul style="list-style-type: none"> • Selten Aggregate unter 100 kW • Gasqualität mit mindestens (40) 45 % Methangehalt erforderlich • Teuer • Unter 300 kW niedrige elektrische Wirkungsgrade • Nicht notstromfähig

Methanschlupf

Als «Methanschlupf» wird ein Teil des klimaschädlichen Methans, das aus dem Biogas unverbrannt über das Abgas entweicht, bezeichnet. Das Problem wird mit einem Oxydationskatalysator gelöst.



Ein 150 kW-BHKW-Aggregat mit einem Gas-Motor von Liebherr.

Bild: R. Hunger

überschüssigen Wind- und Solarstrom in speicherfähigen Wasserstoff um. Dies ermöglicht eine zeitversetzte Nutzung bzw. Rückverstromung des Wasserstoffs in Zeiten mit Unterdeckung und als Regelenergie im Verteilnetz.

Für diesen Zweck wurde ein Standard-BHKW mit max. 200 kW der Firma «2G Energy AG» für die wahlweise Nutzung von reinem Wasserstoff, einem Wasserstoff/Erdgas-Gemisch oder reinem Erdgas aufgerüstet. Der derzeitige Wasserstoffspeicher erlaubt einen Dauerbetrieb des H₂-BHKW von rund 15 Stunden. Mit einem Batteriespeicher (8 MWh) und zwei zusätzlichen Speichern kann der sogenannten «Dunkelflauge» wirksam begegnen werden.

Fazit

Laut VDI gibt es, Stand 2019, in Europa rund 14000 Biogasanlagen. In der Schweiz waren per 2019 112 landwirtschaftliche Anlagen in Betrieb. Die Anzahl BHKW (entsprechende Motoren) ist im Vergleich zu «normalen» Antriebsmotoren gering. Zudem teilen sie sich auf mindestens zwei unterschiedliche Systeme auf. Allen gemeinsam ist, dass sie möglichst 360 Tage/24 Stunden mit rund 1500 U/min im Dauerlauf sind und damit rund das Acht- bis Zehnfache eines gut ausgelasteten Traktor-Motors leisten. Anlagebetreiber können sich einen längeren Ausfall kaum leisten, weil dadurch der ganze Biogasproduktionsprozess ins Stocken oder zum Stillstand kommt.

1) Eine stöchiometrische Verbrennung ist eine Verbrennung, bei der gerade so viel Sauerstoff zugeführt wird wie nötig.

Eine Übersicht zu Anlagetechnik für Biogasanlagen finden Sie im Download-Bereich von www.agrartechnik.ch – Zeitschrift – Download

Definition verschiedener Begriffe

BHKW	Mit Blockheizkraftwerk BHKW wird eine Wärme-Kraft-Koppelung-Anlage bezeichnet, die »als Block fertig montiert« geliefert und betrieben wird. In der Grundausstattung sind dies ein Motor oder eine Gasturbine und ein Generator. Das Bundesamt für Energie (BFE) definiert in der jährlichen WKK-Statistik aus erhebungstechnischen Gründen als BHKW eine Motor-Generator-Anlage bis zu 10 MWel. Gemäss Statistik waren per Ende 2019 in der Schweiz insgesamt 907 WKK-Anlagen in Betrieb. Davon per Definition 859 Klein-WKK-Aggregate (BHKW <10 MWel.), diese wiederum haben insgesamt eine elektrische Nennleistung von 137,9 MWel. 2019 produzierten die landwirtschaftlichen Biogasanlagen 160 GWh. (BFE)
WKK	Unter Wärme-Kraft-Kopplung WKK versteht man grundsätzlich thermische Kraftwerk-Anlagen mit gleichzeitiger Erzeugung von Strom und Wärme. Zu den WKK-Anlagen gehören BHKW, Gasmotoren, Gasturbinen und Gas- und Dampfturbinenkraftwerke. Im kleinen Leistungsbereich sind dies auch Mikrogasturbinen, Brennstoffzellen und Stirling-Motoren.
GUD	Ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk GUD ist ein Kraftwerk, in dem die Abwärme einer Gasturbine in einer Dampfturbine genutzt wird. Die Abgase der Gasturbine dienen dabei als Wärmequelle für einen nachgeschalteten Abhitzekessel, der wiederum als Dampferzeuger für die Dampfturbine wirkt. Bei der Gasturbine und der Dampfturbine ist jeweils ein Generator angekoppelt.



Ihre Gebietsverkaufsleiter:

Andreas Rutsch, Mob. 079 606 00 05, Email: a.rutsch@lemken.com

Karl Bühler, Mob. 079 824 32 80, Email: k.buehler@lemken.com

LEMKEN
The Agrovision Company