

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 83 (2021)
Heft: 1

Artikel: Des moteurs à l'endurance exceptionnelle
Autor: Hunger, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086520>

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](#)

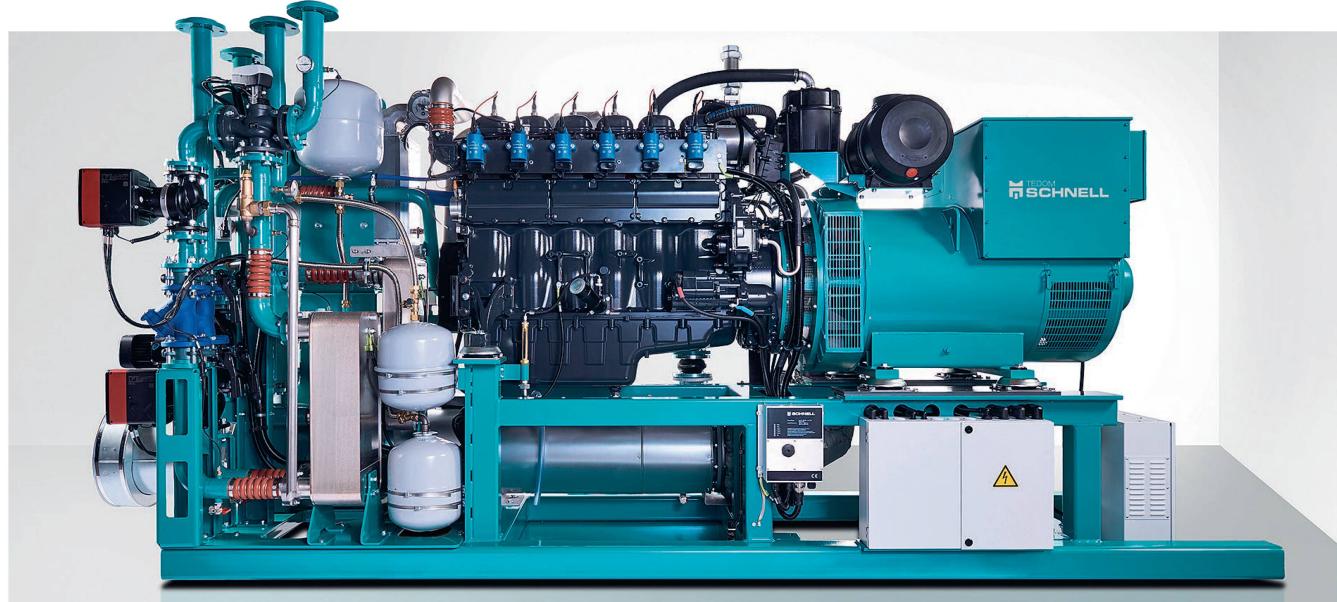
Download PDF: 05.02.2026

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

Des moteurs à l'endurance exceptionnelle

Un module de cogénération au biogaz doit concentrer plusieurs technologies sophistiquées pour être pleinement fonctionnel. Si le digesteur forme la chambre principale, le module de cogénération électricité-chaleur en est le cœur. Pour l'entraînement, les principes des moteurs à gaz à injection pilote et à allumage commandé ont fait leurs preuves.

Ruedi Hunger



«Tedom Schnell» construit des modules de cogénération électricité-chaleur d'une puissance électrique allant de 170 à 525 kW. Photo: Tedom Schnell

Les moteurs d'un module de cogénération électricité-chaleur sont conçus pour fonctionner en continu à la charge nominale dans leur plage de régime optimale, où le rendement est maximal. Ce niveau de stabilité a l'avantage de minimiser les démarages à froid, lorsque l'huile de lubrification est encore visqueuse et les contraintes mécaniques importantes dans les cylindres, les têtes de culasse et les pistons. L'objectif est de faire fonctionner aisément les modules de cogénération électricité-chaleur pendant 7000 à 8000 heures par an. Cela suppose le strict respect des opérations de maintenance prescrites, dont des analyses d'huile réalisées à intervalles réguliers lors du suivi de l'état d'usure du moteur. Les pannes survenant toujours au mauvais moment, les constructeurs sérieux offrent un service après-vente disponible 24 heures sur 24, 365 jours par an. Deux types de moteurs à gaz conviennent pour entraîner les modules de cogénération électricité-chaleur: ceux à allumage commandé (réalisés le

cas échéant en adaptant un moteur diesel existant) et ceux à injection pilote.

Moteurs à gaz à allumage commandé

Le biogaz est incompatible avec le principe d'allumage par compression. Il ne peut donc servir tel quel de carburant dans un moteur diesel standard. Le moteur à gaz à allumage commandé (ou un moteur diesel transformé en moteur à gaz à allumage commandé) offre une première solution. La proportion air/carburant y est souvent proche du rapport stœchiométrique ($\lambda = 1$)¹. Un catalyseur trois voies suffit donc pour la dépollution des gaz d'échappement. L'important pouvoir antidétonant du biogaz permet un taux de compression meilleur que dans un moteur à essence. Le rendement se situe entre 30 et 40%. Les moteurs plus puissants ont un meilleur rendement en production d'électricité, mais moindre en production de chaleur (dans les mêmes proportions). Les gros moteurs optimisés

pour le biogaz réalisent généralement un rendement allant de 40% à 50%. Les moteurs à gaz à allumage commandé équipent souvent des modules de cogénération électricité-chaleur installés en altitude, ou ceux dont la puissance est trop faible pour une turbine à gaz.

Moteurs à gaz à injection pilote

Le moteur diesel à injection pilote peut remplacer le moteur à allumage commandé. Comme les moteurs de ce type ne sont produits qu'en petites séries, il est plus économique de transformer des moteurs diesel conçus pour des tracteurs ou des camions. Les moteurs à gaz à injection pilote s'utilisent de préférence pour brûler des gaz pauvres caractérisés par un pouvoir calorifique faible et un pouvoir antidétonant élevé. Le biogaz convient parfaitement pour alimenter les moteurs à injection pilote, sans devoir le raffiner à la qualité du gaz naturel. Sa forte teneur en CO_2 lui assure un important pouvoir antidétonant,

empêchant tout auto-allumage intemps-tif. Le carburant gazeux est aspiré en même temps que l'air comburant. L'allumage est assuré en injectant une faible quantité de carburant diesel, comme dans un moteur diesel standard. Cette injection se produit en permanence, pas seulement au démarrage et pendant la montée en température du moteur. Le «carburant d'allumage» (mazout ou biodiesel) est injecté en petites quantités, entre 4 et 10% du total. La valeur supérieure correspond au fonctionnement à charge réduite. 90% à 98% de l'énergie provient donc du gaz carburant. Compte tenu du taux de compression élevé (1/16 à 1/18), le moteur à injection pilote se distingue de celui à gaz à allumage commandé par un meilleur rendement et des coûts d'investissement inférieurs. Le moteur à injection pilote produit en revanche des émissions plus polluantes.

Le rendement: la grandeur qui fait la différence

Le rendement en production d'électricité détermine la rentabilité d'une centrale de biogaz. On distingue plusieurs catégories de rendement, à savoir:

- Dans un module de cogénération électricité-chaleur, le rendement mécanique est le rapport de la puissance mécanique générée par le moteur au pouvoir calorifique du combustible utilisé. Il dépend du type et de la taille du moteur. Une simplification abusive consisterait à confondre les rendements mécanique et électrique du module de cogénération électricité-chaleur.
- Rendement de l'alternateur. Dans l'alternateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique. Le rendement des alternateurs se situe couramment entre 90 et 96%. L'énergie restante est dissipée par l'alternateur sous forme de chaleur.
- Une autre grandeur importante est le rendement électrique, calculé en multipliant le rendement mécanique par le rendement de l'alternateur. Un exemple: rendement mécanique 40%, rendement de l'alternateur 94%, d'où un rendement électrique de $(0,40 \times 0,94) = 37,60\%$.
- Rendement thermique. La transformation d'énergie dans le moteur produit, outre

Émissions de méthane imbrûlé

Une partie du méthane (un gaz à effet de serre composant le biogaz) est relâché dans l'atmosphère avec les gaz d'échappement, sans être brûlé. Un catalyseur d'oxydation permet de régler le problème.



Le module de cogénération électricité-chaleur de 150 kW de Liebherr est équipé d'un moteur à gaz. Photo: Ruedi Hunger

l'énergie mécanique, une certaine quantité de chaleur qui sera dissipée dans les gaz d'échappement, dans l'eau de refroidissement et par rayonnement thermique. Le rendement thermique, longtemps considéré comme un aspect marginal, dépend du type et de la taille du moteur ainsi que de la quantité de chaleur récupérée. Il peut aller jusqu'à 55% et est supérieur au rendement électrique.

Modules de cogénération électricité-chaleur à hydrogène

Même si l'hydrogène (H₂) n'est pas le thème central du présent article, il relève

d'une technologie d'avenir, et les modules de cogénération électricité-chaleur à hydrogène méritent qu'on s'y arrête. L'éolien et surtout le solaire sont des énergies intermittentes: entre indisponibles et surabondantes, tous les états sont possibles. La ville de Hassfurt (D) a choisi de produire de l'hydrogène par électrolyse en utilisant la technologie PEM (polymer electrolyte membrane = membrane à électrolyte polymère) pour stocker les excédents d'énergie éolienne ou solaire. Cet hydrogène sera ainsi disponible pour une utilisation différée, comme la production d'électricité, pour pallier une offre insuffisante

Avantages et inconvénients des moteurs à injection pilote et à gaz à allumage commandé

| Moteurs à injection pilote | Moteurs à gaz à allumage commandé |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendement électrique entre 30 et 40% • Rendement électrique 3 à 4% supérieur aux moteurs à allumage commandé • Équipement aussi adéquat pour les modules de faible puissance (inférieure à 100 kW) • Performances moins tributaires de la qualité du gaz • Moteurs économiques <p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'un carburant d'allumage • Calaminage des injecteurs • Dépôts de suie sur les surfaces d'échange thermique • Maintenance plus contraignante • Émissions polluantes plus importantes • Équipement peu utilisé sur des modules d'une puissance supérieure à 500 kW • Disponibilité réduite | <p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendement électrique entre 34 et 40%, mais seulement à partir d'une puissance de 300 kW • Disponibilité élevée • Respect de la TA Luft garanti • Maintenance réduite <p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation rare dans les modules d'une puissance inférieure à 100 kW • Teneur minimale nécessaire en méthane de (40) 45% • Prix d'acquisition élevé • Mauvais rendement électrique aux puissances inférieures à 300 kW • Équipement pas adéquat pour des groupes de secours |



L'hydrogène est appelé à devenir un important fluide de stockage pour l'utilisation différée du courant produit à partir de sources renouvelables. Photo: 2G Energie AG

Abréviations et terminologie

| | |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Module de co-génération électricité-chaleur | Le module de cogénération électricité-chaleur est une unité de couplage chaleur-force montée, livrée et exploitée «en bloc». L'équipement de base comprend un moteur ou une turbine à gaz et un alternateur. Dans ses statistiques annuelles sur les installations CCF, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) définit le module de cogénération électricité-chaleur comme un groupe moteur-alternateur d'une puissance pouvant aller jusqu'à 10 MWel. Selon ces statistiques, la Suisse comptait fin 2019 un total de 907 installations CCF en service, dont 859, définies comme petites (modules de cogénération électricité-chaleur < 10 MWel), cumulaient une puissance électrique nominale de 137,9 MWel. En 2019, les installations de biogaz rurales ont produit 160 GWh d'électricité (OFEN). |
| CCF | Les installations de couplage chaleur-force sont en principe des centrales thermiques combinant la génération d'électricité et de chaleur. Elles comprennent les modules de cogénération électricité-chaleur, les moteurs à gaz, les turbines à gaz et les centrales à cycle combiné gaz et vapeur. Dans la gamme des faibles puissances, citons également les micro-turbines à gaz, les piles à combustible et les moteurs Stirling. |
| CCC | Une centrale à cycle combiné associe une turbine à gaz et une turbine à vapeur pour produire de l'électricité. Les gaz d'échappement de la turbine à gaz sont utilisés pour chauffer le générateur de vapeur à récupération de chaleur de la turbine à vapeur. La turbine à gaz et la turbine à vapeur entraînent chacune leur propre alternateur. |

ou stabiliser le réseau de distribution. Un module de cogénération électricité-chaleur standard de 200 kW de la société «2G Energy AG» a été rééquipé pour fonctionner au choix à l'hydrogène pur, au gaz naturel pur ou avec un mélange d'hydrogène et de gaz naturel. Le réservoir d'hydrogène actuel peut assurer au module de cogénération électricité-chaleur à hydrogène une quinzaine d'heures d'autonomie. Une batterie de stockage (8 MWh) complétée par deux réservoirs permet d'affronter efficacement un épisode prolongé de production éolienne et solaire quasi nulle (une situation que les Allemands désignent par le terme *Dunkelflaute*).

Conclusion

En 2019, l'Association des ingénieurs allemands a recensé 14 000 centrales de biogaz en Europe. Dans la même période, la Suisse comptait 112 installations agricoles en service. Comparé à la population de moteurs «normaux», les moteurs à biogaz équipant des modules de cogénération électricité-chaleur sont peu nombreux, d'autant plus qu'ils se répartissent sur au moins deux systèmes différents. Tous ont en commun une capacité à fonctionner 360 jours par an/24 heures sur 24 à un régime de 1500 tr/min, une performance huit à dix fois supérieure à celle du moteur d'un tracteur au taux d'utilisation élevé. Les exploitants d'une centrale de biogaz peuvent mal se permettre une panne prolongée risquant de ralentir ou de bloquer la production de biogaz. ■

¹Une combustion stœchiométrique (ou neutre) est une combustion complète sans excès ou défaut d'air.

Un tableau synthétique comportant des informations utiles sur les centrales au biogaz peut être téléchargé sur le site de l'ASETA www.agrartechnik.ch – Zeitschrift – Download (seulement en allemand)



Pour plus d'informations, contactez votre concessionnaire LEMKEN ou vos représentants LEMKEN:
Karl Bühler, GSM: 079 8 24 32 80, Email: k.buehler@lemken.com

 **LEMKEN**