

Energie vom Bauernhof

Produire de l'énergie à la ferme

Heute landet in der Schweiz nur ein Bruchteil des Hofdüngers in einer Biogasanlage. Unter anderem, weil die Ausbeute mit heutiger Technik zu schlecht ist. Forschende der BFH-HAFL entwickeln Prozesse, um das ungenutzte Potenzial besser ausschöpfen zu können.

Aujourd'hui en Suisse, seule une infime partie des engrais de ferme finissent dans une installation de biogaz, notamment parce que le rendement est mauvais en l'état actuel de la technique. Une équipe de chercheurs de la BFH-HAFL entend changer la donne.



Dr. Michael Studer, Dozent für Agrar-, Forst und Energietechnik
 Dr. Simone Brethauer, wissenschaftliche Mitarbeiterin
 Dr Michael Studer, professeur en génie agricole, forestier et énergétique
 Dr Simone Brethauer, collaboratrice scientifique

Text | Texte
 Matthias Zobrist

Das Resultat an jenem Abstimmungssonntag im Mai 2017 war deutlich: Gut 58 Prozent der Schweizer Stimmbürgerinnen und Stimmbürger sagten Ja zur Energiestrategie des Bundesrates. Es war ein Bekenntnis zum Ziel, den Energieverbrauch in der Schweiz bis 2050 – verglichen mit demjenigen von 2000 – um über die Hälfte zu reduzieren. Mit der Annahme sprach sich das Stimmvolk auch dafür aus, die traditionelle Wasserkraft und die erneuerbaren Energien Sonne, Biomasse, Wind und Erdwärme zu stärken. Gleichzeitig soll die Schweiz schrittweise aus der Kernenergie aussteigen.

Mehr aus der Gülle rausholen

Abgesehen von der Wasserkraft fristen die Erneuerbaren in der Schweiz zurzeit noch eher ein Nischendasein. Luft nach oben ist aber vorhanden, wie beispielsweise eine Studie der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL zeigt. Forschende haben darin das Potenzial von Biomasse zur Energiegewinnung in der Schweiz untersucht. Ihr Fazit: Dieses wird nur knapp zur Hälfte ausgeschöpft. Liesse sich die nachhaltig nutzbare Menge an Holz, Klärschlamm, Grüngut und insbesondere an Hofdünger optimal nutzen, würde dies rund neun Prozent des Bruttoenergieverbrauchs der Schweiz decken.

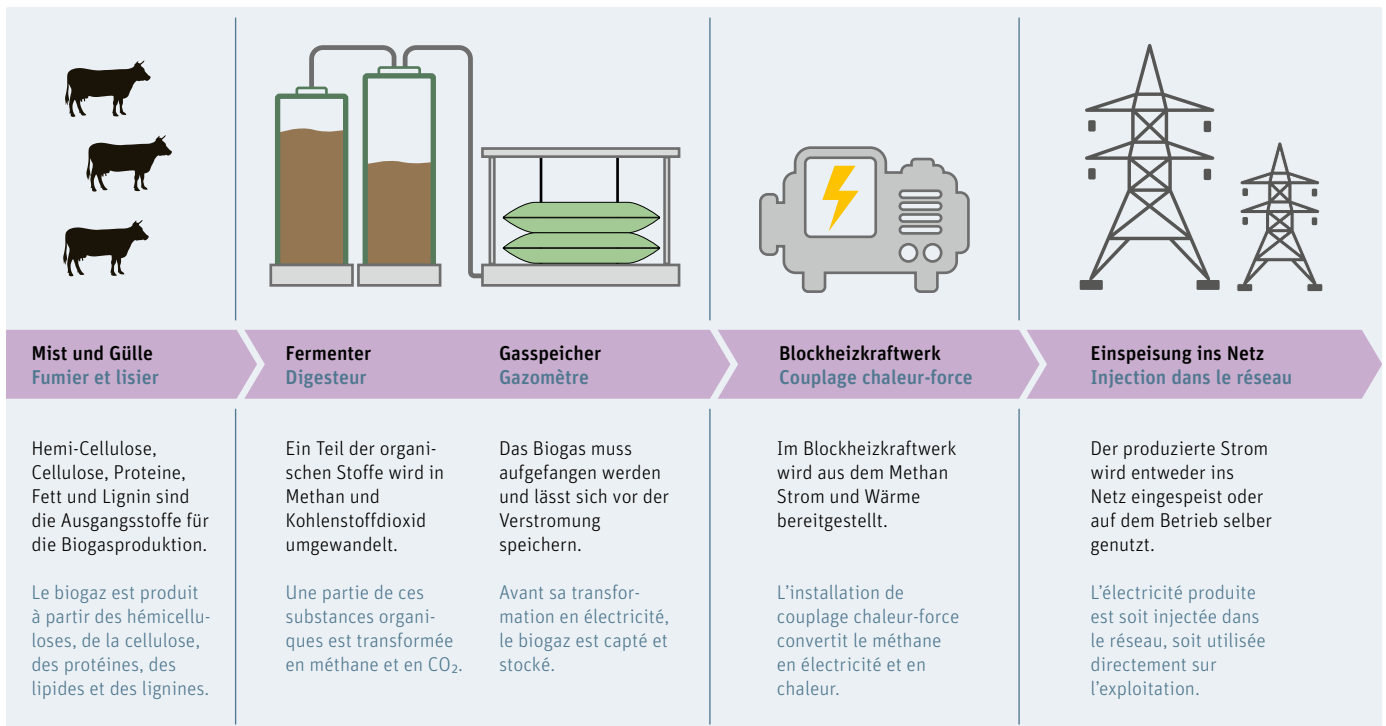
Über die Hälfte dieses brachliegenden Potenzials liegt beim Hofdünger. Könnte das also eine tragende Säule sein, um die Ziele der Energiestrategie zu erreichen? Michael Studer, Dozent für Agrar-, Forst und Energietechnik an der BFH-HAFL, relativiert: «Betrachten wir den Wert der Primärenergie von 27 Petajoule, die im Hofdünger steckt, entspricht diese zwar etwa der Stromproduktion des AKWs Gösgen pro Jahr. Mit der heutigen Technik in Kleinanlagen lassen sich damit aber maximal rund zwei Petajoule Strom produzieren.»

Le résultat des votations du 21 mai 2017 a été clair : plus de 58 % des citoyennes et des citoyens suisses ont accepté la Stratégie énergétique du Conseil fédéral. La population s'est donc ralliée à l'objectif de réduire de plus de moitié la consommation d'énergie en Suisse d'ici à 2050 (année de référence : 2000). Par ce vote, elle a également demandé à promouvoir la force hydraulique traditionnelle et les autres énergies renouvelables (solaire, biomasse, éolien et géothermie), et, de plus, elle s'est exprimée en faveur d'une sortie progressive du nucléaire.

Mieux exploiter le lisier

La force hydraulique mise à part, les énergies renouvelables constituent encore un marché de niche en Suisse. Mais les possibilités d'amélioration ne manquent pas. C'est ce qu'a montré une étude de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, qui s'est chargée d'analyser le potentiel de la biomasse pour produire de l'énergie en Suisse. Conclusion : ce potentiel n'est qu'à moitié exploité. On pourrait couvrir près de 9 % de notre consommation brute d'énergie si on utilisait de manière optimale les quantités durablement exploitables de bois, de boues d'épuration, de déchets végétaux et surtout d'engrais de ferme.

Or, plus de la moitié de ce potentiel inexploité se trouve dans les engrais de ferme. Cette source d'énergie pourrait elle devenir capitale pour réaliser les objectifs de la Stratégie énergétique ? Michael Studer, professeur en génie agricole, forestier et énergétique, tempère : « Les engrais de ferme contiennent 27 pétajoules d'énergie primaire, soit l'équivalent de la production annuelle de la centrale nucléaire de Gösgen. Cependant, la technique actuelle permet de produire 2 pétajoules d'électricité tout au plus. »



Vom Hofdünger bis zur Netzeinspeisung: Funktionsweise einer Biogasanlage. | De l'engrais de ferme à l'électricité: fonctionnement d'une installation de biogaz.

Technik setzt Grenzen

Weniger als 5 Prozent der Gülle und des Mistes kommt heute in eine Biogasanlage – und lässt sich dort erst noch sehr schlecht in Methan umwandeln: Aktuelle Anlagen können rund drei Viertel der organischen Substanz, die im zugeführten Hofdünger vorhanden ist, gar nicht in Biogas umwandeln. In den meisten landwirtschaftlichen Anlagen wird daher Hofdünger vor allem dafür eingesetzt, den pH-Wert der vergärenden Masse zu stabilisieren, und weniger als Substrat. Biogas wird zu einem Grossteil aus Co-Substrat, das vor allem aus Nebenströmen der Lebensmittelindustrie und Speiseresten besteht, produziert.

Reine «Hofdüngeranlagen» lassen sich in der Schweiz unter heutigen Rahmenbedingungen wegen der hohen Produktionskosten bislang kaum wirtschaftlich betreiben. Genau das strebt Michael Studer jedoch an. Er sieht zwei Möglichkeiten, die Kosten zu senken: Unter Einhaltung der Schweizer Normen billigere Anlagen bauen oder ihren Wirkungsgrad erhöhen.

Zwei Strategien, ein Ziel

Für ihn und sein Team steht in verschiedenen Forschungsprojekten die zweite Option im Zentrum. Ihr Ansatz dabei ist, die im Hofdünger vorhandenen organischen Substanzen – Cellulose, Hemi-Cellulose, Proteine, Fette und Lignin – besser aufzuspalten, damit sie einfacher in Biogas umgewandelt werden können. Der Effekt: mehr Biogas aus der gleichen Menge Hofdünger.

Die Forschenden wenden dafür zwei unterschiedliche Strategien an: die biochemische und die thermochemische. Bei ersterer setzen sie Enzyme zur Aufspaltung der nicht wasserlöslichen Stoffe ein. Bei der zweiten wird dies mittels Vorbehandlung durch Wärme und Druck erreicht (siehe Kasten auf Seite 7).

La technique dresse des frontières

Aujourd'hui, moins de 5 % du lisier et du fumier arrivent dans une installation de biogaz, où ils ne sont que très difficilement transformés en méthane: les installations actuelles ne parviennent à digérer qu'un quart de la matière organique qu'ils contiennent. Dans la plupart des installations agricoles, ils sont donc surtout utilisés pour stabiliser le pH dans le digesteur plutôt que comme substrat. Le biogaz est principalement produit à partir de co-substrats constitués de flux secondaires de l'industrie agroalimentaire et de restes de repas.

En raison des coûts de production élevés, les installations ne digérant que des engrais de ferme sont à peine rentables en Suisse dans les conditions actuelles. Mais Michael Studer veut changer les choses. Il voit deux possibilités pour réduire les coûts: soit construire des installations meilleur marché tout en respectant les normes suisses, soit augmenter leur rendement.

Deux stratégies pour un objectif

Lui et son équipe ont misé sur la deuxième option dans différents projets de recherche. Leur démarche consiste à mieux scinder les macromolécules présentes dans les engrais de ferme (cellulose, hémicelluloses, protéines, lipides et lignines) afin de faciliter leur transformation en biogaz. Résultat: plus de biogaz pour une même quantité d'engrais de ferme.

Pour atteindre cet objectif, l'équipe a recours à deux stratégies distinctes: la première, dite thermochemique, se sert d'un prétraitement combinant chaleur et pression; la deuxième, biochimique, fait intervenir des enzymes pour fractionner les macromolécules insolubles (voir encadré en page 7).

Vom Labor in die Praxis

Für ihre Tests entwickeln Michael Studer und sein Team Versuchsanlagen im Laborformat – zur Untersuchung der thermochemischen Vorbehandlung beispielsweise eine sogenannte Steamgun. Um nun die Vorbehandlung des Hofdüngers zu analysieren, ist eine Installation entstanden, die 63 parallellaufende Biomethanpotenzial-Analysen ermöglicht. Die Komplexität des Gerätes ist auf eine technische Herausforderung zurückzuführen: Es braucht unterschiedliche Temperaturen, um die verschiedenen Bestandteile des Hofdüngers aufzuspalten. Sonst werden gewisse organische Substanzen durch die Vorbehandlung allenfalls gar nicht besser vergärbar, andere dagegen zerstört.

Die Forschung soll aber nicht im Labor enden. Die Forschenden haben den Anspruch, diese auch in die Industrie und die Praxis zu bringen. Das heisst: Sie möchten ein Verfahren entwickeln, das nur Rindergülle als Substrat verwendet und ohne KEV-Beiträge wirtschaftlich rentabel ist.

Entsteht eine «Traum-Anlage»?

Eine solche Pilotanlage könnte schon bald beim landwirtschaftlichen Institut des Kantons Freiburg in Grangeneuve stehen. Zusätzlich zu einem neuen Milchkuhstall soll eine Biogasanlage gebaut werden, in der nur Rindergülle vergärt wird. Eine Chance für das Forschungsteam der BFH-HAFL: Denn sind die Resultate im Labor positiv, soll voraussichtlich in Grangeneuve auch die Technik für eine thermochemische Vorbehandlung des Hofdüngers angewendet werden. Diese Anlage würde es den Forschenden ermöglichen, ihr

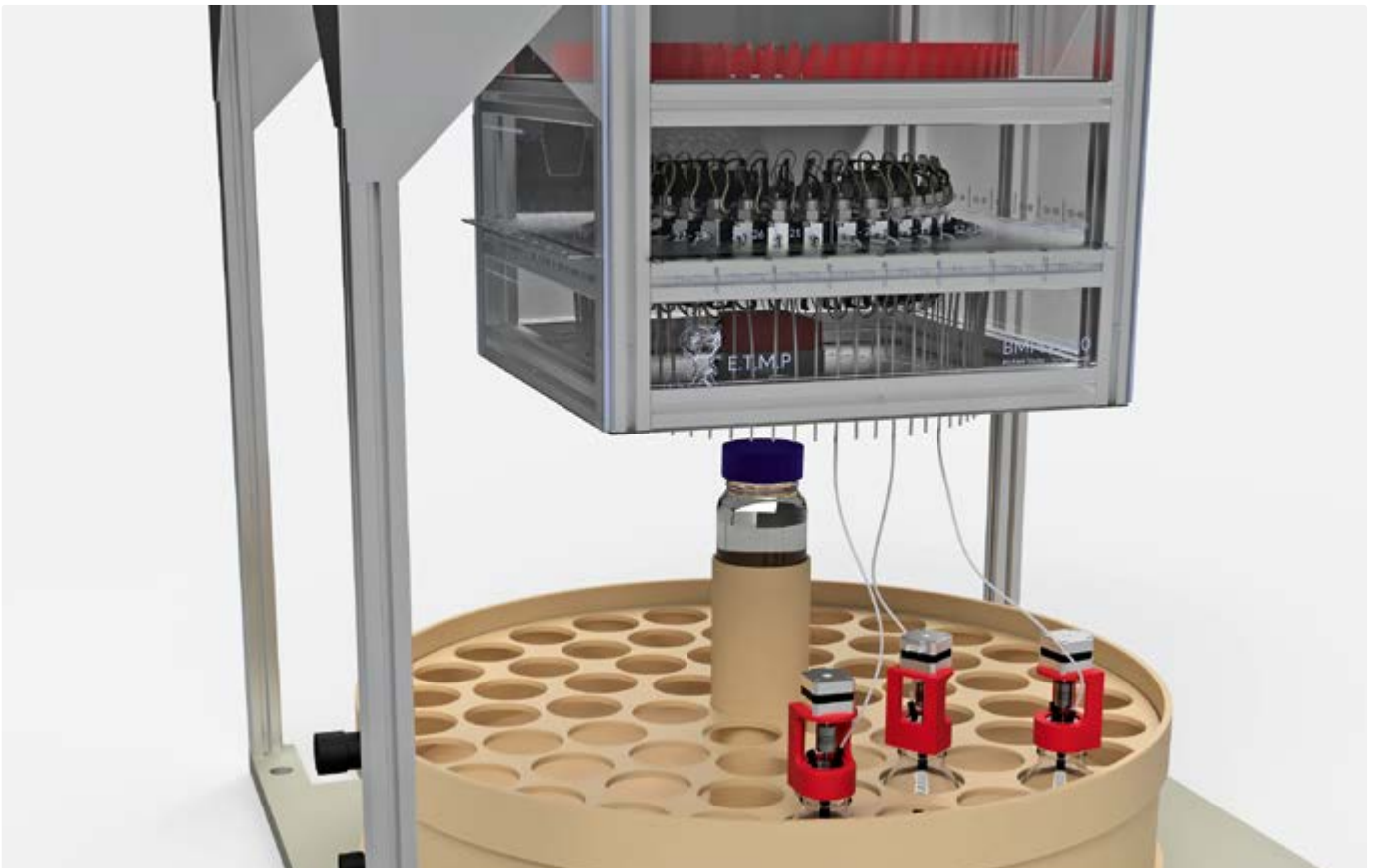
Du laboratoire à la pratique

Pour leurs expériences, Michael Studer et son équipe développent des installations d'essai en laboratoire, comme un « steamgun » servant au prétraitement thermochimique des engrais de ferme. Une installation permettant d'effectuer en même temps 63 analyses de potentiel de biométhane a été conçue pour étudier ensuite les effets de ce prétraitement. La complexité de l'appareil est à la hauteur des défis techniques : plusieurs températures sont nécessaires pour scinder les différents composants des engrais de ferme. Sinon, le prétraitement ne permettrait pas d'améliorer la digestibilité de certains composés organiques et pourrait même en détruire.

La recherche ne doit cependant pas se limiter au laboratoire. L'équipe vise aussi l'industrie et la pratique. Autrement dit : elle entend développer un système utilisant uniquement du lisier de bovins comme substrat et pouvant être rentable sans subventions RPC.

L'installation idéale existe-t-elle ?

Une installation pilote pourrait bientôt voir le jour à l'Institut agricole de Grangeneuve (FR). En effet, outre une nouvelle étable destinée aux vaches laitières, il est prévu d'y construire une installation de biogaz alimentée uniquement avec du lisier de bovins. Une opportunité à saisir pour l'équipe de la BFH-HAFL : si les résultats au laboratoire sont positifs, c'est à Grangeneuve que devrait être mise en œuvre la technique de prétraitement thermochimique des engrais de ferme. Cette installation permettrait à l'équipe



63 auf einen Streich: 3D-Zeichnung des Gerätes zur Analyse des Biomethanpotenzials.

63 d'un coup : illustration 3D de l'appareil d'analyse du potentiel de biométhane.

Know-how zur Vorbehandlung von Biomasse in einer massstabsgetreuen Dimension umzusetzen. Zudem wäre es eine ideale Basis, um mehr über die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage aussagen zu können. Wahrscheinlich zeige sich dann, dass für einen rentablen Betrieb mehr Gülle nötig sei als von den 50 Kühen des geplanten Stalls des landwirtschaftlichen Instituts des Kantons Freiburg.

Biogas sinnvoll nutzen

Bis die technischen Möglichkeiten, mehr Energie aus dem Hofdünger rauszuholen, zur Verfügung stehen, scheint hoffentlich nur noch eine Frage der Zeit zu sein. Damit das vorhandene Potenzial nicht zu einem Tropfen auf den heißen Stein wird, müsse man die wertvolle Biomasse aber sinnvoll einsetzen, gibt Michael Studer zu bedenken.

Eine Möglichkeit wäre, das Biogas nicht direkt zu verstromen, sondern ins Gassystem einzuspeisen und dann örtlich und zeitlich unabhängig zu nutzen: dort, wo es benötigt wird. Wird es in Strom umgewandelt, dann sollte dies idealerweise zu einem Zeitpunkt geschehen, an dem die anderen Erneuerbaren zu wenig produzieren können – zum Beispiel in der Nacht, bei schlechtem Wetter oder wenig Wind – und nicht als Bandlast.

→ Lesen Sie auf Seite 8 und 9 das Interview mit Pascal Toffel, Direktor des Landwirtschaftlichen Instituts Grangeneuve, über Hofdünger und das Potenzial für die Energieproduktion.

d'appliquer grandeur nature son savoir-faire sur le prétraitement de la biomasse. Il s'agirait en outre d'une base idéale pour mieux évaluer la rentabilité de ce type d'installation. La pratique montrera probablement que les 50 vaches de l'étable de Grangeneuve ne produisent pas assez de lisier pour que l'exploitation soit rentable.

Bien utiliser le biogaz

La technique permettra-t-elle un jour d'extraire davantage d'énergie à partir des engrais de ferme? Ce n'est peut-être plus qu'une question de temps. Michael Studer souligne toutefois l'importance de bien utiliser cette précieuse biomasse pour éviter que le potentiel disponible ne soit sous-exploité.

Une possibilité serait d'injecter le biogaz dans le réseau pour ensuite l'utiliser là où il est nécessaire, partout et à tout moment, plutôt que de le convertir directement en électricité. En effet, le biogaz devrait idéalement être transformé lorsque le rendement des autres sources renouvelables est faible (p. ex. de nuit ou par mauvais temps), plutôt que pour produire de l'énergie en ruban.

→ Continuez votre lecture aux pp. 8-9: Pascal Toffel, directeur de l'Institut agricole de Grangeneuve, parle des engrais de ferme et de leur potentiel de production d'énergie.

Bio- und thermochemisches Verfahren

Procédés biochimique et thermochimique

Um die Widerstandsfähigkeit der Biomasse gegenüber dem anaeroben Abbau zu verringern, untersucht das Forschungsteam von Michael Studer eine thermochemische Vorbehandlung und ein integriertes biochemisches Verfahren.

Bei ersterem fokussieren sie auf die so genannte Dampfexplosion: Wasserdampf wird in die Biomasse eingespritzt, dabei werden Temperaturen bis 230 °C und Drücke bis 27 bar erreicht. Damit verfolgen die Forschenden zwei Ziele: Einerseits wollen sie bestimmte organische Substanzen der Biomasse wie die Hemicellulose in wasserlösliche Zucker aufspalten. Andererseits sollen die zurückbleibenden polymeren, nicht-wasserlöslichen Substanzen so vorbehandelt werden, dass sie sich in der anaeroben Fermentation durch die Mikroorganismen zu Biogas umsetzen lassen. Eine Herausforderung ist, dass hohe Temperaturen und lange Verweilzeiten nötig sind, um zum Beispiel Cellulose und Lignin ideal vorzubehandeln. Dabei werden aber andere Substanzen wie die Hemi-Cellulose zersetzt.

Beim alternativen biochemischen Ansatz werden im Biogasreaktor Nischen geschaffen, wo ausgewählte Mikroorganismen wachsen können. Diese helfen dabei, die polymeren Bestandteile der Gülle aufzuspalten, damit die anaerobe Vergärung schneller und mit einer höheren Ausbeute ablaufen kann.

Pour réduire la résistance de la biomasse à la décomposition anaérobie, l'équipe de Michael Studer étudie un prétraitement thermochimique et un procédé biochimique intégré.

Le premier est centré sur l'« explosion à la vapeur »: de la vapeur d'eau est injectée dans la biomasse. La température peut alors atteindre jusqu'à 230 °C et la pression 27 bar. Les chercheurs poursuivent deux objectifs: premièrement, décomposer en sucres solubles certains composés organiques de la biomasse comme les hémicelluloses. Deuxièmement, traiter les polymères insolubles qui subsistent pour les rendre susceptibles à l'attaque des microorganismes pendant la méthanisation. Mais les défis sont de taille: certaines macromolécules comme la cellulose et les lignines doivent dans l'idéal être traitées avec des températures élevées et reposer longtemps, procédé qui en revanche détruit les hémicelluloses.

L'alternative biochimique consiste à créer des niches écologiques dans le réacteur à biogaz, favorables à la croissance de certains microorganismes qui ne supportent pas les conditions anaérobies nécessaires à la méthanisation. Ils aident à décomposer les polymères du lisier pour ainsi rendre la fermentation anaérobie plus rapide et augmenter son rendement.