**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
**Band:** 94 (2002)
**Heft:** 9-10

**Artikel:** Material- und Energieflüsse bestätigen Forschungsziele
**Autor:** [s.n.]
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-939660

**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:** 12.07.2025

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

# Material- und Energieflüsse bestätigen Forschungsziele

■ *Bundesamt für Energie (BFE)*

## Studie über biogene Güter und Stoffflüsse der Schweiz vermittelt einen Überblick über die Energiepotenziale der Biomasse

Um den Anteil der Biomasse an der Energieversorgung stetig und nachhaltig zu erhöhen, sind fundierte Kenntnisse über die Materialströme, die vorhandenen Mengensituationen und die damit verbundenen Potenziale erforderlich. Die energetisch nutzbaren Anteile der Biomasse werden heute erst teilweise genutzt; je nach Materiallinie ist das wirtschaftlich nutzbare Potenzial doppelt (Holz) bis fünfmal (Abfälle, Landwirtschaft) so gross. Und das technisch Machbare liegt noch höher.

Biomasse, das durch Photosynthese erzeugte organische Material, kann als Brennstoff (z.B. Holz) direkt energetisch genutzt werden. Als Roh-Reststoff oder Abfall aufbereitet ist der indirekte Weg zu Brenn- und Treibstoffen möglich. Biomasse als Energieträger soll möglichst ökologisch und ökonomisch eingesetzt werden, um wirkungsvoll fossile Stoffe zu ersetzen und damit entsprechende $CO_2$-Emissionen zu verringern. Daher konzentriert sich das BFE-Forschungsprogramm Biomasse auf die Aufbereitung, Umwandlung und energetische Nutzung von Biomasse.

## Mengenanalyse als umfassende Grundlage

Mit einer Studie der Hochschule Wädenswil (HSW) konnten im Auftrag des Bundesamts für Energie die wichtigen biogenen Güter und Stoffflüsse der Schweiz auf der Basis vorhandener Statistiken erfasst und in Massen- und Energieflussdiagrammen dargestellt werden. Die Analyse umfasst die Systembereiche Produktion, Verarbeitung, Nutzung und Abfälle. Bei der inländischen Holzproduktion gelangen rund zwei Drittel als Stammholz in die Sägereien, der Rest in den Export.

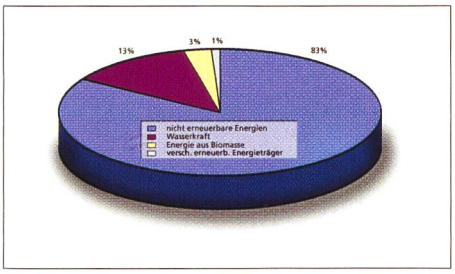


***Bild 1. Der Anteil der Biomasse am schweizerischen Energieverbrauch liegt heute noch unter 3 %, besitzt jedoch ein wesentlich höheres Potenzial, das es zu nutzen gilt.***

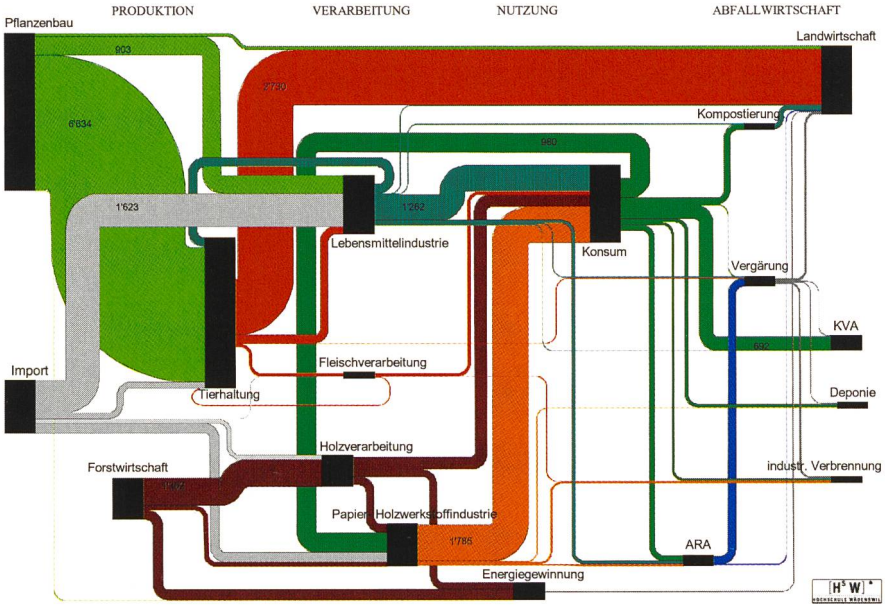


***Bild 2. Massenflussdiagramm der biogenen Güter in der Schweiz in Tonnen Trockensubstanz (TS). Bei grossen Flüssen wird die Menge in 1000 Tonnen TS angegeben.***

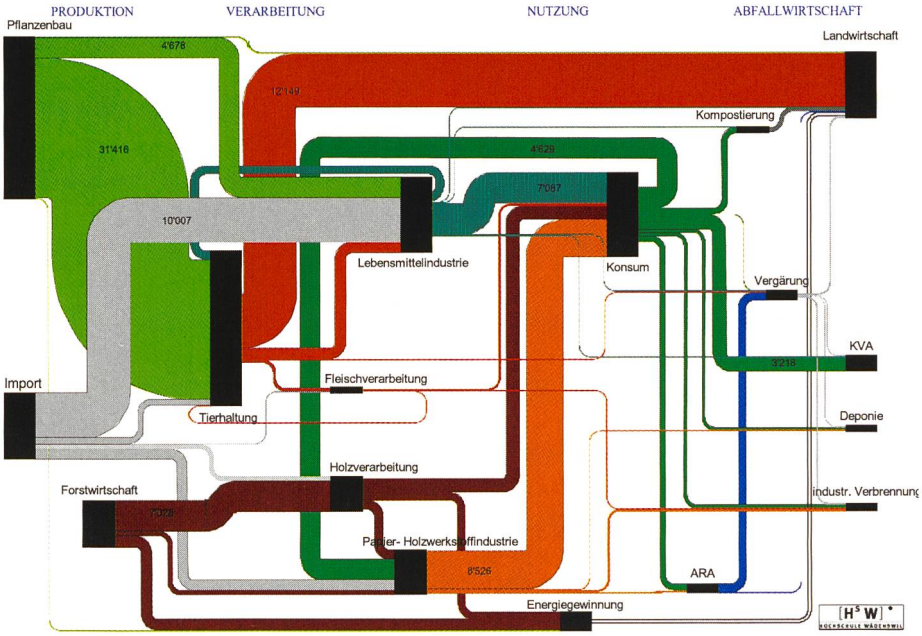


***Bild 3. Energieflussdiagramm der biogenen Güter in der Schweiz in GWh. Es besteht hier eine deutliche Korrespondenz mit dem Massenflussdiagramm.***

Die Verarbeitung von Biomasse umfasst alle Prozesse der industriellen Nutzung. Interessant sind hier auch die markanten Recycling-Aspekte des Kompostierens und der Altpapier-Wiederverwertung. Die aus der Nutzung in Haushalt und Dienstleistung stammenden biogenen Abfälle von schätzungsweise 775 000 Tonnen werden sowohl zentral als auch auf einzelnen lokalen Plätzen kompostiert. Biogasanlagen haben an diesen Materialströmen bisher einen recht bescheidenen Anteil.

Ein wesentliches Ziel beim Optimieren der Materialflüsse ist das konsequente Trennen der sauberen Stoffe von den ver-

schmutzten, sodass beispielsweise durch die Grüngutsammlung, Vergärung und Rückführung einwandfreie Erde bzw. Düngemittel genutzt werden können. Materialflüsse mit Medikamenten, Schwermetallen usw. (z.B. Klärschlamm) müssen aus dem biogenen Kreislauf ausgeschieden werden. Nur so können Randbedingungen geschaffen werden, die ökologisch und wirtschaftlich nachhaltig sind.

### Besondere Funktion der Tierhaltung

Die Diagramme der Massen- und Energieflüsse der biogenen Güter in der Schweiz zeigen zum einen die vorhandenen Proportionen auf, die auch einen Hinweis auf die zu treffenden Strategien vermitteln, zum andern geben sie Auskunft über die vorhandenen Zusammenhänge und Abläufe zwischen den jeweiligen Akteuren. Es ist erkennbar, dass die mengenmässig grössten biogenen Flüsse aus der Tierfütterung und der Tierhaltung (inkl. Hofdünger) stammen und diese Bereiche somit besondere Beachtung verdienen.

Die bisherigen Aktivitäten zur Förderung vertiefter Kenntnisse über Planung, Bau und Betrieb von industriellen, kommunalen und vor allem landwirtschaftlichen Biogasanlagen, unter anderem auch das Spezialkonzept der Co-Vergärung von Hofdünger und organischen Reststoffen unterschiedlicher Herkunft, werden durch die Situationsanalyse bestätigt. Dabei steht das vermehrte Umsetzen der Resultate aus der langjährigen Biomasseforschung durch die Realisierung von Anlagen seit einiger Zeit im Vordergrund. Heute befinden sich beispielsweise mehr als ein Dutzend Anlagen im Einsatz, welche diese Co-Vergärung in grösserem Massstab nutzen und einen wirtschaftlichen Betrieb erreichen. Die Erfolge bei der Nutzung von Biomasse haben bestätigt, dass die Zusammenarbeit und partnerschaftlichen Projektentwicklungen den Durchbruch erzeugen. So leisten Wirtschaft, Forschung, Bund, Kantone und Gemeinden einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung der erneuerbaren Energien.

# Potenzial eines langsam laufenden Stirlingmotors

■ *Martin Zogg*

Die Firma BSR Solar Technologies hat einen langsam laufenden Stirlingmotor vorgeschlagen, der als Besonderheit über eine Hydraulik unabhängig bewegte Arbeits- und Verdrängerkolben aufweist: Bild 1. Damit wird gegenüber den üblichen Freikolben-Stirlingkonzepten eine bessere Prozessführung erzielt. Im Rahmen einer Potenzialabschätzung wurde dieses «Hydraulikstirlingkonzept» mit dem in früheren BFE-/FOGA-/SIG-Projekten bereits wesentlich weiter entwickelten Freikolbenstirlinggenerator verglichen. Im Schlussbericht werden auch Lösungen zur Abschätzung einer auf dem Prinzip des Hydraulikstirlingmotors beruhenden Wärmepumpe mit Gasantrieb erörtert.

Das Funktionsmuster eines Hydraulikstirlingmotors erreichte mit Luft als Arbeitsmittel einen thermischen Wirkungsgrad von 16,5%. Für die geplante Ausführung als Boxer-Hydraulikstirlingmotor mit einer Kopftemperatur von 650 °C, einer Kühlwassertemperatur von 60 °C, einem Arbeitsdruck von 80 bar (!), einer Arbeitsfrequenz von 0,5 Hz und ebenfalls Luft als Arbeitsmittel wurde ein wesentlich höherer thermischer Wirkungsgrad von ca. 35% errechnet. Die Rechnung beruht auf Annahmen, die noch experimentell überprüft werden müssten. Bei vergleichbaren Kopf- und Kühlwassertemperaturen wurde am Prototypen des SIG-Freikolbengenerators ein thermischer Wirkungsgrad von 24% gemessen.

Bis zum Erreichen des gleichen technischen Standes wie beim SIG-Freikolben-

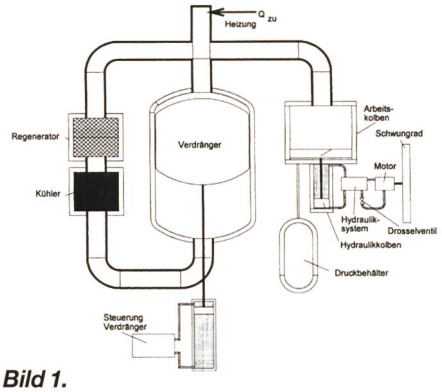


**Bild 1.**

stirlinggenerator wäre aber noch ein sehr hoher Entwicklungsaufwand erforderlich. Insbesondere das Problem einer wartungsfreien, trocken laufenden Kolbendichtung bei Differenzdrücken von 80 bar scheint mit vertretbarem Aufwand kaum lösbar. An diesem Problem scheiterte bei wesentlich tieferen Differenzdrücken schon so manches Stirlingkonzept. Es wurde beim SIG-Freikolbenstirlinggenerator mit hermetischer Bauweise und Kolbenführung in engsten Toleranzen durch Federn elegant gelöst.

Eine weitere Realisierungshürde ist die enorme Kopfbelastung. Bereits beim SIG-Freikolbenstirlinggenerator mit einem Arbeitsdruck von «nur» 32 bar war sie ein äusserst kritischer Punkt. Um bei noch bezahlbaren Werkstoffen bleiben zu können, müssten beim Boxer-Hydraulikstirlingmotor Arbeitsdruck und/oder Kopftemperatur gesenkt werden. Damit käme man vermutlich auch im thermischen Wirkungsgrad nicht mehr über den beim SIG-Freikolbenstirlingmotor erreichten Bereich, und das Arbeitsvolumen pro Leistungseinheit würde noch grösser. Wenn die benötigten Hydraulikkomponenten auch aus erprobter Technik stammen, sind darin doch viele in der Heizungstechnik wenig erwünschte bewegte Teile mit Gleitdichtungen enthalten.

Dies sind wenig ermutigende Zeichen für die Realisierung eines mit fossilen Brennstoffen betriebenen Mini-Blockheizkraftwerks nach dem vorgeschlagenen Boxer-Hydraulikstirlingkonzept. Es scheint, dass die Tatsache, «der Teufel steckt im Detail» für die Stirlingtechnik ganz besonders gilt!

*Ausführlicher Schlussbericht zu diesem BFE-Forschungsprojekt:*
*P. von Böckh, H.P. Zumsteg, Ch. Gaegauf: Potenzialabschätzung eines langsam laufenden Stirlingmotors, Schlussbericht, Bundesamt für Energie 2002.*
*Download aus www.waermepumpe.ch/fe Rubrik «Berichte»*
*Bestellung der schriftlichen Fassung unter der Projektnummer 44180 bei ENET, Egnacherstrasse 69, 9320 Arbon, 071 440 02 55, enet@temas.ch*

Anschrift des Verfassers
Dr. *Martin Zogg*, Forschungsprogrammleiter UAW des BFE, Kirchstutz 3, CH-3414 Oberburg.