

Holz – ein wandlungsfähiger Energieträger

Von dem in den Schweizer Wäldern nachwachsenden Holz könnten jährlich mindestens 2 Millionen m³ zusätzlich als Energieholz geerntet werden. Holz ist ein CO₂-neutraler Energieträger und auf absehbare Zeit die wichtigste Biomasse-Ressource der Schweiz. Da die Menge an Energieholz begrenzt ist, sollte man möglichst grossen energetischen Nutzen daraus ziehen, ohne die Umwelt zusätzlich zu belasten. Die Aufgabe lässt sich elegant lösen, wenn man das Holz in synthetisches Erdgas umwandelt. Das PSI hat dafür erstmals ein Verfahren entwickelt.

Das Energieholz in unsern Wäldern kann beispielsweise Heizöl ersetzen und so einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Doch beim Verbrennen in gängigen Heizungen ohne aufwändige Filter entstehen zusätzliche Luftschadstoff-Emissionen – hauptsächlich Feinstaub und Stickoxide.

Grünabfälle aus Haushalten und Landwirtschaft sowie Klärschlamm werden in der Schweiz schon vielerorts zu Biogas vergärt. Mit Holz geht das aber nicht so einfach, denn es verlässt eine solche Vergärungsanlage praktisch «unverdaut». Deshalb wurde am PSI ein weltweit neuartiges, mehrstufiges Verfahren entwickelt, das Holz vergast und dann katalytisch in synthetisches Erdgas (SNG) umwandelt. Industriell umgesetzt ist dieses Verfahren eine ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zur dezentralen Holzfeuerung. SNG könnte über das Erdgasnetz verteilt und so für ein breites Spektrum von Anwendungen mit hohem Wirkungsgrad genutzt werden, z.B. für Gasheizungen, als Treibstoff für Gasfahrzeuge oder in Gaskraftwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme. Welcher Weg wirtschaftlicher ist, hängt von den politischen Rahmenbedingungen ab.

Die PSI-Technologie der Holz-Methanierung wird nun in Österreich an einem bestehenden Holzvergaser in industriellem Massstab demonstriert. Die Grundlage für eine erste Grossanlage in der Schweiz entsteht.

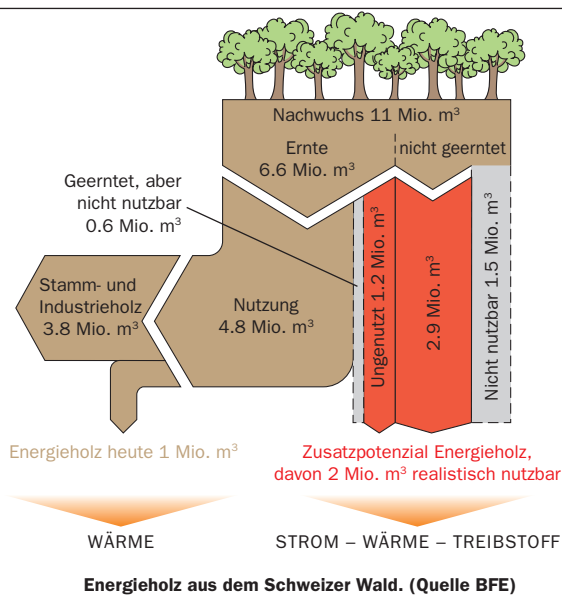
Inhalt

- 2 Wege und Ziele: **Energieholz innovativ genutzt**
- 3 Technologie: **Holz im Tank und aus dem Gashahn**
- 4 Interview mit St. Ramesohl: **Produktions- und Nutzungs-ort entkoppeln**

Energieholz innovativ genutzt

Holz trägt heute in der Schweiz mit rund 2% zur Primärenergieversorgung bei. Potenzialerhebungen des Bundesamtes für Energie haben ergeben, dass zwei- bis dreimal so viel für den Energiebedarf genutzt werden könnte, vor allem Waldholz. Damit ein solcher Ausbau sinnvoll und nachhaltig ist, muss man dieses Energieholz so aufbereiten, dass es praktisch, sauber, flexibel und zu vertretbaren Kosten nutzbar wird. Das heisst, mit Holz soll in Zukunft auch hochwertiger Strom und Treibstoff bereitgestellt und, wo möglich, die entstehende Wärme gleichzeitig genutzt werden.

Wenn Biomasse sich zersetzt, wird nicht mehr CO₂ frei, als die Pflanzen beim Wachsen aus der Atmosphäre aufgenommen hatten. Die Nutzung von Biomasse ist also klimaneutral, solange man nicht mehr abbaut als nachwächst.



Aus klimapolitischer Sicht sollten wir sie deshalb vermehrt verwenden, z.B. um Öl und Gas zu ersetzen. Kurz- bis mittelfristig ist das technisch und auch wirtschaftlich machbar. Die vermiedenen CO₂-Emissionen dürfen aber nicht durch höhere Luftschadstoff-Emissionen erkaufte werden.

Zusätzliche Luftschadstoffe unerwünscht

Bis anhin wird Energieholz zusammen mit Restholz aus der Holzverarbeitung praktisch ausschliesslich zur Wärmezeugung verbrannt. Das vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2005 verabschiedete Waldprogramm formuliert nun eine Reihe von Zielen und Massnahmen für eine nachhaltige Waldwirtschaft und einen Beitrag zur Netto-Reduktion von CO₂-Emissionen. Unter anderem will man bis 2015 doppelt so viel Energieholz aus dem Wald nutzen als heute. Damit das nicht zu einer Verdoppelung der Feinstaub- und anderer Luftschadstoff-Emissionen führt, braucht es Technologien, die mit erstklassigen Filtersystemen arbeiten. Das verteuert Holzfeuerungen und spricht für grosse Anlagen wie z.B. Heizkraftwerke, die Strom produzieren und die entstehende Wärme in Wärmenetze abgeben können. Ein Heizkraftwerk dieser Art wird in Basel gebaut. Es soll aus 65 000 m³ Holz pro Jahr 20 GWh

Strom (6700 Haushalte) und 100 GWh Fernwärme (5500 Haushalte) für das Basler Netz leisten und wird damit die grösste Holzenergieanlage der Schweiz sein – ein gute Sache. Wie viele solche Anlagen in der Schweiz möglich sind, hängt wesentlich davon ab, ob Wärmenetze gefunden werden können, die ihnen konstant und möglichst ganzjährig Energie abnehmen.

Holzenergie lässt sich in Grossanlagen wesentlich sauberer nutzen als in kleinen Feuerungen

Aus Holz mach Gas

Um Luftschadstoffe weitergehend zu vermeiden, kann Holz auch in Gas umgewandelt werden, ähnlich wie man es von den Biogasanlagen kennt. Das in einem vom PSI entwickelten Verfahren produzierte synthetische Erdgas (SNG) lässt sich sauber verbrennen, z.B. in einem Gas-Kombikraftwerk, einem Gasmotor, oder in Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Holzvergasungs-Anlagen, wie sie für die Schweiz konzipiert werden, sollen eine ähnliche Grösse haben wie das Holzheizkraftwerk Basel.

Tabelle: Energieholz lässt sich mit unterschiedlichen Technologien, Wirkungsgraden und Feinstaubemissionen verwerten.

Das max. Nutzwärmepotenzial zeigt an, wie viel Wärme gesamt erzeugt werden kann, wenn der ganze mit SNG gewonnene Strom zum Betrieb einer Elektrowärmepumpe eingesetzt wird. Sie setzt den Strom in ein Vierfaches an Wärme um. (Jahresarbeitszahl 4).

Beispiel: 122 = 13 x 4 + 70

	Wirkungsgrad % Strom / Wärme	max. Nutzwärmepotenzial %	Feinstaub* (PM10) mg/MJ _{in} ^g
Kleinf Feuerung Stückholz	75	75	50
Kleinf Feuerung Holzschnitzel	80	80	90
Kleinf Feuerung Pellets	85	85	30
autom. Holzfeuerung, mit Filter	80	80	5 ^f
Holzheizkraftwerk (Dampf) mit Filter	13 / 70	122	5 ^f
Holzheizkraftwerk (Vergasung) mit Filter	25 / 55	155	0.7
Holzskraftwerk ohne Wärmenutzung, mit Filter ^a	30 bis 45	120 bis 180	5 ^f
SNG-Brennstoff in Gaskombikraftwerk	36 ^b / 10 ^c	154	0.7
SNG-Treibstoff (Wald bis Tank)	60 ^d / 10 ^c	–	0.7

a Grosskraftwerk, auf hohen el. Wirkungsgrad optimiert
b Bei Verstromung in Kombikraftwerk mit 60% Wirkungsgrad
c Lokale Abwärmenutzung von 10% bei SNG-Produktion
d Wirkungsgrad für SNG-Produktion

e Stellvertretend für gesamte Luftschadstoffemissionen
f Entspricht ca. 50% des Luftreinhalteverordnungs-Grenzwerts 2007
g MJ_{in} = Megajoule Energie im Holz

Holz im Tank und aus dem Gashahn

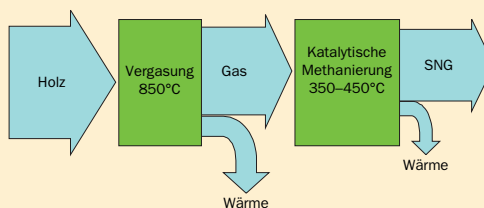
Die Produktion von Methan aus Holz ist eine umweltfreundliche und wirtschaftliche Alternative zur dezentralen Holzfeuerung. Energieholz wird in einen konventionellen Energieträger umgewandelt und so ein breites Spektrum von komfortablen Anwendungen erschlossen – auch unabhängig von Wärmenetzen. Ob man mit dem synthetischem Erdgas Treibstoffe ersetzt oder Strom und Wärme produziert, hängt von den politisch-finanziellen Rahmenbedingungen ab.

Holzvergaser verwendete man schon im Zweiten Weltkrieg, um Holz als Treibstoff nutzen zu können. Dieses Holzgas lässt sich aber aufgrund seiner Zusammensetzung nicht direkt ins Gasnetz einspeisen. Man muss es vorher chemisch so weit umwandeln, dass es vorwiegend aus brennbarem Methan besteht, dem Hauptbestandteil von Erdgas. Das PSI hat dafür die nötigen Grundlagen erforscht, die katalytische Methanierung. Dieses neue Verfahren wurde an ein in Österreich entwickeltes Holzvergassungsverfahren angepasst. Aus der Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Wien, dem Biomassekraftwerk Güssing und je einer Anlagenbaufirma aus der Schweiz und Österreich ist eine komplette Technologie für die Produktion von SNG entstanden. Sie wird nun im Rahmen eines EU-Projektes mit Unterstützung durch swisselectric research im industriellen Massstab erprobt und den Weg für eine erste kommerzielle Anlage in der Schweiz bereiten.

Ökologisch wünschenswert: möglichst viel Benzin und Diesel durch Holzgas ersetzen

Das hochwertige SNG lässt sich problemlos mit Erdgas mischen und über die bestehenden Gasnetze verteilen. Zusammen mit aufbereitetem Biogas aus der Vergärung von Grünabfällen und landwirtschaftlichen Reststoffen kann SNG fossiles Gas ersetzen, überall, wo Gas heute und in Zukunft gebraucht wird – vorzugsweise im Verkehr als emissionsarmer Treibstoff für Gasfahrzeuge. Das ist auch ökologisch sinnvoller, als es zum Heizen zu verwenden, wo es bereits klimafreundliche Alternativen zum Heizöl gibt. Längerfristig kann SNG auch zur Stromproduktion in gasgefeuerten Kraftwerken und WKK-Anlagen dienen. Eine SNG-Anlage, wie

Die Wichtigsten Stufen der Umwandlung von Holz zu SNG



60% des Brennwertes des Holzes finden sich im synthetischen Erdgas wieder, der Rest fällt als Wärme an, die zumindest teilweise als interne Prozesswärme oder zur Stromerzeugung genutzt werden kann.



Biomassekraftwerk Güssing (Burgenland, Österreich).

sie in fünf Jahren in der Schweiz denkbar ist, produziert jährlich aus 50 000 Tonnen Holz (bei 10 % Feuchtigkeit) 18 Mio. m³ SNG – genug, um eine Flotte von 13 000 Gasautos mit Treibstoff für je 15 000 km zu versorgen. Theoretisch möglich wären 20 Anlagen.

Kosten

Ist Holz für 70 Fr./m³ verfügbar, lässt sich daraus in Anlagen von ca. 20 MW Leistung SNG für 8–10 Rp./kWh produzieren. Das ist drei- bis viermal teurer als der Importpreis von sibirischem Erdgas. Der Holzpreis ist in zweifacher Hinsicht eine kritische Grösse. Liegt er zu tief, wird das Holz aus dem Wald gar nicht «geerntet». Verdoppelt er sich auf 140 Fr./m³, steigen die Gas-Produktionskosten auf 12 bis 14 Rp./kWh. Um unter diesen Bedingungen einen solchen Biotreibstoff erfolgreich am Markt einführen zu können, muss er, wie von der Politik in Aussicht gestellt, von der Mineralölsteuer befreit werden. Nutzt man das SNG in Gaskraftwerken oder Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, ergeben sich dank deren hoher Wirkungsgrade von 60 % und niedrigen Investitionskosten interessante Stromgestehungskosten. Mit 15 bis 20 Rp./kWh sind sie mit jenen von Holzwerkstoffen ähnlicher Grösse vergleichbar.

Internationale Dimension

Die Europäische Union hat sich ehrgeizige Ziele gesteckt für die Nutzung von Biomasse in der Energieversorgung. So sollen bis 2010 5,75 % des Treibstoffverbrauchs durch Biotreibstoffe gedeckt werden und bis 2020 sogar 8 %. Kurzfristig ist dieser Bedarf nur durch Ethanol oder Pflanzenöl aus eigens dafür angebauten Kulturen zu decken. Durch Vergasung gewonnene, synthetische Treibstoffe verwerten die Biomasse aber besser und bringen mehr Ertrag. Sie stehen daher heute im Zentrum des Interesses von Industrie und Technik. In der EU konzentriert man sich dabei auf Verfahren, die nach der Vergasung über die Fischer-Tropsch-Synthese (sog. Biomass to Liquids oder BTL) flüssige Dieseltreibstoffe erzeugen. Diese Technologie ist sehr aufwändig und nur in grossen Anlagen (500 bis über 1000 MW) wirtschaftlich. In der Schweiz gibt es dafür keine Standorte. Für die SNG-Produktion hingegen gehen wir von Anlagen aus, die zwanzigmal kleiner sind und zur geografisch-wirtschaftlichen Struktur der Schweiz passen. Allerdings wird auch die Produktion von SNG günstiger und attraktiver, wenn die Logistik rationeller zu bewältigen ist – d.h. wenn viel Holz vorhanden ist und die Transportwege kurz sind, wie in den waldreichen Gebieten Nordeuropas. Aus Skandinavien gibt es auch bereits Interesse für Anlagen der 100 MW-Klasse.

Produktions- und Nutzungsort entkoppeln

Was sind die wichtigsten Gründe für eine Aufbereitung von Bio- und Holzgas zu Erdgasqualität?

Grundsätzlich will man die energetische Nutzung von Biomasse ausbauen, um die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern zu senken und die Klimagas-Emissionen zu reduzieren. Die Biomasse-Potenziale sind aber begrenzt und auch nicht beliebig schnell erschliessbar. Daher ist es erforderlich, Biomasse möglichst effektiv und effizient einzusetzen. Gerade die Vergärung von feuchter Biomasse zu Biogas sowie die Vergasung von Holz zu SNG bieten die Chance, durch Aufbereitung und Einspeisung den Ort der Erzeugung vom Ort der Nutzung räumlich zu entkoppeln. Dadurch können z.B. Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen besser ausgelastet werden, da sie dort laufen, wo die Wärme gebraucht wird. Aber auch ganz neue Einsatzgebiete lassen sich erschliessen, wie etwa Gasfahrzeuge im Verkehr.

Nicht die Produktion, sondern der Einsatz von Biogas muss verlässlich gefördert werden

In der EU, vor allem in Deutschland, sieht man ein grosses Potenzial für die Produktion von synthetischem Diesel aus Holz. Wie stehen vor diesem Hintergrund die Chancen von SNG in der EU?

In Deutschland sind die Aktivitäten auf flüssigen Treibstoffen aus Biomasse (BTL) in erster Linie von der Automobilindustrie getrieben, die neue Perspektiven für die etablierte Dieselschiff-Technologie erschliessen möchte. Ungeachtet dessen zeichnet sich jedoch ab, dass SNG über die gesamte Umwandlungskette gesehen mit BTL vergleichbar ist. Der Rohstoff Holz kann also mit gleichen Wirkungsgraden als Treibstoff genutzt werden – und dies bei geringeren Luftschadstoff-Emissionen als beim synthetischen Diesel. Es ist allerdings noch offen, ob sich in Politik und Industrie Akteure finden, die die SNG-Technologie mit dem nötigen Nachdruck in den kommenden Jahren vorantreiben. Hier besteht Handlungsbedarf.

Wie würde sich ein massiver Ausbau der Einspeisung von erneuerbarem Gas auf den Betrieb der europäischen Gasnetze auswirken?

Diese Auswirkungen müssen im Kontext der langfristigen Entwicklung gesehen werden. In Deutschland z.B. entspricht der schrittweise Aufbau eines Einspeisepotenzials aus Biogas in etwa dem gleichzeitigen Rückgang der heimischen Erdgasförderung, es findet quasi ein 1:1 Ersatz statt. Langfristig können zudem die Lieferstrukturen beim Bezug von Gas aus dem Ausland angepasst werden. So sind grundsätzlich keine Einschränkungen zu erwarten, insbesondere wenn mit dem Verkehr ein neuer Absatzmarkt mit konstant hohem Bedarf erschlossen werden kann. Mögliche Engpässe auf lokaler Ebene bleiben hiervon allerdings unberührt und erfordern gegebenenfalls gezielte Massnahmen zur Netzverstärkung.

Kann das Gasnetz eine Speicherfunktion für Biogas übernehmen?

In geringen Mengen prinzipiell ja. Die Frage wird allerdings eher sein, inwieweit sich die Biogasproduktion durch flexible Anlagenführung und stundenweise Zwischenspeicherung an die Schwankungen im Erdgasbedarf (Sommerminimum, Tag-Nacht-Schwankungen) anpassen lässt.

Unter welchen Voraussetzungen kann ein Markt für erneuerbares Gas entstehen?

Nicht die Produktion, sondern der Einsatz von Biogas in Anwendungen mit hoher Klimaschutzeffizienz muss verlässlich und langfristig gefördert



Dr. Ing. Stephan Ramesohl ist Autor einer umfassenden Studie über die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz*. Sie wurde 2006 im Rahmen seiner Tätigkeit

am Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie veröffentlicht, wo er das Fokusprojekt «Neue Energieträger und Kraftstoffe» in der Forschungsgruppe «Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen» leitet. Stephan Ramesohl ist Wirtschaftsingenieur (Universität (TH) Karlsruhe) und Volkswirtschaftler (Universität Aix-Marseille II) und promovierte am Fachbereich Elektrotechnik/Elektrische Energiesysteme der Universität Paderborn.

*www.dvgw.de/aktuelles/presse/pm03_06.html

werden. Gleichzeitig ist eine verursachergerechte Belastung der fossilen Energieträger mit den echten Umweltkosten (z.B. durch CO₂-Zertifikate) hilfreich.

Treibstoff oder Strom: was macht für den Rohstoff Holz mehr Sinn?

Dies kommt auf den Kontext des jeweiligen Energiesystems an. Strom aus deutschen Kohlekraftwerken zu ersetzen spart mehr CO₂ als wenn wir Benzin oder Diesel im Verkehr ersetzen. Saubere Wasserkraft zu verdrängen macht wenig Sinn. In jedem Fall darf man Bioenergieoptionen nie isoliert bewerten, im Gegenteil, sie sollten stets Teil einer übergeordneten Gesamtstrategie für eine nachhaltige Energieversorgung sein. Leider fehlt eine solche in den meisten Fällen.

Impressum

Energie-Spiegel ist der Newsletter des PSI zur ganzheitlichen Betrachtung von Energiesystemen (Projekt GaBE). Er erscheint alle vier Monate. Beiträge zu dieser Ausgabe von Dr. Samuel Stucki und Alfred Waser.

ISSN-Nr.: 1661-5093

Auflage: 15 000 Ex. Deutsch, 4000 Ex. Französisch, 800 Ex. Englisch
Bisherige Ausgaben als Pdf (D, F, E):
<http://gabe.web.psi.ch/>

Verantwortlich für den Inhalt:

Paul Scherrer Institut
Dr. Stefan Hirschberg
5232 Villigen PSI, Schweiz
Tel. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
www.psi.ch/GaBE

Redaktion: Ruth Schmid

Verteilung und Subskription:
renate.zimmermann@psi.ch

Layout: Irma Herzog

Energiesystem-Analysen am PSI: Ziel der Energiesystem-Analysen am Paul Scherrer Institut, Villigen, ist eine umfassende und detaillierte Beurteilung heutiger und zukünftiger Energiesysteme. Betrachtet werden neben Technologien insbesondere gesundheitliche, ökologische und ökonomische Kriterien. Auf der Basis von Life Cycle Assessment (LCA), energiewirtschaftlichen Modellen, Risikoanalysen, Schadstoff-Ausbreitungsmodellen und schliesslich einer Multikriterien-Analyse ist es möglich, unterschiedliche Energieszenarien zu vergleichen, um Grundlagen für politische Entscheidungen zu schaffen.

Zusammenarbeiten mit:

ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Massachusetts Institute of Technology (MIT); University of Tokyo; Europäische Union (EU); International Energy Agency (IEA); Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD); Organisation der Vereinten Nationen (UNO)