

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 39

**Artikel:** Holz als Brennstoff für WKK-Anlagen: Holzvergasung und Wärmekraftkopplung im Dienste des Umweltschutzes  
**Autor:** Schmid, Reto  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-86017>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

Aussagen über deren ökologische Qualitäten zu präzisieren. Die erhöhte Umweltsensibilisierung muss von der Holzindustrie als Chance wahrgenommen werden: Die eindeutig vorhandenen positiven Eigenschaften von Holz (siehe Kasten) können auf der Basis konkret dargestellter Zusammenhänge als Argumente für eine Verwendung als Bau- und Werkstoff eingesetzt werden. Dazu ist es notwendig, sowohl übergeordnete Sachverhalte als auch produktspezifische Details zu erkennen und deutlich zu machen.

Die Umsetzung der aufgezeigten Möglichkeiten setzt neben einem gesteigerten

Problembewusstsein voraus, dass der Informationsfluss zwischen den in der Holzbranche Beteiligten besser als bisher funktioniert. Einerseits müssen Kundenwünsche erkannt und umgesetzt werden, andererseits müssen mögliche Konsequenzen ökologischer Verarbeitung deutlich dargestellt werden. Holz kann ohne weiteres unter Verzicht auf jegliche Veredelungsprozesse und ohne Zusatzstoffe eingesetzt werden. Dass dies oftmals nicht die ökologisch beste Lösung ist, muss dem Verbraucher verdeutlicht werden. Die ungedämmte Aussenwand aus ungetrocknetem

Rundholz ist gesamtenergetisch ebenso unsinnig wie ein Rohholzfenster, aus dem nach wenigen Jahren holzzerstörende Pilze wachsen. Hier bedarf es der Aufklärung und Beratung durch gut informierte Fachleute, damit vermieden wird, dass enttäuschte Kunden nach einer «Holz-Öko-Lösung» zu umweltbezogen ungünstigeren Ersatzprodukten oder Bauweisen wechseln.

Adresse des Verfassers: Dr. Klaus Richter, dipl. Holzwirt, EMPA Abteilung Holz, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

## Holz als Brennstoff für WKK-Anlagen

Holzvergasung und Wärmekraftkopplung im Dienste des Umweltschutzes

**Die Technologie zur Erzeugung von Holzgas und dessen Nutzung zur Wärmeerzeugung sowie zum Antrieb von Motoren ist seit Jahrzehnten bekannt. Diese Technologie könnte einen Beitrag zum Umweltschutz und zur Substitution anderer Energieträger leisten, wie eine Untersuchung im Auftrag der Fachstelle für Wasser- und Energiewirtschaft des Kantons Graubünden zeigt [1]. Der nachstehende Aufsatz vermittelt einen Überblick über den heutigen Stand der Technik, deren Kosten, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit.**

### Technologie

Es ist seit langem bekannt, dass beim Verglühen von Biomasse (Holz, Torf, Stroh usw.) unter Luftmangel brennbare

VON RETO SCHMID,  
MAIENFELD

Gas entsteht. Dieses kann zu Heizzwecken direkt verfeuert werden. Nach einer Reinigung (Teer, Phenol usw.) kann es auch zum Antrieb von Verbrennungsmotoren dienen. Je nachdem, wie sich Holz und Gas im Vergaserkessel gegen- oder miteinander bewegen, unterscheidet man die beiden folgenden Hauptverfahren: Gegenstrom- oder Gleichstromvergaser (Bild 1). Beide Verfahren besitzen spezifische Vor- und Nachteile hinsichtlich Verwendbarkeit von Biomasse, Gasreinheit, Wirkungsgrad und Leistungsspektrum. Zurzeit werden diverse Abarten der beiden Hauptverfahren entwickelt oder getestet. Holz kann auch im Wirbelschichtofen direkt verfeuert und die Wärme zur Dampferzeugung genutzt werden. Mit

dem Dampf werden Dampfturbinen und damit gekoppelte Stromgeneratoren oder Wärmepumpen angetrieben (Bild 2).

### Wärmekraftkopplung

Die Wärmekraftkopplung mit Holz als Energieträger ist auf drei Arten möglich, die in den Bildern 1 und 2 schematisch dargestellt sind.

Beim ersten Verfahren wird energiereiches Holzgas nach dem Durchlaufen einer Reinigungsstufe zum Antrieb von Gasmotoren eingesetzt, deren Betrieb mit erdgasbetriebenen WKK-Anlagen verglichen werden kann. Der Verbrennungsmotor seinerseits treibt wahlweise einen Stromgenerator oder eine Wärmepumpe. Der Leistungsbereich liegt zwischen 200 kW<sub>th</sub> und 2 MW<sub>th</sub>. Beim Antrieb eines Stromgenerators kann ein Gesamtwirkungsgrad der Anlage von rund 72% angenommen werden, wovon 1/3 auf die Strom- und 2/3 auf die Wärmeerzeugung entfallen. Beim Betrieb einer Wärmepumpe beträgt der Gesamtwirkungsgrad «Wärme» rund 120%.

Beim zweiten Verfahren wird einer Kolbenmaschine, dem Stirlingmotor, kontinuierlich Wärme zugeführt, wodurch das geschlossene Zylinder-Kolben-System Arbeit verrichtet. Die Wärme kann in einem Holzvergaserkessel nach bekannter und erprobter Technologie durch direkte Verfeuerung des Holzgases erzeugt werden. Dadurch entfallen sowohl die Reinigung des Holzgases als auch die spezielle Abwasserentsorgung. Der mögliche Leistungsbereich umfasst einige kW bis rund 100 kW. Die Wärme kann maximal bis zu 30% in mechanische Arbeit umgesetzt werden. Der Rest ist weiterhin nur wärmetechnisch nutzbar.

Das dritte Verfahren ist in Bild 2 dargestellt. In diesem Fall ist es gleichgültig, ob das Holz direkt im Wirbelschichtofen verbrannt und die Wärme zur Dampferzeugung genutzt oder zunächst Holzgas produziert und anschliessend ebenfalls zur Dampferzeugung verwendet wird. Es kommen sowohl Kondensationsturbinen mit einer Leistung über 4 MW<sub>th</sub> als auch Gegendruckturbinen mit Leistungen über 1 MW<sub>th</sub> zum Einsatz. Der wesentliche Unterschied bei den Turbinen liegt in den Anteilen an der Strom- und Wärmeerzeugung. Gegendruckturbinen liefern zu rund 15% Kraft und zu rund 85% Wärme. Bei Kondensations-

### Literatur

- [1] Reto Schmid, Januar 1991, «Untersuchung über die Verwendung von Holz zum Antrieb von Wärmekraftkopplungsanlagen»
- [2] BEW/ATAL, Forschungsprojekt Holzvergasung-Altholz, «Holzvergasungsanlagen in Europa im Bereich 2 bis 5 MW thermisch»

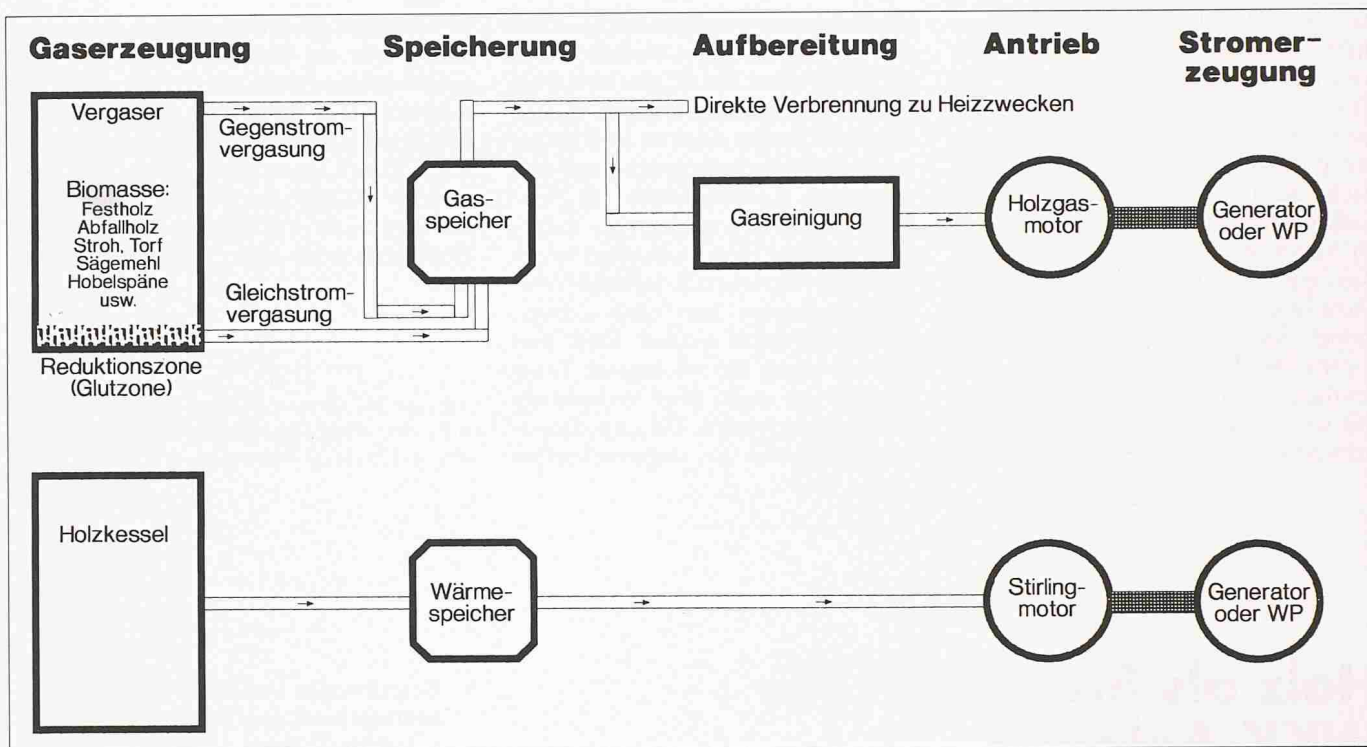


Bild 1. Technologie der Biomassevergasung und Nutzung des erzeugten Gases

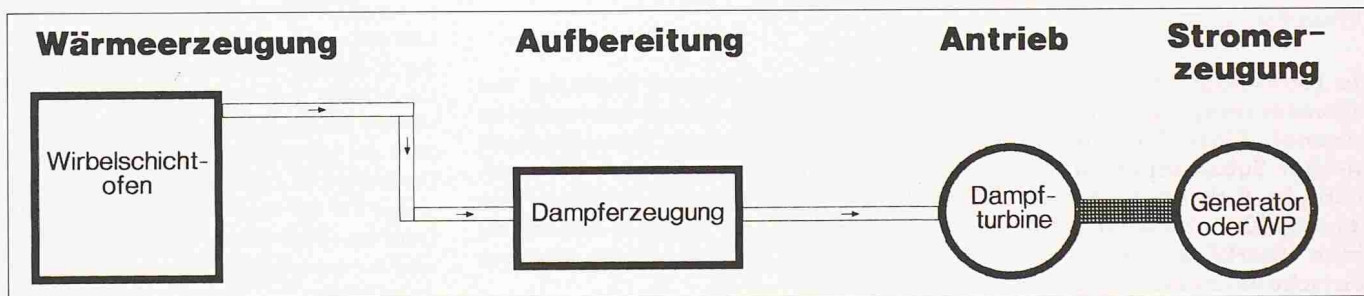


Bild 2. Wärmekraftkopplung mit Wirbelschichtofen (mit oder ohne Abgasreinigung) und Dampfturbine

turbinen liegen die Werte für Kraft bei 25–30% und für Wärme bei 70–75%.

Einen Sonderfall stellt die Verwendung des bei der Holzkohleproduktion (Grill-, Aktiv- und Medizinalkohle) anfallenden, energiearmen Gases und Pyrolyseöls zur Wärmeerzeugung und anschließendem Antrieb eines Motors dar. Eine wirtschaftliche Bedeutung ist in diesem Fall jedoch nicht zu erwarten.

**Kosten und Wirtschaftlichkeit**

Die spezifischen Investitionskosten hängen stark von der Anlagegröße ab. Es muss mit folgenden Investitionskosten gerechnet werden:

**Gasmotoren:**  
 rund Fr. 1500.–/kW bei rund 1 MW<sub>th</sub>  
 rund Fr. 3000.–/kW bei rund 200 kW<sub>th</sub>

**Stirlingmotoren:**  
 keine Angaben, da Entwicklung zu wenig weit fortgeschritten

**Kondensationsturbine:**  
 rund Fr. 900.–/kW bei rund 4 MW<sub>th</sub>

**Gegendruckturbine:**  
 rund Fr. 1100.–/kW bei rund 1 MW<sub>th</sub>  
 Zum Vergleich:

**Holzsnitzelfeuerung:**  
 rund Fr. 800.–/kW bei rund 1 MW<sub>th</sub>  
 rund Fr. 1500.–/kW bei rund 50 kW<sub>th</sub>

Beim Holz als Energieträger ist nach Alt- und Energieholz zu unterscheiden. Ersteres ist gratis erhältlich und bei zweitemer liegt der Schnitzelpreis bei ca. Fr. 160.– pro Tonne. Unter diesen Bedingungen ergeben sich etwa folgende Wärmekosten:

Diese Zahlen belegen, dass der Einsatz von Energieholz bei den zur Zeit üblichen Preisen im Vergleich zum Öl unwirtschaftlich ist. Somit befinden sich walddreiche Regionen in keiner bevorzugten Situation. Hingegen ist Altholz zumeist kostenlos erhältlich. Daher sind mit Altholz betriebene WKK-Anlagen bereits heute mit dem Öl konkurrenzfähig. In der Schweiz fallen jährlich rund 900 000 t Altholz an, was ein erhebliches Energiepotential darstellt. Nähere Angaben zur Altholz-Verwertung sind in einer Forschungsarbeit des BEW und des ATAL des Kantons Zürich niedergelegt [2].

|                    | Altholz  | Energieholz   |
|--------------------|--|---------------|
| Gasmotor:          | 4.42 Rp./kWh   | 12.75 Rp./kWh |
| Dampfturbinen:     | 3.03 Rp./kWh   | 8.91 Rp./kWh  |
| Zum Vergleich:     |  |               |
| Schnitzelfeuerung: | 2.93 Rp./kWh   | 7.80 Rp./kWh  |
| Ölfeuerung:        | 5.49 Rp./kWh bei nachgeschalteter Rauchgasreinigung  |               |
|                    | 5.5 Rp./kWh bei 50.00 Fr./100 kg Heizöl extra leicht |               |

**Lieferantenverzeichnis:**

- Imbert Energietechnik GmbH, Bonnerstr. 49, D-5354 Weilerswist (Holzvergaser)
- Schwelm Anlagen + Apparate GmbH, Loher Str. 1, D-5830 Schwelm (Holzvergaser)
- Ahlstrom Bioneer Oy, E-O. Box 39, SF-20 781 Kaarina (Holzvergaser)
- Ökozentrum Langenbruck/Schweiz (Stirlingmotoren)
- Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 1913, D-5170 Jülich 1 (Holzvergaser)
- BTG Biomass Technoloy Group, University of Twente, P-O. Box 217, NL-7500 AE Enschede (Holzvergaser)
- Bio-Alternative SA, Case Postale, CH-2063 Engollon (Holzkohlenanlagen)
- Helmut Juch, Haselweg 707, CH-4614 Hagendorf (Holzvergaser)

**Umweltverträglichkeit**

Gasmotoren, Stirlingmotoren, Dampfturbinen sowie automatische Schnitzel-

feuerungen sind hinsichtlich Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffen gleich zu beurteilen. Bei den Stickoxiden besitzen die Gasmotoren einen leichten Vorteil, da die Stickoxide allenfalls ohne nachgeschaltete Massnahmen reduziert werden können.

Altholz kann in erheblichen Mengen problematische Schadstoffe wie Blei, Zink, Cadmium, Kupfer, Chlor und Fluor enthalten. Versuche haben jedoch gezeigt, dass diese unter günstigen Bedingungen in den Schlacken von Holzgasanlagen gebunden werden. Damit könnte auf teure Reinigungsverfahren verzichtet werden, was einen Vorteil gegenüber den automatischen Schnitzelfeuerungen darstellt.

**Anlagebeispiele***Gasmotoren*

In der Bundesrepublik besteht seit 1989 eine Prototypanlage der Fa. Efeu. Die Anlage ist mit aufwendigen Gas- und Abwasserreinigungseinrichtungen ausgerüstet. Es liegen erst wenige, jedoch

erfolgsversprechende Ergebnisse vor. In Italien ist eine Anlage der finnischen Fa. Ahlstrom geplant.

In der Schweiz sind zurzeit keine praxistauglichen Systeme erhältlich, die einen befriedigenden Betrieb unter Einhaltung der schweizerischen Umweltschutzvorschriften gewährleisten.

*Stirlingmotoren*

Im Ökozentrum Langenbruck befindet sich eine Prototypanlage von max. 2,2 kW Leistung in der Erprobung. In Japan soll es einen funktionierenden Stirlingmotor mit 30 kW Leistung geben.

*Dampfturbinen*

Gemäss Angaben mehrerer Lieferanten werden bereits diverse Holzvergaser mit Feuerungsanlagen für die Wärmeerzeugung in Europa und Übersee erfolgreich betrieben. Eine Kombination mit Dampfturbinen ist offensichtlich problemlos realisierbar.

Adresse des Verfassers: *Reto Schmid*, Masch.-Ing. HTL, Im Zogg, 7304 Maienfeld.

**«Sagastäg»-Brücke in Schiers GR**

**Die Erstellung der «Sagastäg»-Brücke über die Landquart bei Schiers ist ein Pilotprojekt des Impulsprogrammes Holz. Sie zeigt, dass Bergholz durchaus auch höherwertig verarbeitet werden kann. Sie ist darüber hinaus ein weiteres bemerkenswertes Beispiel des modernen Holzbrückenbaus.**



«Sagastäg»-Brücke über die Landquart

Die Gemeinde Schiers benötigte infolge eines Forstprojektes eine leistungsfähige Brücke über die Landquart. Die be-

VON WALTER BIELER,  
BONADUZ

stehende Stahlfachwerkbrücke aus dem Baujahr 1911, mit einer Tragkraft von 4 Tonnen, genügte den heutigen Anforderungen nicht mehr. Zuvor stand an dieser Stelle schon eine Holzbrücke.

Nach verschiedenen Projektstudien entschied sich die Gemeinde Schiers unter Berücksichtigung vieler Kriterien für eine Brücke in Holz.

Neben der geforderten «unbeschränkten» Tragfähigkeit sollte die Brücke auch eine neuzeitliche Form erhalten. Der Wirtschaftlichkeit, niedrigen Unterhaltskosten und hoher Lebensdauer wurde ebensoviel Bedeutung beigemessen.

**Impulsprogramm Holz**

Die Erstellung der «Sagastäg-Brücke» ist auch ein Pilotprojekt des IP Holz und zeigt beispielhaft, wo die Chancen und Grenzen liegen. Es zeigt auch, dass Bergholz höherwertig verarbeitet werden kann.

Das Impulsprogramm Holz ist ein Programm des Bundesamtes für Konjunk-