

Automatische Holzheizungen und Stromerzeugung aus Holz

## Mit Holz heizen aus Distanz

Holzheizungen können direkt fossile Energieträger substituieren. Dabei ist entscheidend, dass gesundheitsschädlicher Feinstaub durch gute Feuerungen und korrekten Betrieb auf ein Minimum reduziert wird. (Der Schweizerische Hauseigentümer Nr. 19/2006). Energieholz wird aber vermehrt auch in grösseren automatischen Heizungen für Grossverbraucher oder für Wärmenetze genutzt. Daneben bietet auch die Stromerzeugung aus Holz ein zunehmendes Potenzial.

Thomas Nussbaumer\*

Sofern automatische Holzfeuerungen korrekt und mit geeignetem Brennstoff betrieben werden, können die Anforderungen an eine vollständige Verbrennung zur Vermeidung von Russ und Teer weitgehend erfüllt werden. Automatische Holzheizungen sind schon für Leistungen unter 100 kW verfügbar, meist kommen jedoch Anlagen ab 250 kW bis 2 MW zum Einsatz. In Einzelfällen kommen noch wesentlich grössere Leistungen in Frage, wobei dann auch eine Stromerzeugung mit Wärmekraftkopplung möglich ist. Die spezifischen Kosten zur Wärmekraftkopplung sind allerdings für Anlagen unter 10 MW sehr hoch und die elektrischen Wirkungsgrade mit 10% bis 20% gering. Interessante Einsatzgebiete zur Wärmekraftkopplung ergeben sich deshalb vor allem für grössere Prozesswärmeverbraucher wie zum Beispiel grosse Holzverarbeitende Betriebe.

Für typische Heizanwendungen kommen vor allem Unterschub- und Rostfeuerungen zum Einsatz (Bild 1 und 2). Beide Verbrennungstypen verfügen über eine zweistufige Verbrennung mit Primärluft zur Umwandlung des Holzes in brennbare Gase sowie eine nachgeschaltete Ausbrandzone mit Zufuhr von Sekundärluft. Bei Rostfeuerungen besteht zudem die Möglichkeit, die Luftzufuhr durch den Rost auf mehrere Zonen aufzuteilen und auch Brennstoffe mit hohem Aschegehalt zu nutzen. Daneben existieren auch Feuerungen mit Unterschubbeschickung und Ausbrandrost sowie Sonderbauformen mittels Rotationsgebälde zur Verwirbelung der Gase in der Brennkammer (Bild 3 und 4). Für Leistungen über 5 MW kommen zudem auch Wirbelschichtfeuerungen zum Einsatz, bei welchen der Brennstoff durch die durchströmende Luft in Schwebe gehalten wird, was dank guter Vermischung der Gase eine Verbrennung bei tiefem Luftüberschuss und hohem Wirkungsgrad ermöglicht.

Wegen der grösseren Dimensionen und des höheren technischen Aufwands weisen Holzheizungen deutlich höhere Investitionskosten als Öl- oder Gasheizungen auf. Die Gesamtkosten, welche sich aus Kapital- und Betriebskosten zusammensetzen, hängen aber auch massgeblich vom Brennstoffpreis ab. Bei heute typischen Preisen von 5 Rp./kWh für Holz und von 8 Rp./kWh für Heizöl (80 Franken pro 100 Liter) ist Wärme aus einer automatischen Holzheizung ohne Feinstaubabscheider für Leistungen bis zu 500 kW rund 3 Rp./kWh oder 25% teurer als Wärme aus Heizöl (Bild 5). Bei 1 MW Leistung sind Holz und Heizöl wirtschaftlich annähernd gleichwertig.

### Feinstaub aus automatischen Holzfeuerungen

Damit automatische Holzheizungen auch im Praxisbetrieb geringe Emissionen an organischem Feinstaub aufweisen, ist ein stationärer Betrieb mit hohen Verbrennungstemperaturen anzustreben. Dies setzt eine geeignete Auslegung der Anlage voraus, da eine Überdimensionierung erhöhte Emissionen durch Schwachlastbetrieb und häufiges Anfahren verursachen kann. Zur Gewährleistung einer optimalen Planung wird die Qualitätssicherung „QM Holzheizwerke“ angeboten, während für ältere Anlagen eine periodische Systemoptimierung empfohlen wird.

Gut betriebene automatische Holzfeuerungen verursachen dann noch Feinstaubemissionen, welche aus Aschebestandteilen gebildet und durch hohe Temperaturen im Brennstoffbett begünstigt und nahezu vollständig anorganischer Natur sind. In gewissem Mass ist eine Reduktion dieses Feinstaubes durch stark reduzierte Luftzufuhr im Glutbett und besondere Gestaltung des Feuerraums möglich, wie im Rahmen eines Forschungsprojekts gezeigt wurde. Für eine weitergehende Reduktion ist jedoch der Einsatz von Feinstaubabscheidern erforderlich. In der Schweiz werden ab 2007 für Anlagen ab 1 MW und später auch für kleinere Leistungen verschärfte Emissionsgrenzwerte eingeführt, welche eine Feinstaubabscheidung erforderlich machen. Dazu kommen Elektroabscheider und Gewebefilter zum Einsatz. In Elektroabscheidern werden die Partikel in einem elektrischen Feld aufgeladen und anschliessend an einer metallischen Elektrode abgeschieden, während die Abscheidung bei Gewebefiltern auf einer Filterschicht erfolgt. Da die Partikel grossteils anorganisch sind, ist kein Abbrennen wie bei Dieselpartikelfiltern Filterasche als zu entsorgender Rückstand anfallt.

Der Einsatz von Feinstaubabscheidern erlaubt eine Reduktion der Emissionen von 50 bis 150 mg/m<sup>3</sup> (bei 13 Vol.-% O<sub>2</sub>) auf Garantiewerte von unter 20 mg/m<sup>3</sup>, wobei in der Praxis bei korrektem Betrieb Werte von deutlich unter 10 mg/m<sup>3</sup> möglich sind. Diese Feinstaubemissionen sind somit kaum mehr relevant. Feinstaubabscheider stehen heute standardmässig für Leistungen ab rund 500 kW zur Verfügung und verteuern die Wärme aus Holz für diese Leistung um knapp 2 Rp./kWh oder um rund 10% bis 15% (Bild 5). Für grössere Leistungen sinkt die prozentuale Verteuerung, weshalb für Neuanlagen bereits heute der Einbau von Feinstaubabscheidern empfohlen wird.

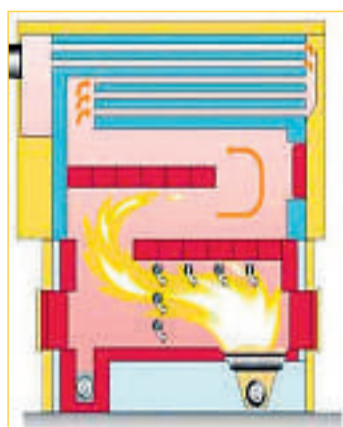


Bild 1: Unterschubfeuerung. Bild: Müller



Bild 2: Rostfeuerung. Bild: Schmid



Bild 3: Unterschubfeuerung mit rotierendem Rost. Bild: Wärtsilä

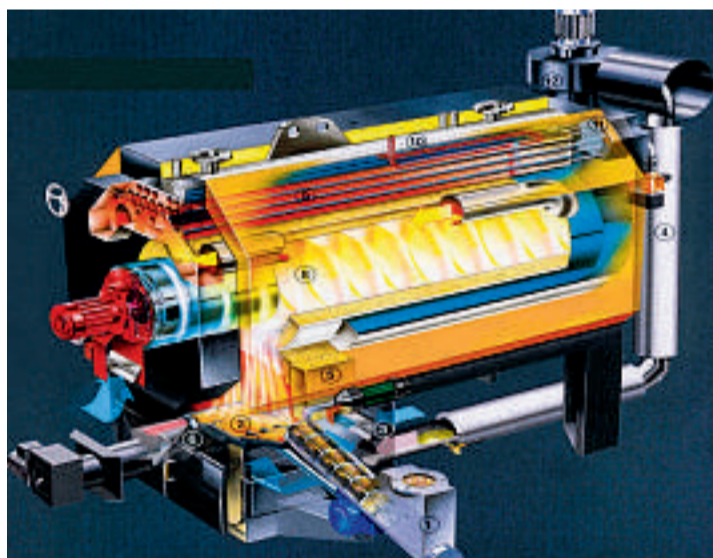


Bild 4: Rostfeuerung mit Rotationsbrennkammer. Bild: Kób

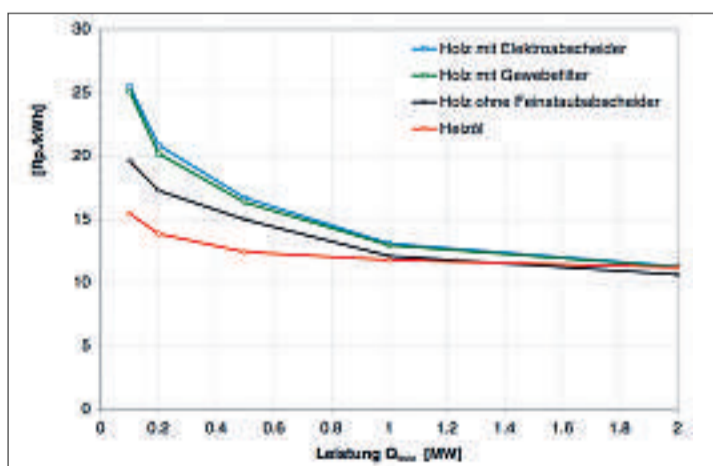


Bild 5: Wärmegestehungskosten exklusive Wärmeverteilung für Holz mit und ohne Feinstaubabscheider sowie für Heizöl bei Brennstoffpreisen von 5 Rp./kWh für Holz und 8 Rp./kWh für Heizöl sowie einen Kapitalzins von 5% p.a. Bild: Verenum

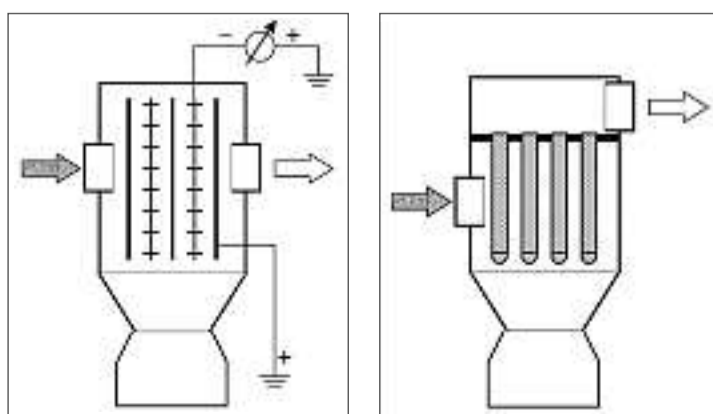


Bild 6: Prinzip von Elektroabscheider (links) und Gewebefilter (rechts) zur Feinstaubabscheidung. Bild: Verenum

Nebst Feinstaub verursachen automatische Holzheizungen auch höhere Emissionen an Stickoxiden (NOx) als Öl- und Gasfeuerungen, weil im Holz Stickstoff in Form von Amininen enthalten ist, welcher bei der Verbrennung teilweise oxidiert wird. In Forschungsarbeiten wurden deshalb Konzepte zur Luft- und Brennstoffstufung entwickelt, welche eine Stickoxidreduktion um 50% bis 80% erzielen. Diese Möglichkeiten bieten somit noch ein Potenzial zur Stickoxidminderung, welches allerdings noch in die Praxis umgesetzt werden muss.

### Potenzial von Strom aus Holz

Für neue Einfamilienhäuser lohnt sich in der Regel der Bau eines Wärmenetzes nicht, weil mit einzelnen Kleinverbrauchern keine ausreichende Anschlussdichte erreicht wird. Für bestehende Gebäude ist dagegen entscheidend, vorab den Energiebedarf durch technische Massnahmen zu reduzieren. Eine gute dezentrale Heizung ist deshalb für kleine Verbraucher oft wirtschaftlicher als ein Wärmenetz.

Um energetisch optimierte Einfamilienhäuser mit erneuerbarer Energie zu versorgen, bieten sich unter anderem Solarenergie und Umgebungswärme an, erstere vor allem für Warmwasser, Umgebungswärme mittels Wärmepumpen auch zur Gebäudeheizung. Allerdings benötigen Wärmepumpen Strom, weshalb eine Wärmepumpenheizung nur dann nachhaltig ist, wenn sie mit erneuerbarem Strom versorgt wird. Heutige Wärmepumpen können aus 1 Kilowattstunde Strom zwischen 2,5 und bis zu mehr als 3,5 Kilowattstunden Nutzwärme erzeugen, bei optimierten Gebäuden und Anlagen sind noch deutlich höhere Werte möglich. Dieses Verhältnis zwischen Nutzwärme und Stromeinsatz wird als Jahresarbeitszahl bezeichnet und die Differenz zwischen Stromeinsatz und Wärmezeugung stammt aus der Umgebungswärme.

Für einen vermehrten Einsatz von Wärmepumpen müsste zusätzliche Kapazität an erneuerbarem Strom bereitgestellt werden. Dazu kommt unter anderem auch die Stromerzeugung aus Holz in Frage. Eine mit Strom aus Holz betriebene Wärmepumpe wäre dann eine indirekte Heizung mit Holz. Dies kann dann sinnvoll sein, wenn der Gesamtwirkungsgrad mindestens gleich gross ist wie derjenige einer Holzheizung. Eine gute Holzheizung erzielt bei korrektem Betrieb rund 80% Jahresnutzungsgrad. Sofern Strom aus Holz mit 30% Wirkungsgrad erzeugt und in einer Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl 3 genutzt wird, resultiert ein Heizungswirkungsgrad aus Holz von 90%. Wenn noch die Verluste für die Elektrizitätsverteilung berücksichtigt werden, ist diese Anwendung vergleichbar oder knapp besser als eine Holzheizung.

Das Beispiel von 30% elektrischem Wirkungsgrad entspricht einem kleinen Dampfkraftwerk mit rund 25 MW elektrischer Leistung. Da noch deutlich höhere Gesamtwirkungsgrade möglich sind, sollte Holz allerdings für entsprechend effizientere Anwendungen eingesetzt werden. So kann zum einen der Gesamtwirkungsgrad durch Wärmekraftkopplung erhöht werden, sofern grosse Wärmeverbraucher versorgt werden können. Daneben kommt aber auch der Einsatz neuer Kraftwerkstechniken in Frage, welche deutlich höhere Stromwirkungsgrade erzielen. So sind

mittels Holzvergasung und Nutzung des Gases in einem Kombikraftwerk mit Gas- und Dampfturbine elektrische Wirkungsgrade von 40% bis 45% möglich. Entsprechende Kraftwerke kämen ab rund 50 MWe in Frage. Aus ökonomischen Gründen wäre allerdings für die Schweiz eine Anlagengrösse von rund 150 MWe ideal, was etwa einem Zehntel der Grösse eines modernen Kohle- oder Kernkraftwerks entspricht. Gemäss heutigen Potenzialabschätzungen könnte ein solches Holzwerk rund ein Viertel des ungenutzten Energieholzes der Schweiz nutzen und damit jährlich rund 900 GWh Strom oder 1,5% des heutigen Strombedarfs erzeugen.

Mit heutigen Wärmepumpen werden damit indirekte Heizungswirkungsgrade von 3 mal 40% bis 45%, also 120% bis 135% abzüglich der geringen Verluste für die Stromverteilung erreicht. Mit besseren Wärmepumpenheizungen wären sogar über 160% Heizungswirkungsgrad möglich, was einer doppelt so hohen Ausnutzung wie mit Holzheizungen entspricht. Ein solches Kraftwerk würde zudem nur minimale Feinstaubemissionen aufweisen und könnte deshalb als Ergänzung zu gut ausgelegten und betriebenen Holzheizungen sinnvoll sein. Dies hätte zudem den Vorteil, dass in einer Anlage dieser Grösse auch minderwertige Energieholzsorimente genutzt werden könnten, welche in Kleinanlagen verboten sind und heute zum Teil durch unerlaubte Verwendung hohe Emissionen und Betriebsprobleme verursachen. Entsprechende Brennstoffe sind vorab Rest- und Altholz, in Zukunft käme auch die Nutzung ausgewählter landwirtschaftlicher Reststoffe in Frage.

Falls in der Schweiz, wie derzeit diskutiert, ein Erdgas-Kombikraftwerk zur Sicherstellung der Stromversorgung ab dem Jahr 2020 gebaut wird, wäre auch eine Angliederung einer Holzvergasungseinheit an ein Erdgaskraftwerk möglich. Die vorgeschlagene Leistung von 150 MWe aus Holz entspricht etwa einem Viertel der Grösse eines typischen Erdgaskraftwerks. Durch Angliederung einer Holzheizung und Zuführung des Holzgases im Gaskraftwerk könnten somit immerhin rund 25% des fossilen CO<sub>2</sub> eingespart werden.

### Fazit

Automatische Holzheizungen sind für grosse Einzelverbraucher oder für Wärmenetze geeignet. Mit naturbelassenem Holz weisen solche Anlagen zwar vergleichsweise hohe Feinstaubemissionen auf. Diese sind jedoch salzig und deutlich weniger gesundheitsschädlich als Russ und Teer. In Zukunft kommen dennoch Feinstaubabscheider zum Einsatz, so dass die Restemissionen kaum mehr relevant sind. Als Alternative bietet sich auch die Stromerzeugung an. Dazu sollten allerdings neue Techniken mittels Holzvergasung und Kombikraftwerk realisiert werden, welche deutlich höhere Wirkungsgrade als heutige Techniken ermöglichen. Für dezentrale Heizanwendungen könnten dann Wärmepumpen eingesetzt werden. Dadurch könnte eine maximale Brennstoffausnutzung mit minimalen Feinstaubemissionen erreicht werden.

\*PD Dr. sc. techn. Th. Nussbaumer ist Inhaber des Ingenieurbüros Verenum in Zürich, www.verenum.ch

Reklame

www.promotec.ch

**Wer saniert Rohre schnell?**

**Promotec.**

Infos: 061 711 32 53

Promotec AG, 4153 Reinach/BL