

Feuerungstechnik und Einsatzgebiete von Stückholzfeuerungen

Bei der Technik der Stückholzheizungen wurden in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt. Dank optimierter Feuerungstechnik werden hohe Wirkungsgrade und geringe Emissionen erreicht, zum Teil noch unterstützt durch den Einsatz einer elektronischen Regelung. In Verbindung mit einem Wärmespeicher erhöht sich zudem der Heizkomfort, und Verbrennungsphasen mit hohen Emissionen lassen sich vermeiden.

PD Dr. Thomas Nussbaumer befasst sich als diplomierter Maschineningenieur ETH seit 20 Jahren mit den Techniken zur Wärme- und Stromerzeugung aus Holz. Er ist Inhaber des Ingenieurbüros Verenum in Zürich, Privatdozent an der ETH Zürich und Vizepräsident von Holzenergie Schweiz. Die Firma Verenum beschäftigt vier Ingenieure und bietet Beratungen und Dienstleistungen an im Bereich Forschung, Entwicklung, Messungen, Konzepte, Ausbildung und Qualitätssicherung. Ziel der Arbeiten sind minimale Emissionen und hohe Wirkungsgrade. thomas.nussbaumer@verenum.ch
 Weitere Informationen zur Tätigkeit und vertiefende Publikationen sind verfügbar bei Verenum, Langmauerstrasse 109, 8006 Zürich oder unter www.verenum.ch

Thomas Nussbaumer*

Eine optimal ausgelegte Stückholzheizung kann deshalb sinnvoll dazu beitragen, fossile Brennstoffe zu substituieren. Dies

ist notwendig, um den Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu stoppen und den gezielten Einsatz fossiler Rohstoffe für hochwertige Produkte, wie zum Beispiel Kunststoffe, auch künftigen Generationen zu ermöglichen.

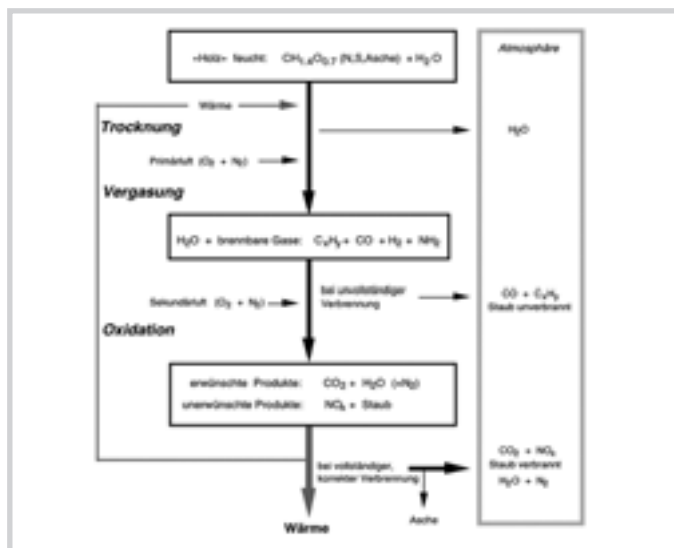
Hohe Substitutionswirkung der Stückholzheizung

Im Vergleich mit anderen Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien weisen Stückholzheizungen eine

TABELLE 1

Einteilung handbeschickter Holzfeuerungen

Typ	Feuerungssystem	Leistungsbereich (Heizleistung)	Verbrennungsprinzip	Merkmale
Ofen	Zimmerofen	3– 10 kW	• Durchbrand	vom Wohnraum befeuerter Holzofen ohne feste Installation
	Cheminéeofen	4– 12 kW	• Durchbrand	geschlossener Konvektionsofen
	Offenes Cheminée	0– 5 kW	• Durchbrand	ungeeignet als Heizung
	Geschlossenes Cheminée	5– 15 kW	• Durchbrand	mit Warmluftumwälzung für einen oder mehrere Räume
	Speicherofen, Grundofen (z.B. Kachelofen)	2– 15 kW	• Durchbrand • Unterer Abbrand	lange Speicherzeit (10 bis 24 h)
Kessel	Holzkochherd	3– 12 kW	• Durchbrand	Wärme dient zum Kochen und zur Erwärmung einer Sitzbank zum Heizen
	Zentralheizungsherd	8– 30 kW	• Durchbrand • Unterer Abbrand	Wärme dient zum Kochen und als Zentralheizung
	Stückholzkessel	10–200 kW	• Durchbrand • Unterer Abbrand • Sturzbrand	Mit unterem Abbrand oder Sturzbrand sind längere Abbrandzeiten und höhere Wirkungsgrade möglich



Zweistufige Verbrennung von Holz mit Feststoffumwandlung mit Primärluft und anschliessender Verbrennung der Gase mit Sekundärluft.

sehr hohe Effizienz zum Ersatz von fossilen Brennstoffen auf. Eine Stückholzheizung kann unter Berücksichtigung der Vorleistungen (graue Energie) einen Energie-Ernte-Faktor von bis zu 14 erzielen. Dies bedeutet, dass aus 1 kWh Erdöl zum Antrieb von Maschinen und zur Produktion der Heizanlage bei der Stückholzkette 14 kWh Heizwärme erzeugt werden. Der Erntefaktor ist damit auch etwas höher als bei Nahwärme aus Holz, weil für die Aufbereitung zu Holzschnit-

zeln mehr Energie benötigt wird und die Wärmeverteilung Verluste verursacht. Der hohe Wert für Stückholz gilt allerdings nur für eine moderne Heizanlage, die optimal ausgelegt und betrieben ist. Sowohl Holzschnitzel als auch Stückholz weisen damit ein hohes Substitutionspotenzial auf. Wenn nämlich das Erdöl zum Heizen genutzt wird, werden aus 1 kWh Heizöl bei Berücksichtigung der grauen Energie und der Verluste der Ölheizung lediglich 0,7 kWh

Heizwärme erzeugt. Stückholz hat damit eine sehr hohe Substitutionswirkung für Erdöl von rund 20, nämlich 14:0,7, d. h. dass mit einem Liter Erdöl für die Stückholznutzung 20 Liter Heizöl oder 95% der fossilen Energie eingespart werden. Stückholz ist somit wohl der älteste Brennstoff der Menschheit, aber optimal eingesetzt einer der sinnvollsten.

Einsatzgebiete von Stückholzheizungen

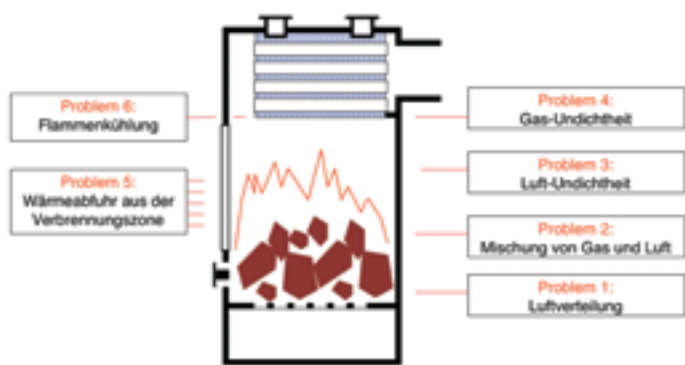
Handbeschickte Holzfeuerungen können als Haupt- oder Ergänzungsheizung eingesetzt werden (Tabelle 1: Einteilung handbeschickter Holzfeuerungen). Stückholzkessel dienen als Zentralheizung sowie für Warmwasser in der Heizperiode, während Holzöfen meist als Ergänzungsheizung in der Übergangszeit eingesetzt werden.

Offene Cheminées sind als Heizsysteme ungeeignet, da dem Cheminée zur Vermeidung von Gasaustritt in den Wohnbereich eine unverhältnismässig grosse

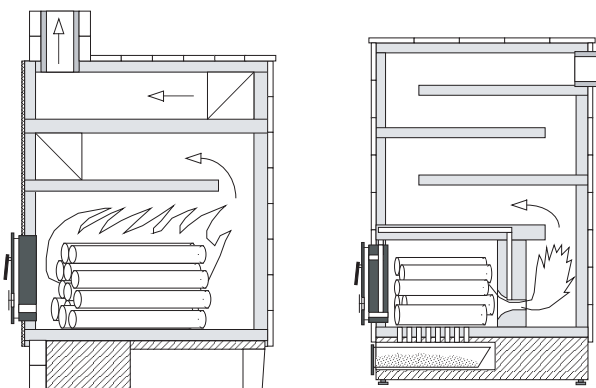
Luftmenge aus dem zu beheizen- den Raum zugeführt werden muss. Obwohl das Feuer Wärmestrahlung an den Raum abgibt, wird durch die warme Raumluft unter Umständen dem Gebäude mehr Wärme entzogen als zugeführt.

Geschlossene Cheminées, Zimmeröfen und Speicheröfen werden in der Regel zur Beheizung eines einzelnen Raumes ausgeführt. Die Wärme wird dabei durch Strahlung und Konvektion oder allenfalls zusätzlich durch Erwärmung von Raumluft in einem Heizregister übertragen.

Cheminéeöfen können je nach Anwendungszweck in leichter oder schwerer Bauweise ausgeführt werden. In leichter Bauweise erfolgt die Wärmeabgabe innert kurzer Zeit, während bei schwerer Bauweise durch Speicherung der Wärme eine verzögerte Wärmeabgabe erfolgt. Speicheröfen wie Grund- oder Kachelöfen weisen eine noch ausgeprägtere Speicherfunktion auf, sodass sie eine mehrstündige konstante Wärmeübertragung an den Raum ermöglichen.



Limiten der einstufigen Verbrennung am Beispiel eines Ofens mit nachgeschaltetem Kesselteil. Problemzonen: 1. Luftverteilung im Glutbett, 2. Mischung von Gas und Luft, 3. Luft-Undichtheiten nach aussen z. B. beim Sichtfenster oder bei Schweissnähten sowie unter dem Rost, 4. Gas-Undichtheiten in der Feuerung z. B. zwischen Feuerraum und Abgaskanal oder zwischen Feuerraum und Nachbrennkammer, 5. Wärmeabfuhr aus der Verbrennungszone durch Sichtfenster oder Feuerraum, 6. Flammenkühlung durch Quenchen an kalten Oberflächen im Kessel infolge zu kleiner Nachbrennkammer.



Vergleich zwischen Durchbrand mit einstufiger Verbrennung (links) und unterem Abbrand mit zweistufiger Verbrennung (rechts) am Beispiel eines Speicherofens. Die Feuerung mit unterem Abbrand verfügt über getrennte Primär- und Sekundärluftzufuhr sowie eine separate Nachbrennkammer.

Eine Beheizung mehrerer Räume ist dabei möglich durch eine Wärmeverteilung mit Warmluft in einem Hypokaustensystem oder durch Einsatz eines nachgeschalteten Wärmeübertragers in einem zweiten Raum. Die Wärmeabgabe durch Strahlung führt zu einem angenehmen Raumklima, da die Lufttemperatur etwas tiefer sein kann als bei konvektiver Wärmeabgabe. Öfen und Kamine sind vor allem für die Verbrennung kleinerer Holzmenge geeignet. Ihr Einsatzgebiet umfasst deshalb die Ergänzungsheizung für einzelne Räume (zum Beispiel für die Übergangszeit) oder die Beheizung von Häusern mit sehr niedrigem Wärmebedarf. Für grössere Leistungen und eine ganzjährige Beheizung werden vor allem Stückholzkessel eingesetzt.

erhöhten Emissionen und Geruchsbelastigung führen, weil der Gasausbrand im noch kalten Feuerraum unvollständig ist. Die Folge sind erhöhte Emissionen an Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (KW) und unvollständig ausgebrannten Feinstäuben wie Russ und Teer. Russ und Kohlenwasserstoffe sind gesundheitsschädlich und deshalb zu vermeiden. Dies setzt ein korrektes Anfeuern voraus, das allerdings dem jeweiligen Feuerungstyp angepasst sein muss. In Holzöfen sollte zudem nicht zu viel Holz in die heisse Feuerung nachgelegt werden, da der Feuerraum oft zu klein ist, um die dabei rasch freigesetzte Gasmenge vollständig zu verbrennen.

Verbrennungsablauf

Die Verbrennung in handbeschiekten Feuerungen umfasst immer einen chargenweisen Abbrand: Nach dem Anfeuern folgt eine stationäre Phase der Holzverbrennung und am Schluss der Ausbrand der Holzkohle. Das Anfeuern kann zu

Feuerungstechnik

Wichtigste Voraussetzung für eine vollständige Verbrennung ist eine Feuerungstechnik, welche dem mehrstufigen Verbrennungsablauf von Holz Rechnung trägt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Holz bei

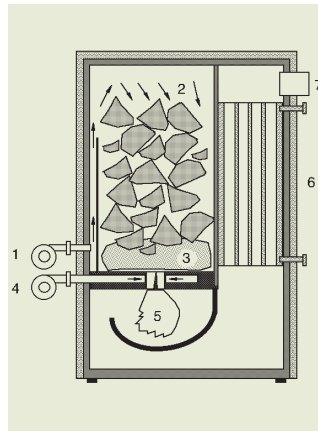


HOLZ

Energie, die nachwächst

Die Nutzung von Energieholz trägt in doppelter Hinsicht zur Nachhaltigkeit bei. Zum einen ist Holz CO₂-neutral, sofern die Nutzung den Holznachwuchs nicht übersteigt. In der Schweiz ist dies durch das Waldgesetz sichergestellt und die Energieholznutzung kann sogar noch rund verdoppelt werden. Dies wird auch im Programm Energie Schweiz von Bund und Kantonen angestrebt. Zum andern sichert die Holzenergie Arbeitsplätze und Wertschöpfung im Inland. Holz ist heute bereits zweitwichtigster heimischer und erneuerbarer Energieträger nach der Wasserkraft, und es kann in Zukunft noch vermehrt genutzt werden.

Zur Versorgung grosser Verbraucher oder von Nahwärmenetzen bietet sich der Einsatz von Holzschnitzeln in automatischen Feuerungen an. Nahwärme eignet sich allerdings nur für kurze Distanzen und hohe Anschlussleistungen. Bei kleinen Leistungen wären die Verluste der Wärmeverteilung zu gross, weshalb für Ein- oder Zweifamilienhäuser individuelle Heizanlagen eingesetzt werden. Da Stückholz praktisch überall verfügbar ist oder von Waldbesitzern zum Eigenbedarf bereit gestellt werden kann, bieten sich im ländlichen Raum Stückholzheizungen als bewährte Heizsysteme an.



Sturzbrandkessel mit zweistufiger Verbrennung durch Vergasung des Holzes und anschliessende Gasverbrennung. 1: Primärluft, 2: Füllschacht, 3: Glutbett mit Vergasungszone, 4: Sekundärluft, 5: Nachbrennkammer, 6 Wärmeübertrager, 7: Abgas. Die in Bild 2 genannten Probleme können mit diesem Prinzip weitgehend vermieden werden.



Beispiel eines Stückholzkessels mit Sturzbrand und Lambda-Regelung (Bild: Liebi).

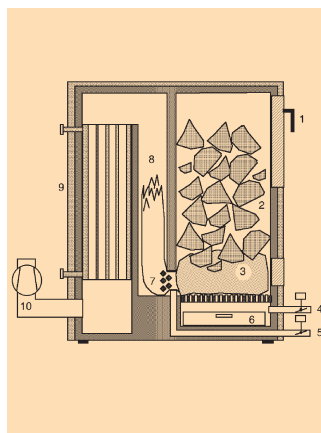
der Erwärmung zuerst in brennbare Gase (Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe) und den zurückbleibenden Feststoff (die Holzkohle) umgewandelt wird.

Anschliessend an diese Zersetzung müssen die brennbaren Gase in einer an das Glutbett nachgeschalteten Zone ungestört ausbrennen. Dazu ist eine separate Nachbrennkammer notwendig und eine Aufteilung der Verbrennungsluft in Primärluft für die Holzumwandlung und Sekundärluft für den Gasausbrand sinnvoll. Diese Forderung wird in modernen Stückholzkesseln meist erfüllt und als zweistufige Verbrennung bezeichnet. In Holzöfen ist die Trennung zwischen der Feststoffumwandlung und dem Gasausbrand in der Konstruktion dagegen meist nur bedingt berücksichtigt, weil die Sichtbarkeit des Feuers im Vordergrund steht.

Zur Verbrennung der Gase ist die Anwesenheit von Luft in geeigneter Menge notwendig. Dazu wird

meist separate Sekundärluft zugeführt. Entscheidend zum Erreichen einer vollständigen Verbrennung ist dabei, dass Sekundärluft und heisse Gase vollständig gemischt werden. In Zentralheizungskesseln erlaubt der Einsatz eines Ventilators zur Förderung der Zuluft oder der Abgase eine kontrollierbare Luftmenge sowie eine verbesserte Mischung.

Um die für den Gasausbrand erforderliche Temperatur von rund 850 °C aufrecht zu erhalten, ist zudem sicherzustellen, dass die Gase in der Ausbrandzone noch nicht abgekühlt werden. Wassergekühlte Feuerraumwände oder eine Flammenkühlung im Wärmeübertrager bei zu kleiner Nachbrennkammer führen dagegen zu drastisch erhöhten Schadstoffemissionen. Bei Feuerungen im Wohnbereich führen auch nicht wärmegeämmte Sichtfenster bereits zu einer unerwünschten Abkühlung.



Stückholzkessel mit seitlichem unterem Abbrand.

1: Fülltüre, 2: Füllschacht, 3: Glutbett mit Vergasungszone, 4: Primärluftzufuhr, 5: Sekundärluftzufuhr, 6: Aschekasten, 7: Turbulenzeinrichtung, 8: Nachbrennkammer, 9: Wärmeübertrager, 10: Abgasventilator.



Beispiel eines Stückholzkessels mit seitlichem unterem Abbrand und stehender Nachbrennkammer (Bild: Schmid).

Zweistufige Verbrennung mit unterem Abbrand für optimale Verbrennung und lange Brenndauer

Um die genannten Bedingungen für eine zweistufige Verbrennung in handbeschildeten Feuerungen sicherzustellen, werden Zentralheizungskessel heute meist mit so genannt «unterem Abbrand» oder mit Sturzbrand ausgeführt. Dieses Funktionsprinzip erlaubt es, dass die momentan freigesetzte Brennstoffleistung durch die Primärluft vorgegeben und dadurch begrenzt werden kann. Der Holzvorrat über dem Glutbett dient als Brennstoffvorrat, der durch die Schwerkraft automatisch nachrutscht, jedoch noch nicht an der Verbrennung teilnimmt. Damit wird eine lange Abbranddauer (bis zu mehr als 10 Stunden) erreicht, was vorteilhaft ist, weil das Anfeuern und der Ausbrand zu erhöhten Emissionen führen. Daneben erlaubt dies auch, den Wasserspeicher kleiner zu dimensionieren, insbesondere weil

Feuerungen mit Verbrennungsregelung mittels Messung der Temperatur oder des Sauerstoffgehalts auch bei Teillast bis zu 50% der Nennlast betrieben werden können. Die aus dem Glutbett freigesetzten Gase werden anschliessend mit Sekundärluft vermischt und brennen vollständig aus.

Wärmespeicherung

Da nur während der stationären Phase eine hohe Heizleistung und geringe Emissionen erzielt werden, ist für Stückholzfeuerungen beim Einsatz als Gesamtheizung eine Wärmespeicherung notwendig. Dies ermöglicht eine gleichmässige Wärmeabgabe und einen Holzabbrand mit geringen Emissionen. Die Wärmespeicherung erfolgt bei Grund- oder Kachelöfen in der Speichermasse des Ofens, der die Heizleistung verzögert an den Raum abgibt. Bei Stückholzkesseln ist zur Wärmespeicherung dagegen ein Wasserspeicher notwendig, der

für übliche Anwendungen rund 1000 bis 2000 Liter fasst. Da ein Wasserspeicher auch für Solaranlagen notwendig ist, bietet sich für Stückholzkessel auch die Kombination mit Sonnenkollektoren an.

Luftzufuhr

Da der Betrieb einer Holzfeuerung naturgemäss zu einem erheblichen Bedarf an Verbrennungsluft führt, sollten Holzfeuerungen in Gebäuden mit dichter Gebäudehülle eine raumluftunabhängige Frischluftzufuhr aufweisen. Gerade bei Neubauten sollte dies unbedingt beachtet werden. Um einen hohen Wohnkomfort zu gewährleisten und Energieverluste durch die Luftentnahme aus dem Raum zu vermeiden, wird aber auch bei Sanierungen eine unabhängige Luftzufuhr empfohlen.

Brennstoff und Betrieb: Kein Abfall in Holzfeuerungen!

Bei handbeschildeten Holzfeuerungen ist zu beachten, dass nur naturbelassenes, trockenes Brennholz verbrannt werden darf. Die Verbrennung von Holz aus Gebäudeabbrüchen, Innenausbauten und Möbeln (so genanntes Altholz) ist ebenso verboten wie die Verwendung von Spanplatten oder brennbaren Stoffen aus dem Haushalt-abfall. Altes Holz von Dachbalken oder aus dem Innenausbau wird oft fälschlicherweise als unbehandeltes Brennholz eingestuft, weil frühere Behandlungen von Auge nicht erkennbar sind. Selbst das Verbrennen von Papier und Karton ist verboten, da beschichtetes Papier von Verpackungen (z. B. Milchpackun-

gen) oder bedrucktes Papier (z. B. Zeitschriften) zu giftigen Schadstoffen führen kann. Die unerlaubte Verbrennung von Altholz und Abfall erzeugt hochgiftige Schadstoffe wie Schwermetalle, Säuren und Dioxine im Abgas und in der Asche. Nebst gesundheitlichen Schäden für die Betreiber werden Böden und Nahrungsmittel durch die Ausbringung der Asche vergiftet. Schliesslich wird aber auch die Lebensdauer der Feuerung verkürzt, da die Säuren zu Korrosion in Brennkammer, Wärmeübertrager und Kamin führen. Leider zeigen Erfahrungen und Kontrollen, dass die Abfallverbrennung in Holzfeuerungen und in offenen Feuern nach wie vor weit verbreitet ist, weshalb das Abfallverbrennungsverbot in Zukunft konsequent umgesetzt werden muss. Holzfeuerungen sind sinnvoll, wenn sie korrekt betrieben werden. Wenn sie dagegen zur Abfallentsorgung eingesetzt werden, führt dies zu einer drastischen Umweltverschmutzung. Dies gilt umso mehr, als die Feuerung sogar ein «Erinnerungsvermögen» an Abfallstoffe aufweist, da die einmalige Abfallverbrennung zu Staubablagerungen in der Anlage führt, die während Wochen zur Bildung toxischer Dioxine führen kann.

Informationen

zu Typenprüfung, Brennstofflieferanten und Firmenadressen im Bereich der Holzenergie vermittelt Holzenergie Schweiz, Seefeldstrasse 5a, 8008 Zürich unter www.holzenergie.ch. Dort findet sich auch ein detailliertes Verzeichnis über die Lieferanten von zertifizierten Holzfeuerungsanlagen. ■