

## Holzenergie

Thomas Nussbaumer, PD Dr. sc. techn.  
 Hochschule Luzern, Technik und Architektur, CH-6048 Horw/LU  
 Verenum, Langmauerstrasse 109, CH-8006 Zürich

### Teil 2: Handbeschickte Holzheizungen

1	Anforderungen an handbeschickte Holzfeuerungen	1
2	Zeitlicher Verlauf des Abbrands	2
3	Einteilung handbeschickter Holzfeuerungen	2
4	Einsatzgebiete	3
5	Feuerungstechnik	3
6	Regelung	6
7	Brennstoff und Betrieb	7
8	Typenprüfung und Qualitätssiegel	8
9	Anwendungsbeispiele	8
9.1	Solarhaus mit Holzofen in Schwyz	8
9.2	Reihenhäuser mit Stückholzheizung in Spiez	9
10	Literatur	10

### Teil 2: Handbeschickte Holzheizungen

Handbeschickte Holzfeuerungen können als Haupt- oder Ergänzungsheizung in Ein- und Mehrfamilienhäusern eingesetzt werden. Die Verbrennung in handbeschickten Feuerungen umfasst einen chargenweisen Abbrand mit Anfeuern, stationärer Verbrennungsphase und Ausbrand der Holzkohle. Zur Sicherstellung eines hohen Heizkomforts und eines emissionsarmen Betriebs ist deshalb eine Wärmespeicherung und -verteilung erforderlich. Bei Zentralheizungskesseln geschieht dies mit einem Wasserspeicher, während bei Heizungen im Wohnbereich auch Speicheröfen und Luftverteilsysteme eingesetzt werden.

## 1 Anforderungen an handbeschickte Holzfeuerungen

Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades und zur Minimierung der Schadstoffemissionen muss die Feuerungstechnik den Eigenschaften des Brennstoffs Rechnung tragen. Die hohe Flüchtigkeit biogener Brennstoffe führt zu einer Aufteilung des Verbrennungsablaufs in die Feststoffvergasung und den anschliessenden Gasausbrand. Um eine gute Regelbarkeit der Leistung und des Verbrennungsablaufs zu erzielen, wird die Verbrennung in guten Stückholzkesseln örtlich aufgetrennt in die Feststoffumsetzung mit Zuführung von Primärluft im Glutbett und den anschliessenden Gasausbrand mit Zuführung von Sekundärluft in der Nachbrennkammer [1]. Die Primärluft beeinflusst die Feuerungsleistung, während die Sekundärluft für den vollständigen Gasausbrand verantwortlich ist. Um eine vollständige Verbrennung zu erzielen, ist eine homogene Vermischung der brennbaren Gase mit der Verbrennungsluft notwendig. Im Weiteren ist nach Einmischung der Sekundärluft eine Mindestaufenthaltszeit der Gase in der Zone hoher Temperatur erforderlich. Die Einhaltung einer hohen Temperatur ist in den meisten Fällen möglich, so dass die Ausbrandgüte vor allem durch die Vermischungsqualität zwischen Luft und Gasen bestimmt wird. Bei besserer Vermischung kann die Feuerung bei tieferem Luftüberschuss betrieben werden, ohne dass unverbrannte Schadstoffe emittiert werden. Ein tiefer Luftüberschuss gewährleistet eine hohe Verbrennungstemperatur und gleichzeitig einen hohen Wirkungsgrad. Die Einhaltung dieser Grundvoraussetzungen ermöglicht geringe Emissionen und eine hohe Brennstoffausnutzung. Entscheidend für die Emissionen im

## Energie-bois

Thomas Nussbaumer, privat-docent, Dr. sc. techn.  
 Ecole supérieure de Lucerne, technique et architecture,  
 CH-6048 Horw/LU  
 Verenum, Langmauerstrasse 109, CH-8006 Zurich

### Partie 2: installations de chauffage au bois à alimentation manuelle

1	Exigences requises pour des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle	1
2	Profil effectif de la combustion	2
3	Classification des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle	2
4	Domaines d'application	3
5	Technique de combustion	3
6	Régulation	6
7	Combustible et exploitation	7
8	Homologation et label de qualité	8
9	Exemples d'application	8
9.1	Maison solaire avec poêle à bois à Schwyz	8
9.2	Maisons en enfilade avec centrale de chauffage à bûches à Spiez	9
10	Bibliographie	10

### Partie 2: installations de chauffage au bois à alimentation manuelle

Une installation de chauffage au bois à alimentation manuelle peut s'utiliser comme système principal ou système d'appoint dans une villa familiale ou un immeuble collectif. Avec une installation à alimentation manuelle, la combustion comprend, hors la mise en place de la charge, son allumage, une phase de combustion stationnaire et finalement la combustion du charbon de bois. Pour garantir un confort élevé et une exploitation pauvre en émissions polluantes, il est donc indispensable de prévoir une accumulation et une distribution de la chaleur. Avec des chaudières de chauffage central, la solution consiste en un réservoir d'eau, alors que dans un appartement, il est aussi possible d'utiliser des poêles à accumulation ainsi que des systèmes de distribution d'air.

## 1 Exigences requises pour des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle

Pour parvenir à un rendement élevé et minimiser les émissions polluantes, la technique de combustion doit tenir compte des caractéristiques du combustible. La volatilité élevée des combustibles biogènes entraîne une subdivision séquentielle du processus de combustion en une phase de gazéification du combustible solide elle-même suivie d'une phase de combustion des gaz. Pour parvenir à une bonne régularité de la puissance et du processus de combustion, la combustion elle-même se dissocie en une première phase de conversion du combustible solide en un lit de braises avec apport d'air primaire et une deuxième phase de combustion des gaz avec apport d'air secondaire dans la chambre de postcombustion [1]. L'air primaire joue en l'occurrence un rôle sur le rendement de la combustion, alors que l'air secondaire est en premier lieu responsable de l'intégralité de la combustion des gaz. Pour que la combustion soit complète, il est indispensable de réaliser un mélange aussi homogène que possible des gaz combustibles et de l'air comburant. Après mélange avec l'air secondaire, il est en outre nécessaire que les gaz séjournent un certain laps de temps minimum dans la zone de haute température. Dans la plupart des cas, il est possible de maintenir une température élevée, de sorte que la qualité de la combustion est avant tout déterminée par la qualité du mélange d'air et de gaz. Plus le mélange d'air et de gaz est de bonne qualité, plus la combustion s'opère avec un plus faible excédent d'air – sans émission de gaz non consommés. Un faible excédent d'air garantit une température de combustion élevée et le rendement

praktischen Betrieb ist zudem die Einhaltung optimaler Betriebsbedingungen, vor allem des optimalen Brennstoff-/Luftverhältnisses, wozu der Einsatz einer geeigneten Regelung erforderlich ist. Wichtigste Anforderung bei handbeschickten Feuerungen ist jedoch ein korrekter Betrieb mit einem emissionsarmen Anfeuern.

Das Anfeuern muss je nach Feuerungstyp unterschiedlich erfolgen. Grundsätzlich ist jedoch eine ausreichende Menge an sehr feinem, trockenem Holz erforderlich. Bei Öfen ist ein zu starkes Füllen des Feuerraums, die Verwendung zu grosser oder zu feuchter Holzscheiter sowie das zu frühe Schliessen der Luftklappen zu vermeiden.

## 2 Zeitlicher Verlauf des Abbrands

Bei automatischen Feuerungen ermöglichen die Zerkleinerung des Brennstoffs zu einem Granulat und die mechanische Beschickung einen kontinuierlichen Betrieb der Feuerung mit annähernd konstanter Leistung. Bei sichergestellter Wärmeabnahme kann eine automatische Feuerung innerhalb des regelbaren Leistungsbereichs bei optimalen Bedingungen betrieben werden. Im Vergleich dazu weisen handbeschickte Feuerungen einen ausgeprägten zeitlichen Verlauf der verschiedenen Verbrennungsphasen über Anfeuern, stationäre Phase und Ausbrand auf. Da das Anfeuern und der Ausbrand zu erhöhten Emissionen führen, ist für die Gesamtemissionen nicht nur eine hohe Verbrennungsqualität im stationären Betrieb entscheidend, sondern auch das Erzielen einer möglichst langen Phase mit optimaler Verbrennung. Durch geeignete Konstruktion wird deshalb auch bei handbeschickten Feuerungen ein Abbrand mit konstanter Leistung angestrebt. Bei Stückholzkesseln mit unterem Abbrand wird die Verbrennung so geführt, dass jeweils nur die unterste Schicht des Brennstoffbetts an der Verbrennung teilnimmt. Das darüberliegende Holz dient als Brennstoffreserve, welches erst beim Nachrutschen in die Glutzone verbrennt. Während der stationären Phase des Chargenabbrands erfolgt so ein quasiautomatischer Brennstoffnachschieb durch die Schwerkraft.

## 3 Einteilung handbeschickter Holzfeuerungen

Die handbeschickten Holzfeuerungen werden eingeteilt in Kessel, welche eine Wärmeübertragung auf Wasser aufweisen und als Zentralheizung sowie für Warmwasser genutzt werden, sowie Öfen, welche die Wärme über Strahlung und Konvektion direkt an den Raum abgeben. Die Unterscheidung zwischen Kessel und Öfen entscheidet über die Anwendungsmöglichkeiten und auch über die gesetzliche Zuordnung, da für sie unterschiedliche Prüfverfahren und Vorschriften gelten. Daneben sind auch kombinierte Anwendungen möglich, zum Beispiel bei Speicheröfen, welche mit einem Wasserwärmeübertrager zum Anschluss an die Zentralheizung ausgeführt werden.

Stückholzkessel werden mit einem Wasserspeicher kombiniert, in welchem die bei einem Abbrand freigesetzte Wärme zu einem Grossteil gespeichert werden kann. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der Kessel nicht im Ein-/Aus-Betrieb oder durch Luftdrosselung mit hohen Emissionen, sondern bei Nennlast oder stationärer Teillast mit tiefen Emissionen betrieben wird.

Speicheröfen können mit Verputz oder mit Kacheln aus Ton, Schamotte oder Speckstein ausgeführt werden, was unterschiedlichste Gestaltungsmöglichkeiten ergibt. Entsprechend sind auch Begriffe wie Kachelofen, Kachelgrundofen und Specksteinofen gebräuchlich. Die äussere Gestaltung ist dabei weitgehend frei und steht nicht im Zusammenhang mit der Verbrennungstechnik. Weitere Arten von Holzheizungen sind Zimmer- und Kaminöfen, Kamine, Holzkochherde und Zentralheizungsherde. Aufgrund der verschiedenen Feuerungssysteme können die handbeschickten Holzfeuerungen damit nach Tabelle 1 eingeteilt werden.

Daneben können verschiedene Feuerungsprinzipien unterschieden werden, also oberer Abbrand und unterer Abbrand sowie als Spezialfall des unteren Abbrands auch der Sturzbrand. Feuerungen mit oberem Abbrand werden auch als Durchbrandfeuerungen bezeichnet, da die ganze Brennstoffmenge auf einmal abgebrannt wird. Bei Feuerungen mit unterem Abbrand nimmt dagegen nur die untere Schicht des Holzes an der Verbrennung teil, während die darüber liegende, noch kalte Holzmenge, als Brennstoffnachschieb dient, der erst durch das

est simultanément à son maximum pour un excédent d'air minimum. Le respect de ces conditions préalables fondamentales en matière d'installations de chauffage au bois permet de parvenir à un rendement élevé ainsi qu'à de faibles émissions polluantes non consommées. Ces conditions préalables s'appliquent aussi bien à des installations à alimentation manuelle qu'à des installations automatiques. Dans la pratique, le taux d'émissions polluantes est en outre déterminé par le respect de conditions d'exploitation optimisées et surtout d'un rapport combustible/air comburant optimisé, ce qui nécessite une régulation appropriée. Pour des installations à alimentation manuelle, l'exigence principale réside dans une exploitation correcte assortie d'une phase d'allumage pauvre en émissions polluantes.

La phase d'allumage diffère en fonction du type de l'installation. En principe, il est nécessaire d'utiliser une quantité suffisante de bois sec débité en très petits morceaux. Avec des poêles, on évitera de trop remplir le foyer, d'utiliser des morceaux de bois trop gros ou trop humides, ou encore de refermer trop tôt les clapets d'air.

## 2 Profil effectif de la combustion

Avec des installations automatiques, la fragmentation du bois en granulés dosables et l'alimentation mécanisée permettent une exploitation continue de puissance quasiment constante. Si le contrôle calorifique est garanti, il est possible d'exploiter une installation automatique dans la plage de puissance programmable dans des conditions optimales. Comparativement, des installations à alimentation manuelle présentent un profil effectif plus distinct des différentes phases de combustion avec allumage, séquence stationnaire et combustion. Comme l'allumage et la combustion entraînent des émissions accrues, les émissions globales dépendent en premier lieu non seulement d'une qualité élevée de la combustion en phase stationnaire, mais aussi de l'existence d'une phase aussi longue que possible de combustion optimale. Avec des installations à alimentation manuelle, on s'efforce également de parvenir à une combustion de puissance constante moyennant une architecture appropriée de la chaudière. Avec des chaudières à bûches à combustion inférieure, la combustion s'opère de telle sorte que seule la couche inférieure du lit de combustible y participe. Les couches de bois supérieures servent de réserve de combustible et ne se consomment qu'en parvenant dans la zone embrasée. Pendant la phase stationnaire de la combustion, un ravitailement pour ainsi dire automatique en combustible s'opère par simple gravité.

## 3 Classification des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle

Les installations de chauffage au bois à alimentation manuelle comprennent des chaudières basées sur le principe d'un transfert thermique hydraulique pour assurer le chauffage central et la préparation d'eau chaude, et des poêles avec émission de la chaleur par rayonnement et par convection. La distinction entre chaudières et poêles décide des possibilités d'application et de la classification légale soumise à différentes procédures d'essai. Il existe également des installations combinées, à savoir par exemple des poêles à accumulation équipés d'un échangeur de chaleur à eau pour raccordement sur un circuit de chauffage central.

Les chaudières à bûches sont équipées d'un accumulateur d'eau dans lequel s'accumule la majeure partie de la chaleur produite par une charge de combustible. On a ainsi l'assurance que la chaudière ne fonctionne pas en service en/hors générant des émissions polluantes accrues, mais en service de charge nominale ou de charge partielle continue garant de faibles émissions polluantes.

Les poêles à accumulation peuvent être munis d'un enduit, de catelles en céramique, de carreaux réfractaires ou de pierre ollaire, ce qui procure d'innombrables possibilités esthétiques. Dans ce contexte, on utilise également souvent des expressions telles que poêle en catelles, poêle en faïence et poêle en pierre ollaire. L'allure extérieure du poêle est en l'occurrence très libre et ne dépend pas de la technique de combustion. Les poêles individuels, poêles-cheminées, cheminées de salon, cuisinières à bois et cuisinières de chauffage central constituent d'autres types d'installations de chauffage au bois. Sur la base des différents systèmes, les installations de chauffage au bois à alimentation manuelle peuvent se classer conformément au tableau 1.

Parallèlement, il est possible de catégoriser les différents principes de combustion, à savoir combustion intégrale, combustion supérieure, combustion inférieure et combustion descendante; on fait également une distinction entre une installation de chauffage à tirage naturel et une installation équipée d'un ventilateur. Les installations à combustion supérieure sont également dites à combustion intégrale, car la totalité du bois est brûlée en une seule fois. Avec une installation à com-

Nachrutschen in die Glutzone an der Verbrennung teilnimmt. Der untere Abbrand ermöglicht somit eine lange Abbranddauer bei geringerer Leistung, was dem Heizbedarf besser entspricht. Gleichzeitig kann durch dieses Verbrennungsprinzip eine zweistufige Verbrennung erreicht werden, bei der die brennbaren Gase in einer separaten Brennkammer unter Zufuhr von Sekundärluft beinahe vollständig ausbrennen, so dass tiefere Emissionen und höhere Wirkungsgrade erzielt werden können.

Bei Stückholzkesseln kommt das Prinzip einer zweistufigen Verbrennung mit unterem Abbrand seit vielen Jahren zur Anwendung. Um eine gute Vermischung zu erzielen und konstante Verbrennungsbedingungen zu ermöglichen, werden bei Kesseln zudem Ventilatoren zur Förderung der Verbrennungsluft eingesetzt. Holzöfen werden dagegen fast ausschließlich nach dem Prinzip des oberen Abbrands angeboten und mit Naturzug betrieben. Bei Naturzug ist die Verbrennung stark abhängig von den Witterungsverhältnissen, also der Aussentemperatur und den Windbedingungen, weshalb nicht bei allen Verhältnissen ein emissionsarmer Betrieb erzielt wird.

bustion inférieure, seule la couche inférieure de bois participe par contre à la combustion, alors que le bois encore froid des couches supérieures sert d'élément moteur gravitationnel pour le combustible et participera au processus de combustion après seulement son passage dans la zone embrasée. La combustion inférieure se prête ainsi à une longue durée de combustion à plus faible puissance, ce qui correspond mieux à des besoins calorifiques effectifs. Avec ce principe, il est simultanément possible de réaliser une combustion biétagée avec laquelle les gaz combustibles sont presque entièrement brûlés dans une chambre de combustion séparée par apport d'air secondaire, de sorte qu'il est possible de parvenir à des émissions polluantes plus faibles et des rendements améliorés.

Le principe d'une combustion inférieure biétagée est appliqué depuis de nombreuses années aux chaudières à bûches. Pour parvenir à un bon mélange et permettre des conditions de combustion constantes, on utilise en outre des ventilateurs pour favoriser la circulation de l'air comburant. Les poêles à bois fonctionnent par contre presque exclusivement selon le principe de la combustion supérieure avec tirage naturel. Avec un tirage naturel, la combustion dépend fortement des conditions météorologiques, c'est-à-dire de la température extérieure et des conditions éoliennes, raison pour laquelle il n'est pas possible de parvenir à une exploitation pauvre en émissions polluantes dans toutes les conditions.

Tabelle 1

Kategorien und Merkmale von handbeschickten Holzfeuerungen. Oberer Abbrand wird auch als Durchbrand bezeichnet. Bei Öfen werden erst vereinzelt Feuerungen mit unterem Abbrand oder Sturzbrand und Ventilator angeboten.

Typ	Feuerungssystem	Leistungsbereich (Heizleistung)	Verbrennungsprinzip	Merkmale
Ofen	Zimmerofen	3–10 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Vom Wohnraum aus befeuerter Holzofen ohne feste Installation
	Kaminofen (Cheminéeofen)	4–12 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Geschlossener Konvektionsofen
	Offener Kamin (offenes Cheminée)	0–5 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Ohne und mit Warmluftumwälzung, ungeeignet als Heizung
	Geschlossener Kamin (geschlossenes Cheminée)	5–15 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Mit Warmluftumwälzung für einen oder mehrere Räume
	Speicherofen, Grundofen (z. B. Kachelofen)	2–15 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Lange Speicherzeit (10 bis 24 h)
	Holzkochherd	3–12 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Wärme dient primär zum Kochen und sekundär zur Erwärmung einer Sitzbank zum Heizen
Kessel	Zentralheizungs-herd	8–30 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand	Wärme dient zum Kochen und als Zentralheizung
	Stückholzkessel	10–200 kW	<input type="checkbox"/> Oberer Abbrand <input type="checkbox"/> Unterer Abbrand <input type="checkbox"/> Sturzbrand	Mit unterem Abbrand oder Sturzbrand kann eine zweistufige Verbrennung erzielt werden, was längere Abbrandzeiten, höhere Wirkungsgrade und tiefere Emissionen ermöglicht.

Tableau 1

Installations de chauffage au bois à alimentation manuelle, catégories et remarques. La combustion supérieure est également dite combustion intégrale. Les poêles sont parfois aussi proposés en version à combustion inférieure ou en version à combustion supérieure et ventilateur.

Type	Système	Plage de puissance (puissance calorifique)	Principe de combustion	Remarques
Poêle	Poêle individuel	3–10 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	Poêle à bois alimenté directement dans le logement sans installation fixe
	Poêle-cheminée	4–12 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	Poêle fermé à convection
	Cheminée ouverte	0–5 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	Avec ou sans circulation d'air chaud; ne convient pas comme installation de chauffage
	Cheminée fermée	5–15 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	Avec circulation d'air chaud, pour un ou plusieurs locaux
	Poêle à accumulation (par exemple poêle en catelles)	2–15 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	Longue durée d'accumulation (10 à 24 heures)
	Cuisinière à bois	3–12 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure	La chaleur sert premièrement pour cuire et deuxièmement pour chauffer une banquette
	Chaudière	Cuisinière de chauffage central	8–30 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure
Chaudière à bûches		10–200 kW	<input type="checkbox"/> combustion supérieure <input type="checkbox"/> combustion inférieure <input type="checkbox"/> combustion descendante	Avec une combustion inférieure ou descendante, il est possible de réaliser une combustion biétagée, ce qui se traduit par des durées de combustion accrues, des rendements accrus et des émissions polluantes abaissées

## 4 Einsatzgebiete

Offene Kamine sind als Heizsysteme ungeeignet, da dem Kamin eine unverhältnismässig grosse und auf Raumtemperatur erwärmte Luftmenge aus dem Raum zugeführt werden muss, um einen Gasaustritt in den Wohnraum zu vermeiden. Geschlossene Kamine, Zimmeröfen und Speicheröfen werden in der Regel zur Beheizung eines Einzelraumes eingesetzt. Die Wärme wird dabei durch Strahlung und Konvektion oder allenfalls zusätzlich durch Erwärmung von Raumluft in einem Heizregister übertragen. Die Verbrennungsluft sollte dabei raumluftunabhängig, also direkt mit Aussenluft, erfolgen.

Kaminöfen können je nach Anwendungszweck in leichter oder schwerer Bauweise ausgeführt werden. In leichter Bauweise erfolgt eine rasche Wärmeabgabe, während bei schwerer Bauweise eine verzögerte Abgabe durch Speicherung erfolgt. Speicheröfen weisen eine noch ausgeprägtere Speicherfunktion auf, so dass sie eine mehrstündige Wärmeübertragung an den Raum ermöglichen. Eine Beheizung mehrerer Räume ist durch eine Wärmeverteilung mit Warmluft in einem Hypokaustensystem oder durch einen nachgeschalteten Wärmeübertrager möglich. Die Wärmeabgabe durch Strahlung führt zu einem angenehmen Raumklima, da die Lufttemperatur im Raum tiefer sein kann als bei Wärmeabgabe durch Konvektion.

Öfen und Kamine sind nur für die Verbrennung kleiner Holz mengen (sowohl pro Beschickung als auch als Jahresbedarf) 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 kommen dagegen Stückholzkessel mit Speicher zum Einsatz, bei welchen die Wärmeverteilung über die Zentralheizung erfolgt.

## 5 Feuerungstechnik

Bei handbeschickten Feuerungen wird unterschieden zwischen oberem und unterem Abbrand. Beim oberen Abbrand ist der Verbrennungsverlauf gekennzeichnet durch eine kurze und intensive Verbrennung der gesamten Holzmenge mit einer grossen momentanen Feuerungsleistung. Dies entspricht dem Verbrennungsablauf in einem konventionellen Speicherofen, in welchem die gesamte Holzmenge gleichzeitig in Brand ist. Die meisten Zimmeröfen verfügen ebenfalls über oberen Abbrand. Bild 1 zeigt ein Beispiel eines Zimmerofens mit oberem Abbrand, welcher über eine Ausbrandzone verfügt und zudem eine Wärmeübertragung auf Speichersteine aufweist. Bild 2 zeigt den Aufbau eines Speicherofens mit oberem Abbrand (Durchbrand). Bild 3 beschreibt die Grenzen des Feuerungsprinzips mit konventionellem oberem Abbrand. In Bild 4 ist der Aufbau eines Speicherofens mit seitlichem unteren Abbrand und mit Zufuhr von Sekundärluft vor der nachgeschalteten Brennkammer dargestellt. Diese Art von Speicherofen wird mit einem Abgasventilator zur Optimierung und Konstanthaltung der Verbrennungsbedingungen ausgeführt.

Bei Stückholzkesseln können grössere Holz mengen in den Füllschacht eingebracht werden als bei Zimmeröfen. Stückholzkessel mit oberem Abbrand weisen deshalb kurzfristig eine hohe Leistung auf und müssen mit einem Wärmespeicher ausgerüstet sein, welcher einen Grossteil der Wärmemenge der Holzcharge aufnehmen kann. Die kurzfristige Leistungsfreisetzung hat zur Folge, dass eine grosse Brennkammer erforderlich ist zur Gewährleistung einer ausreichend langen Verweilzeit der Gase.

Da beim unteren Abbrand nur die unterste Schicht des Brennstoffs momentan verbrennt, wird der Abbrand auf eine längere Zeitspanne mit geringerer Leistung ausgedehnt. Der Abbrand kann so bis zu fünf und mehr Stunden betragen. Um einen hohen Bedienungskomfort zu gewährleisten und das Holz mit minimalen Schadstoffemissionen zu nutzen, ist auch bei Kesseln mit unterem Abbrand ein Wärmespeicher notwendig. Da während der langen Abbrandzeit Wärme direkt dem Gebäude zugeführt wird, kann der Speicher jedoch kleiner dimensioniert werden.

Bei einem Heizsystem mit Speicher erfolgt die Beschickung der Feuerung in der kältesten Jahreszeit ein- bis zweimal täglich, während in der Übergangszeit eine Holzfüllung für mehrere Tage ausreicht. Nebst der Beheizung kann die Stückholzheizung im Winter auch zur Warmwasseraufbereitung eingesetzt werden. Stückholzkessel mit unterem Abbrand verfügen heute über eine ausgereifte Verbrennungstechnik. Im Weiteren erlaubt die Leistungskontrolle mittels Primärluft und die Ausbrandoptimierung mittels Sekundärluft eine gute Regelbarkeit.

Moderne Stückholzkessel verfügen in der Regel über eine Luftzuführung, welche mit einem Saugzugventilator unterstützt wird, bei einigen Kesseln kommen auch Zuluftventilatoren zum Einsatz. Der Betrieb

## 4 Domaines d'application

Des cheminées ouvertes ne conviennent pas pour des systèmes de chauffage, car il faut leur fournir une quantité d'air disproportionnée pour éviter un dégagement de gaz dans la pièce de séjour. Pour chauffer un seul local, on utilise en règle générale des cheminées fermées, des poêles individuels ou des poêles à accumulation. En l'occurrence, la chaleur est transmise par rayonnement et par convection, ou à la rigueur par échauffement complémentaire de l'air ambiant dans un registre de chauffage. L'apport d'air comburant devrait s'opérer indépendamment de l'air ambiant, c'est-à-dire directement avec de l'air extérieur.

En fonction de leur utilisation, les poêles-cheminées peuvent être de type lourd ou léger. En version légère, l'émission de chaleur s'effectue très rapidement, alors qu'en version lourde, elle s'opère avec une certaine temporisation occasionnée par le phénomène d'accumulation. Les poêles à accumulation présentent une fonction d'accumulation encore bien marquée et autorisent un transfert thermique constant dans le local pendant plusieurs heures. Il est ainsi possible de chauffer plusieurs locaux par distribution d'air chaud au moyen d'un système hypocauste ou en utilisant un poêle à accumulation raccordé à un échangeur de chaleur en aval. L'émission de chaleur par rayonnement assure un climat ambiant agréable, car la température de l'air est inférieure à celle procurée moyennant une émission de chaleur par convection.

Les poêles et les cheminées conviennent surtout pour brûler de petites quantités de bois. Leur domaine d'application couvre donc le chauffage d'appoint pour divers locaux particuliers (par exemple pendant la mi-saison) ou le chauffage de maisons à très faible demande calorifique. Pour des puissances importantes et un chauffage à l'année, on utilise surtout des chaudières à bûches avec lesquelles la distribution de la chaleur s'effectue par l'intermédiaire d'un circuit de chauffage central.

## 5 Technique de combustion

En matière d'installations de chauffage au bois à alimentation manuelle, on distingue entre combustion supérieure et combustion inférieure. Avec la combustion supérieure, le processus de combustion est caractérisé par une combustion brève et intense de toute la quantité de bois avec une puissance momentanée élevée. Cela correspond au processus d'un poêle à accumulation conventionnel dans lequel toute la quantité de bois se consume simultanément. La plupart des poêles individuels fonctionnent également selon le principe de la combustion supérieure. La figure 1 présente un exemple de poêle individuel qui dispose d'une zone de combustion située en aval du foyer et se distingue en outre par une transmission de chaleur à des éléments d'accumulation. La figure 2 présente l'architecture d'un poêle à accumulation à combustion supérieure (combustion montante), alors que la figure 3 concerne l'architecture d'un poêle à accumulation avec combustion inférieure latérale et apport d'air secondaire avant la chambre de combustion située en aval. La figure 4 est un exemple de poêle à accumulation moderne avec combustion inférieure, chambre de postcombustion et ventilateur d'évacuation des gaz brûlés pour optimisation des conditions de combustion et maintien de celles-ci dans un état constant.

Architecture d'un poêle à accumulation à combustion inférieure latérale avec arrivée d'air primaire et secondaire, chambre de postcombustion et cendrier. Ce poêle à accumulation est équipé d'un ventilateur d'évacuation des gaz brûlés pour favoriser le transport de la quantité d'air nécessaire. Il a été réalisé pendant quelques années en petite série sous forme de modèle spécial, mais n'est plus commercialisé aujourd'hui.

Avec des chaudières à bûches, il est possible de charger de plus grandes quantités de bois dans la trémie de remplissage qu'avec des poêles individuels. Les chaudières à bûches à combustion supérieure présentent donc une puissance élevée à court terme et doivent être équipés d'un accumulateur thermique capable d'absorber une certaine partie de la quantité de chaleur produite par la charge de bois. La libération d'une puissance concentrée sur un bref laps de temps se traduit par la nécessité de disposer d'une grande chambre de combustion afin de garantir une latence suffisamment prolongée des gaz.

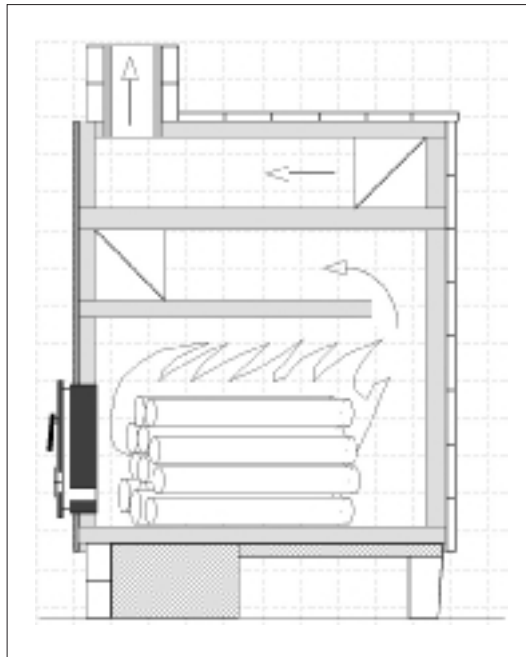
Avec une combustion inférieure, seule la couche la plus basse déposée dans la trémie de remplissage participe momentanément à la combustion. La combustion se prolonge ainsi plus longtemps à une puissance moindre et peut durer jusqu'à cinq heures et plus. Pour garantir un confort de service élevé et utiliser le bois en occasionnant des émissions minimales de substances polluantes, un accumulateur thermique est également nécessaire avec des chaudières à combustion inférieure. Comme de la chaleur est directement transmise au bâtiment durant la longue période de combustion, l'accumulateur peut toutefois être plus modestement dimensionné.





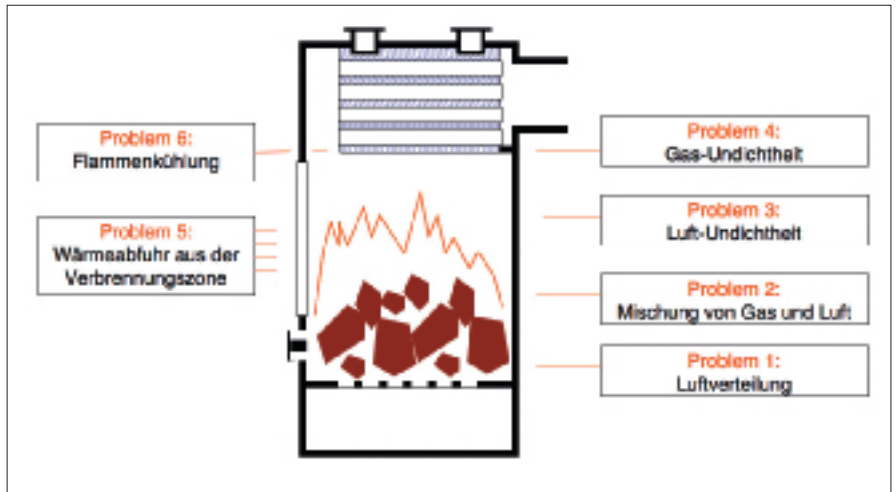
**Bild 1 / figure 1**  
Zimmerofen (Speicherofen) mit oberem Abbrand, heisser Ausbrandzone oberhalb des Brennraums und nachgeschalteter Wärmeübertragung auf Speichersteine (Tonwerk Lausen).

Poêle individuel (poêle à accumulation) à combustion supérieure, zone de combustion très chaude dans la partie supérieure du foyer et transmission de chaleur en aval à des pierres d'accumulation (Tonwerk Lausen).



**Bild 2 / figure 2**  
Aufbau eines Speicherofens mit offenem Feuerraum nach dem Durchbrandprinzip.

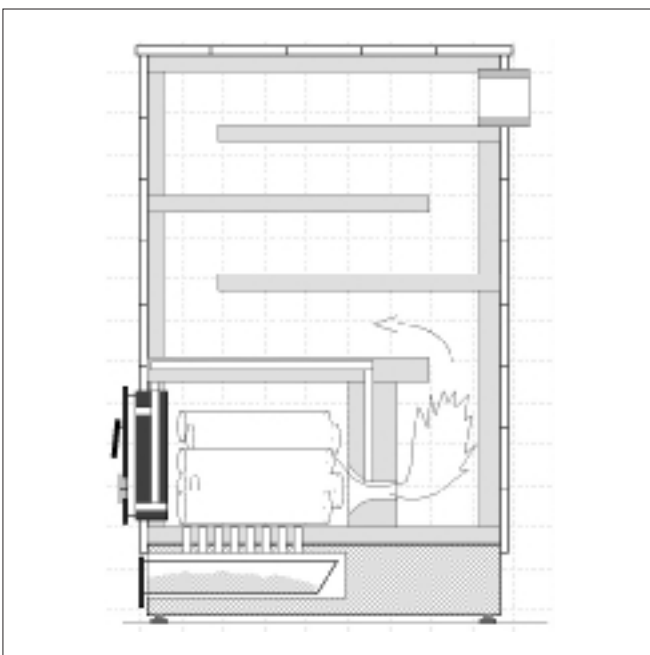
Architecture d'un poêle à accumulation à foyer ouvert basé sur le principe de la combustion intégrale.



**Bild 3 / figure 3**  
Limiten der einstufigen Verbrennung von Holz mit oberem Abbrand.

Limites de la combustion monoétagée du bois avec une combustion supérieure.

- Problème 6:**  
Refroidissement de la flamme
- Problème 5:**  
Evacuation de la chaleur de la zone de combustion
- Problème 4:**  
Inétanchéité aux gaz
- Problème 3:**  
Inétanchéité à l'air
- Problème 2:**  
Mélange de gaz et d'air
- Problème 1:**  
Distribution de l'air



**Bild 4 / figure 4**  
Aufbau eines Speicherofens mit unterem, seitlichen Abbrand sowie Primär- und Sekundärluftzufuhr, Nachbrennkammer und Aschekasten. Dieser Speicherofen verfügt über einen Abgasventilator zur Förderung der notwendigen Luftmenge. Er wurde während einigen Jahren als Sonderausführung in kleinen Stückzahlen gebaut, ist jedoch nicht mehr auf dem Markt erhältlich.

Architecture d'un poêle à accumulation à combustion inférieure latérale avec arrivée d'air primaire et secondaire, chambre de postcombustion et cendrier. Ce poêle à accumulation est équipé d'un ventilateur d'évacuation des gaz brûlés pour favoriser le transport de la quantité d'air nécessaire. Il a été réalisé pendant quelques années en petite série sous forme de modèle spécial, mais n'est plus commercialisé aujourd'hui.

mit einem Ventilator bietet den Vorteil, dass ein grösserer Druckverlust im Feuerraum überwunden werden kann. Dies ermöglicht eine Vermischung, welche durch Überwindung eines zusätzlichen Druckverlustes mit Einbauten, Umlenkungen oder Verjüngungen unterstützt wird. Im Weiteren bietet ein Ventilator den Vorteil, dass die Feuerung weitgehend unabhängig von den Umgebungsbedingungen (Temperatur, Wind und Luftdruck) betrieben werden kann.

Bei Kesseln mit unterem Abbrand existieren zahlreiche verschiedene Bauarten. Eine Sonderbauform ist der Sturzbrand, bei welchem die Gase vertikal unter dem Glutbett austreten. Bei Sturzbrandkesseln ist kein Rost und kein abgetrennter Entaschungsraum vorhanden. Feuerungen mit seitlichem unterem Abbrand können demgegenüber mit einem Verbrennungsrost und einem Aschekasten ausgestattet werden.

Bild 5 zeigt den Aufbau eines Sturzbrandkessels, welcher über getrennte Primär- und Sekundärluftzuführung mittels Zuluftventilatoren verfügt. Das gezeigte Prinzip veranschaulicht die angestrebte zweistufige Verbrennung durch Vergasung des Holzes mit Primärluft und anschließende Verbrennung der Gase in einer nachgeschalteten Brennkammer mit Sekundärluft. Die in Bild 3 gezeigten Limiten des oberen Abbrands können damit grossteils überwunden werden.

Bild 6 zeigt einen Sturzbrandkessel, welcher mit Lambda-Regelung ausgestattet ist und anstelle von Zuluftventilatoren über ein Saugzuggebläse verfügt. In Bild 7 ist der Aufbau eines Stückholzkessels mit seitlichem unterem Abbrand dargestellt, Bild 8 zeigt ein Schnittbild des gleichen Kesseltyps. Dieser Kessel verfügt über eine Entaschungsschubblade sowie einen Saugzugventilator. Die Primär- und Sekundärluft wird über getrennt angesteuerte Zuluftklappen geregelt. Bild 9 zeigt einen Stückholzkessel mit seitlichem Abbrand und liegender Brennkammer.

## 6 Regelung

Bei handbeschickten Holzfeuerungen erfolgt die Brennstoffzufuhr manuell. Je nach Grösse des Füllraums werden Chargen mit unterschiedlicher Brenndauer verbrannt. Der Abbrand einer Charge weist die drei Phasen Anfahrphase, stationäre Phase mit annähernd konstanter Leistung und Ausbrandphase auf. In der Anfahrphase weist die Feuerung erhöhte Emissionen insbesondere auch an Feinstaub und unverbrannten Kohlenwasserstoffen auf, weshalb diese Phase durch geeignetes Anfeuern und sachgemässen Betrieb möglichst kurz gehalten werden muss.

Bei Feuerungen mit getrennter Primär- und Sekundärluft können die Primär- und Sekundärluftmenge als Stellgrössen für die Leistungs- und Verbrennungsregelung verwendet werden. Mit der Primärluft wird die Vergasungsrate und damit die Leistung in einem Bereich von 100% bis auf rund 50% beeinflusst, während mit der Sekundärluft der vollständige Ausbrand der brennbaren Gase kontrolliert wird. Die wichtigsten Regelkonzepte von handbeschickten Holzfeuerungen haben folgende Zwecke:

- Beeinflussung der Feuerungsleistung zur Erzielung langer Abbrandzeiten
- Optimieren der Verbrennungsbedingungen
- Sowie bei Systemen mit Speicher eine integrierte Speicherbewirtschaftung mit Restwärmenutzung.

Zur Optimierung der Verbrennungsbedingungen kommt heute meist eine Lambda-Sonde zum Einsatz, welche eine direkte Regelung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses ermöglicht. Daneben können für eine erweiterte Regelung auch CO-Sensoren eingesetzt werden. Als Alternative zur Lambda-Sonde kommen aber auch die Messung der Flammtemperatur zum Einsatz. Für solche Regelungen kann auch Fuzzy-Technologie eingesetzt werden. Bei Systemen mit Speicher wird die Feuerungsleistung des Holzkessels je nach Ladezustand des Speichers verändert.

Avec un système de chauffage doté d'un accumulateur, l'alimentation s'effectue une à deux fois par jour pendant la saison froide, alors qu'un seul remplissage suffit pour plusieurs jours durant la mi-saison. Les chaudières à bûches à combustion inférieure bénéficient aujourd'hui d'une technique de combustion sophistiquée. Le contrôle de la puissance au moyen de l'air primaire et l'optimisation de la combustion au moyen de l'air secondaire permettent en outre de procéder à une régulation de bien meilleure qualité.

Les chaudières à bûches modernes disposent en règle générale d'une arrivée d'air assistée par un ventilateur de tirage par aspiration; quelques chaudières sont également équipées d'un ventilateur refoulant. L'exploitation d'une chaudière assistée par un ventilateur présente l'avantage de pouvoir surmonter une plus grande perte de pression dans le foyer, ce qui permet de réaliser un mélange lui-même assisté en surmontant une perte de pression supplémentaire au moyen d'encastres, chicanes et réductions. Un ventilateur présente par ailleurs l'avantage que la combustion peut s'effectuer très indépendante des conditions environnantes (température, vent et pression atmosphérique).

Les chaudières à combustion inférieure peuvent adopter de nombreuses architectures différentes. Une forme particulière d'architecture correspond à celle de la combustion descendante avec laquelle les gaz passent verticalement sous le lit de braises. Les chaudières à combustion descendante ne comportent pas de grille et pas de compartiment séparé d'évacuation des cendres. Des installations à combustion inférieure latérale peuvent par contre s'équiper d'une grille de combustion et d'un cendrier.

La figure 5 présente l'architecture d'une chaudière à combustion descendante disposant d'arrivées d'air primaire et secondaire séparées et équipées de ventilateurs refoulants. Le principe repose en l'occurrence sur une combustion biétagée avec gazéification du bois avec l'air primaire et combustion subséquente des gaz dans une chambre de combustion en aval avec l'air secondaire. Les limites de la combustion présentées dans la figure 3 peuvent ainsi en majeure partie être franchies.

La figure 6 présente une chaudière à combustion descendante équipée d'une régulation lambda et d'un ventilateur de tirage par aspiration en lieu et place de ventilateurs refoulants. La figure 7 présente l'architecture d'une chaudière à bûches à combustion inférieure latérale. La figure 8 présente une vue en coupe du même type de chaudière. Cette chaudière dispose d'un tiroir d'évacuation des cendres et d'un ventilateur de tirage par aspiration. L'air primaire et l'air secondaire sont régulés par des clapets d'admission commandés séparément. La figure 9 présente une chaudière à bûches à combustion latérale avec chambre de combustion horizontale.

## 6 Régulation

Comme leur nom l'indique, le chargement d'installations de chauffage au bois à alimentation manuelle s'effectue à la main. En fonction de l'importance du volume de remplissage, on fait brûler des charges de durée différente. La combustion d'une charge s'opère conformément aux trois phases successives d'allumage, de séquence stationnaire à puissance approximativement constante et de combustion. Dans sa phase initiale, la combustion engendre des émissions polluantes accrues, et notamment des poussières fines et des hydrocarbures non consommés, raison pour laquelle il convient d'abrèger la phase en question au maximum moyennant des mesures d'allumage et de combustion appropriées.

Avec des installations de chauffage à circuits d'air primaire et secondaire séparés, la quantité d'air primaire et la quantité d'air secondaire peuvent s'utiliser comme variables réglantes pour la régulation de la puissance et de la combustion. L'air primaire permet de faire varier le taux de gazéification et donc la puissance dans une plage de 100 % à 50 % environ, alors que l'air secondaire permet de contrôler la combustion intégrale des gaz combustibles. Les principaux concepts de régulation relatifs à des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle visent les objectifs suivants:

- Influence sur la puissance de combustion pour parvenir à de plus longues durées de combustion
- Optimisation des conditions de combustion
- Pour les systèmes dotés d'un accumulateur, gestion intégrée de l'accumulateur avec exploitation de la chaleur résiduelle.

Pour optimiser les conditions de combustion, on utilise généralement aujourd'hui une sonde lambda qui autorise une régulation directe du rapport combustible/air comburant. Pour réaliser une régulation élargie, il est par ailleurs aussi possible d'utiliser des capteurs CO. Comme variante à la sonde lambda, on peut aussi se baser sur la mesure de la température des flammes. De pareilles régulations peuvent aussi avoir recours à la technologie «fuzzy». Pour des systèmes avec ac-

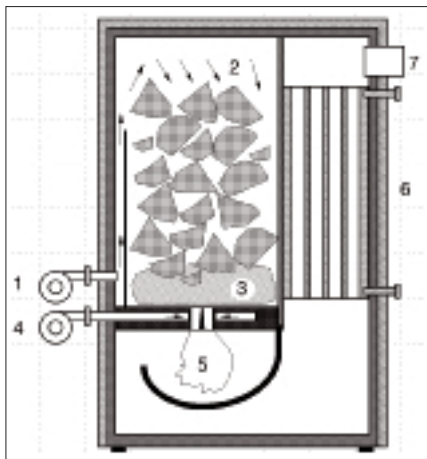


Bild 5 / figure 5

Aufbau eines Sturzbrandkessels als Beispiel für das Prinzip der zweistufigen Verbrennung mit Zuluftventilatoren für Primär- und Sekundärluft und separater Nachbrennkammer für den Gasausbrand vor dem Wärmeentzug im Kessel.

- 1 Primärluftzufuhr
- 2 Füllschacht
- 3 Glutbett mit Vergasungszone
- 4 Sekundärluftzufuhr
- 5 Nachbrennkammer
- 6 Wärmetauscher
- 7 Abgas

Architecture d'une chaudière à combustion descendante comme exemple du principe de la combustion biétagée avec ventilateurs d'air primaire et secondaire ainsi que chambre séparée de postcombustion pour la combustion des gaz avant l'évacuation de la chaleur dans la chaudière.

- 1 Arrivée d'air primaire
- 2 Trémie de remplissage
- 3 Lit de braises avec zone de gazéification
- 4 Arrivée d'air secondaire
- 5 Chambre de postcombustion
- 6 Echangeur de chaleur
- 7 Gaz brûlés



Bild 6 / figure 6

Stückholzkessel mit Sturzbrand und Lambda-Regelung (Liebi LNC).

Chaudière à bûches à combustion descendante avec régulation lambda (Liebi LNC)

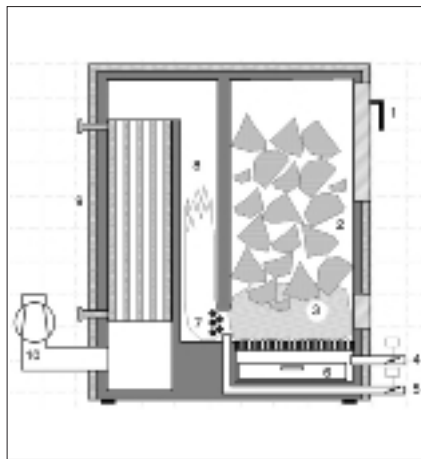


Bild 7 / figure 7

Stückholzkessel mit seitlichem unterem Abbrand.

- 1 Fülltüre
- 2 Füllschacht
- 3 Glutbett mit Vergasungszone
- 4 Primärluftzufuhr
- 5 Sekundärluftzufuhr
- 7 Turbulenzeinrichtung
- 8 Nachbrennkammer
- 9 Wärmetauscher
- 10 Abgasventilator

Chaudière à bûches à combustion inférieure latérale

- 1 Porte de remplissage
- 2 Trémie de remplissage
- 3 Lit de braises avec zone de gazéification
- 4 Arrivée d'air primaire
- 5 Arrivée d'air secondaire
- 7 Dispositif de création de turbulences
- 8 Chambre de postcombustion
- 9 Echangeur de chaleur
- 10 Ventilateur d'évacuation des gaz brûlés



Bild 9 / figure 9

Stückholzkessel mit seitlichem unterem Abbrand und liegender Nachbrennkammer (Guntamatic).

Chaudière à bûches à combustion inférieure latérale avec chambre de postcombustion horizontale (Guntamatic).



Bild 8 / figure 8

Stückholzkessel mit seitlichem unterem Abbrand und stehender Nachbrennkammer (Schmid).

Chaudière à bûches à combustion inférieure latérale avec chambre de postcombustion verticale (Schmid).



Die wichtigsten sicherheitstechnischen Funktionen bei handbeschieden Feuerungen umfassen das kontrollierte Öffnen des Beschiebungsrums zur Verhinderung austretender Gase (zum Beispiel durch Kontaktschalter und Ansteuerung des Saugzugventilators) sowie eine thermische Ablaufsicherung des Kessels bei geschlossenen hydraulischen Systemen.

## 7 Brennstoff und Betrieb

Bei allen handbeschieden Holzfeuerungen ist im täglichen Gebrauch zu beachten, dass nur naturbelassenes, trockenes und korrekt gelagertes Brennholz verbrannt wird (Bild 10). Erlaubt sind zudem Holzbricketts, sofern sie bindemittelfrei sind und keine Verunreinigungen enthalten. Die Verbrennung von Spanplatten, behandeltem Holz, Holz mit Farben oder Lacken sowie brennbaren Abfällen ist verboten. Die unerlaubte Verbrennung solcher Brennstoffe in handbeschieden Feuerungen oder offenen Feuern führt zu hohen Emissionen und giftigen Ascherückständen, welche bei Ausbringung der Asche im Garten zu einer Vergiftung des Bodens und der darauf angebauten Nahrungsmittel führt. Daneben wird auch die Lebensdauer der Feuerung verkürzt, da die freigesetzten Säuren Brennkammer, Kessel und Kamin angreifen.

Die zulässigen Brennstoffe sind durch die Luftreinhalteverordnung geregelt. Deren Vollzug obliegt den Kantonen, welcher eine entsprechende Stelle mit der Kontrolle beauftragen kann. Die Verwendung unerlaubter Brennstoffe in handbeschieden Holzfeuerungen kann durch Untersuchung der Ascherückstände in einem Asche-Schnelltest nachgewiesen werden. Der Asche-Schnelltest kann zum Beispiel vom Kaminfeger bei der periodischen Kontrolle durchgeführt oder bei Nachbarschaftsklagen infolge Geruchsbelästigung veranlasst werden. Weitere Informationen zu den zulässigen Brennstoffen und zu den Konsequenzen durch unerlaubte Verbrennung bieten das Bundesamt für Umwelt und die kantonalen Umweltschutzbehörden sowie die Initiative FairFeuern ([www.fairfeuern.ch](http://www.fairfeuern.ch)).

Der wichtigste Schadstoff aus handbeschieden Holzheizungen ist lungengängiger Feinstaub in Form von Russ und Teer, welcher bei schlechten Verbrennungsbedingungen in hohen Konzentrationen emittiert wird und zu Geruchsbelästigungen führen kann [2]. Sichtbarer und geruchlich wahrnehmbarer Rauch am Kaminaustritt ist ein Zeichen für eine unvollständige Verbrennung und einen mangelhaften Betrieb und darf nur in den ersten Minuten nach dem Anfeuern auftreten. Spätestens 15 Minuten nach dem Start darf kein sichtbarer Rauch mehr erkennbar sein. Ein emissionsarmer Betrieb setzt vor allem ein korrektes Anfeuern sowie die Verwendung von geeignetem und trockenem Holz voraus. In Kaminöfen und Holzöfen sollte zum Anfeuern feines, trockenes Holz verwendet und der Brennstoffstapel damit oben (!) angezündet werden. Das früher übliche Anzünden eines grossen Brennstoffstapels mit feinem Anzündholz unter dem Stapel führt dagegen zu lange andauernder und unzulässiger Rauchbildung. Ebenso führt die Verwendung zu grosser Holzstücke, das Füllen des Brennraums, zu frühes Schliessen der Zuluftklappen oder weitere Fehlbedienungen zu starker Rauchentwicklung. Zum richtigen Anfeuern gibt es zwei Merkblätter (Bild 11), die als pdf-Download verfügbar sind.

## 8 Typenprüfung und Qualitätssiegel

Zur Sicherstellung einer hohen Qualität für neue Holzessel und Holzöfen wird von Holzenergie Schweiz ein Qualitätssiegel für gute Holzfeuerungen vergeben. Geprüft werden Anforderungen bezüglich Emissionen und Wirkungsgrad, welche sich auf die Luftreinhalteverordnung und europäische Normen abstützen. Im Weiteren sind Anforderungen bezüglich Sicherheit und Bedienungsanleitung einzuhalten. Der Einsatz geprüfter Feuerungen gewährleistet einen hohen Qualitätsstandard bezüglich Verbrennungstechnik und Bedienungskomfort. In einigen Kantonen wird der Einsatz typengeprüfter Holzheizungen auch finanziell unterstützt. Die aktuelle Liste der geprüften Holzfeuerungen ist bei Holzenergie Schweiz ([www.holzenergie.ch](http://www.holzenergie.ch)) erhältlich.

cumulateur, la puissance de combustion de la chaudière varie en fonction de l'état de charge de l'accumulateur.

Avec des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle, les principales fonctions techniques de sécurité comprennent l'ouverture dûment contrôlée de la trémie de remplissage pour éviter l'échappement de gaz (par exemple moyennant un interrupteur et une commande du ventilateur de tirage à aspiration) ainsi qu'une sécurité thermique contre l'écoulement sur la chaudière pour des systèmes hydrauliques à circuit fermé.

## 7 Combustible et exploitation

Avec toutes les installations de chauffage à alimentation manuelle, on veillera systématiquement à n'utiliser que du bois de feu sec à l'état naturel correctement stocké (illustration 10). Il est en outre possible d'utiliser des briquettes de bois pour autant qu'elles ne contiennent pas de liants ou d'impuretés. Il est interdit de faire brûler des panneaux de particules, du bois traité, du bois muni d'une couche de peinture ou de vernis ainsi que des déchets de bois combustibles. La combustion de pareils combustibles prohibés dans des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle ou des foyers ouverts entraîne des émissions polluantes excessives et des résidus cendres toxiques qui, s'ils sont déposés dans un jardin, provoquent un empoisonnement du sol et des produits alimentaires cultivés sur celui-ci. Simultanément, la longévité de l'installation de chauffage est également écourtée, car les acides libérés attaquent la chambre de combustion, la chaudière et le conduit de fumée.

L'ordonnance sur la protection de l'air (Opair) donne la liste des combustibles autorisés. Son application relève de la compétence des cantons qui peuvent déléguer son contrôle à un office spécialisé. L'utilisation de combustibles prohibés dans des installations de chauffage au bois à alimentation manuelle peut être décelée par analyse des résidus cendres dans le cadre d'un test rapide des cendres. Ce test peut par exemple être réalisé par le ramoneur lors d'un contrôle périodique ou réclamé sur plainte du voisinage consécutivement à des nuisances nauséabondes. L'Office fédéral de l'environnement, les services cantonaux de la protection de l'environnement ainsi que le site de l'initiative FairFeuern.ch sont à disposition pour fournir de plus amples informations relatives aux combustibles autorisés et aux conséquences de la combustion de produits prohibés.

La principale substance nocive émise par des installations de chauffage au bois consiste en des poussières fines respirables sous forme de suie et de goudron, poussières qui, dans de mauvaises conditions de combustion, sont émises en de fortes concentrations et peuvent entraîner des nuisances nauséabondes [2]. Une fumée visible et malodorante qui sort d'une cheminée est un signe de combustion incomplète et d'exploitation déficiente qui ne doit durer que quelques minutes après l'allumage. 15 minutes au plus tard après le démarrage de l'installation, aucune fumée apparente ne doit être émise. Une exploitation pauvre en émissions polluantes présuppose surtout un allumage correct et l'utilisation de bois de feu bien sec. Dans des cheminées et des poêles à bois, l'allumage doit s'effectuer dans la partie supérieure avec du bois sec finement bûché sur lequel le combustible sera empilé. L'ancien allumage ordinaire de grosses bûches avec du petit bois placé dessous entraîne par contre une formation trop longue et inadmissible de fumée. L'utilisation de bûches trop grosses, le remplissage du foyer, la fermeture prématurée des clapets d'air ou d'autres fausses manœuvres entraînent également un dégagement excessif de fumée. Deux fiches techniques (figure 11) disponibles sous forme de documents pdf à télécharger sont garantes d'un allumage dans les règles de l'art.

## 8 Homologation et label de qualité

Pour garantir la qualité élevée de nouvelles chaudières à bois et de nouveaux poêles à bois, Energie Bois Suisse décerne un label de qualité aux très bonnes installations de chauffage au bois. On teste en l'occurrence les exigences requises en matière d'émissions polluantes et de rendement, exigences qui s'appuient sur l'ordonnance sur la protection de l'air ainsi que les normes européennes en vigueur. L'essai technique est réalisé par un institut d'essai accrédité tel que l'EMPA. Il convient en outre de respecter des exigences concernant la sécurité et les instructions de service ou le mode d'emploi. L'homologation est attestée par l'attribution du label de qualité ASEP (illustration 10). L'utilisation d'installations de chauffage homologuées garantit un standard de qualité élevé sur le plan de la technique de combustion et du confort de service. Dans quelques cantons, l'utilisation d'installations de chauffage au bois fait également l'objet de subventions financières. La liste des installations de chauffage au bois dûment homologuées à l'heure actuelle peut s'obtenir auprès de l'ASEB.



## 9 Anwendungsbeispiele

### 9.1 Solarhaus mit Holzofen in Schwyz

Das 1999 errichtete Zweifamilienhaus in Schwyz ist ein energetisch vorbildlich geplantes Gebäude, welches für die konsequente Bauweise mit dem Solarpreis ausgezeichnet wurde (Bild 12). Dank hervorragender Wärmedämmung, passiver Sonnenenergienutzung sowie kontrollierter Lüftung wird der Heizenergiebedarf deutlich unter den Minergie-Standard reduziert. Der verbleibende Restwärmebedarf wird mit einer Stückholzheizung gedeckt (Bild 13). Das nach Süden ausgerichtete Gebäude ist vertikal in zwei Hausteile gegliedert. Dank dem geringen Wärmebedarf beträgt die Heizperiode für den Holzofen lediglich drei Monate. In dieser Zeit muss der Holzofen durchschnittlich alle zwei Tage beschickt werden, was einen jährlichen Holzverbrauch von rund drei Ster ergibt. Bei einer Füllmenge von 28 kg Holz wird der Ofen pro Winter rund 50 Mal eingehitzt. Der Holzofen setzt einen Akzent als Raumteiler im grosszügigen Wohnraum.



Bild 10 / figure 10

Lagerung von Stückholz an gut durchlüftetem Ort und unter Dach.

Stockage de bûches sous abri à un endroit bien aéré.

## 9 Exemples d'application

### 9.1 Maison solaire avec poêle à bois à Schwyz

La maison bifamiliale édifée en 1999 à Schwyz est un bâtiment de conception énergétique exemplaire qui s'est vu décerner le Prix solaire pour son architecture extrêmement conséquente (illustration 12). Grâce à une isolation thermique remarquable, à l'exploitation passive de l'énergie solaire et à une ventilation contrôlée, les besoins en énergie de chauffage sont nettement inférieurs à ceux du standard Minergie. Le solde des besoins calorifiques est en l'occurrence couvert par une installation de chauffage à bûches (figure 13). Orienté au sud, le bâtiment est subdivisé verticalement en deux parties. Grâce aux faibles besoins calorifiques, la période d'utilisation du poêle à bois est de trois mois seulement par année. Pendant cette période, le poêle à bois doit être alimenté tous les deux jours en moyenne, ce qui correspond à une consommation annuelle d'environ trois stères de bois. Moyennant des charges unitaires de 28 kg de bois, le poêle est chauffé une cinquantaine de fois par année. Le poêle à bois apporte par ailleurs un élément esthétique intérieur en subdivisant la pièce de séjour en deux.



Bild 11 / figure 11

Richtig Anfeuern – Holzfeuerungen mit oberem Abbrand

Richtig Anfeuern – Holzfeuerungen mit unterem Abbrand

Bundesamt für Energie BFE

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) > Dokumentation > Publikationen > Datenbank all-gemeine Publikationen

Allumage, le bon départ! – Chauffages au bois à combustion supérieure

Allumage, le bon départ! – Chauffages au bois à combustion inférieure

Office fédéral de l'énergie OFEN

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) > Documentation > Publications > Base de données Publications générales



Bild 12 / figure 12

Solarhaus in Schwyz.

Maison solaire à Schwyz.



Bild 13 / figure 13

Ofen mit Zentralheizungseinsatz im Solarhaus in Schwyz (Chiquet Energietechnik).

Poêle avec insert de chauffage central dans la maison solaire de Schwyz (technique énergétique Chiquet).

Die Holzfeuerung ist eine Kombination von Ofen und Kessel: Rund ein Drittel der Wärme wird durch Strahlungswärme direkt dem Raum zugeführt, die restlichen zwei Drittel werden mit einem Kesseleinsatz für das Warmwasser und zur Heizungsunterstützung verwendet, wozu der mit der Solaranlage kombinierte Speicher genutzt wird. Die Holzfeuerung verfügt über eine automatische Abbrandregelung mit Restwärmenutzung und die Abbranddauer beträgt 6 bis 8 Stunden.

L'installation de chauffage au bois combine un poêle et une chaudière: environ un tiers de la chaleur est cédée directement dans le local sous forme de chaleur rayonnante, alors que les deux autres tiers sont utilisés dans une chaudière pour préparer de l'eau chaude et assurer un chauffage d'appoint en combinaison avec l'accumulateur et l'installation solaire. L'installation de chauffage au bois dispose d'une régulation automatique de la combustion avec exploitation de la chaleur résiduelle; la durée de la combustion est de 6 à 8 heures.

Architektur: Architekturbüro Josef Pfyl's Söhne GmbH, Ibach  
Planer: Haus-Technik-Planung Otmar Spescha, Schwyz  
Holzfeuerung: Chiquet, Ormalingen

Technische Daten:

Energiekennzahl Wärme: 42 MJ/m<sup>2</sup>a (Heizung 55 MJ/m<sup>2</sup>a, Warmwasser 43 MJ/m<sup>2</sup>a, abzüglich Solarertrag 56 MJ/m<sup>2</sup>a)  
Minergie-Energiekennzahl Wärme: 63 MJ/m<sup>2</sup>a (Minergie-Standard 160 MJ/m<sup>2</sup>a)  
Energiekennzahl Elektrizität: 55 MJ/m<sup>2</sup>a  
Energiekennzahl Total (H+WW+E): 97 MJ/m<sup>2</sup>a

Holzheizung: Leistung 15 kW, Restwärmenutzung, Abbrandregelung, Jahresbedarf für Heizung und Warmwasser 5800 kWh/a (rund 3 Ster)  
Solarwärme: 20,3 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren, 106 m<sup>2</sup> Fensterfassade, solarer Deckungsgrad Heizung und Warmwasser 50% (2 Wohneinheiten)  
Lüftungsanlage mit WRG und Erdregister

Besonderes: Solarpreis 1999 und Minergie-Zertifikat SZ-002

Architecture: bureau d'architecture Josef Pfyl's Söhne GmbH, Ibach  
Planificateur: Haus-Technik-Planung Otmar Spescha, Schwyz  
Installation de chauffage au bois: Chiquet, Ormalingen

Caractéristiques techniques:

Indice pondéré de dépense d'énergie thermique: 42 MJ/m<sup>2</sup>a (chauffage 55 MJ/m<sup>2</sup>a, eau chaude 43 MJ/m<sup>2</sup>a, moins rendement solaire 56 MJ/m<sup>2</sup>a)  
Indice pondéré de dépense d'énergie thermique Minergie: 63 MJ/m<sup>2</sup>a (standard Minergie 160 MJ/m<sup>2</sup>a)  
Indice de dépense d'énergie électrique: 55 MJ/m<sup>2</sup>a  
Indice de dépense d'énergie totale (chauffage + eau chaude + électricité): 97 MJ/m<sup>2</sup>a

Installation de chauffage au bois: puissance 15 kW, exploitation de la chaleur résiduelle, régulation de la combustion, besoins annuels pour le chauffage et la préparation d'eau chaude 5800 kWh/a (environ 3 stères)  
Chaleur solaire: 20,3 m<sup>2</sup> capteurs solaires, 106 m<sup>2</sup> façades vitrées, degré de couverture solaire chauffage et eau chaude 50 % (2 unités d'habitation)  
Installation de ventilation avec récupération de la chaleur et registre terrestre

Remarque: Prix solaire 1999 et certificat Minergie SZ-002

## 9.2 Reihenhäuser mit Stückholzheizung in Spiez

Die modernen Reiheneinfamilienhäuser in Spiez verfügen über eine gemeinsame Heizanlage mit einem Stückholzkessel (Bild 14). Ein Wasserspeicher mit einem integrierten Boiler wird zusätzlich von einer Solaranlage für die Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung aufgeheizt. Der Stückholzkessel wurde in der Schweiz hergestellt und bietet dank einem grossen Füllschacht einen hohen Bedienungskomfort (Bild 15). Eine Lambda-Sonde und die elektronische Verbrennungsregelung dienen zur Optimierung des Ausbrands im Feuerraum mit getrennter Primär- und Sekundärluftzufuhr. Die Regelung stellt für unterschiedliche Brennstoffe wie Hart- oder Weichholz, Spalten oder Holzbriketts automatisch die optimale Luftmenge ein.

## 9.2 Maisons en enfilade avec installation de chauffage à bûches à Spiez

Le lotissement de maisons modernes en enfilade de Spiez dispose d'une installation de chauffage collective dotée d'une chaudière à bûches (illustration 14). Un accumulateur d'eau à chauffe-eau intégré est en outre chauffé par une installation solaire pour préparer de l'eau chaude et assurer un chauffage d'appoint. La chaudière a été fabriquée en Suisse; grâce à sa grande trémie de remplissage, elle assure un confort de service élevé (illustration 15). Une sonde lambda et une régulation électronique de la combustion permettent d'optimiser la combustion dans le foyer sous apport séparé d'air primaire et d'air secondaire. La régulation règle automatiquement la quantité d'air optimale pour différents combustibles tels que bois dur, bois tendre, des quartiers ou des briquettes de bois.



*Bild 14 / figure 14*  
Reihenhaussiedlung mit Holz- und Solarheizung in Spiez.

Lotissement de Spiez avec installation de chauffage au bois et installation solaire

*Bild 15 / figure 15*  
Stückholzzentralheizung der Siedlung in Spiez (Liebi LNC).

Installation de chauffage central à bûches du lotissement de Spiez (Liebi LNC).



Architektur: HMS Architekten und Planer AG, Spiez  
Holzheizung: Liebi LNC AG, Oey-Diemtigen, Stückholzheizkessel  
Aspiro TL 35  
Kesselleistung 17 bis 35 kW

Architecture: HMS Architekten und Planer AG, Spiez  
Installation de chauffage au bois: Liebi LNC AG, Oey-Diemtigen,  
chaudière à bûches Aspiro TL 35  
Puissance de la chaudière 17 à 35 kW

## 10 Literatur

- [1] Nussbaumer, Th.: Energie aus Biomasse, Springer, ISBN 3-540-64853-42001, Berlin u.a. 2001, 288–389
- [2] Klippel, N.; Nussbaumer, T.: Feinstaubbildung in Holzfeuerungen und Gesundheitsrelevanz von Holzstaub im Vergleich zu Dieselruss, 9. Holzenergie-Symposium, 20. Oktober 2006, ETH Zürich, Verenum und Bundesamt für Energie, Zürich und Bern 2006. ISBN 3-908705-14-2, 21–40

## 10 Bibliographie

- [1] Nussbaumer, Th.: Energie aus Biomasse, Springer, ISBN 3-540-64853-42001, Berlin u.a. 2001, 288–389
- [2] Klippel, N., Nussbaumer, Th.: Feinstaubbildung in Holzfeuerungen und Gesundheitsrelevanz von Holzstaub im Vergleich zu Dieselruss (formation de poussières fines dans des installations de chauffage au bois et importance de la poussière de bois pour la santé publique comparativement à une suie Diesel), 9e Symposium du bois-énergie, 20 octobre 2006, EPF Zurich, Verenum et Office fédéral de l'énergie, Zurich et Berne, 2005. ISBN 3-908705-14-2, 21–40