

Fachvortrag ZTL
Liebi LNC AG / P. Liebi

Heizen mit Holz

Holz als Brennstoff

Stückholzheizkessel / handbeschickte Anlagen

Holz als Brennstoff

Stückholzheizkessel / handbeschickte Anlagen

1. Allgemeines zur Holzverbrennung	3
1.1 Der Brennstoff Holz.....	3
1.2 Definition Holzbrennstoffe nach LRV (Luftreinhalteverordnung)	4
2 Stand und Potential der Holzenergienutzung in der Schweiz.....	5
2.1 Die Energie in der Schweiz.....	5
2.2 Das Potential der Holzenergie	5
3 Holzbrennstoffe	7
3.1 Eigenschaften von Holzbrennstoffen	7
3.2 Chemische Zusammensetzung von Holzbrennstoffen	7
3.3 Wassergehalt und Feuchtigkeit	7
3.4 Heizwert von Holz.....	8
3.4.1 Einfluss des Wassergehaltes auf den Holzverbrauch und die Verbrennungstemperatur:	8
3.5 Substitution konventioneller Energieträger durch Holzbrennstoffe	9
4 Verbrennungsvorgang	9
4.1 Der pyrolytische Vorgang.....	9
4.2 Technische und konstruktive Voraussetzungen für eine vollständige Verbrennung.....	11
4.2.1 Feuerungstechnik	11
4.3 Verbrennungsregelung.....	11
4.3.1 Konstruktiver Aufbau eines Holzheizkessels (Holzvergaserheizkessel mit Lambda-Sonde).12	
5 Holzheizgeräte und Holzfeuerungs-systeme	12
5.1 Massgeschneiderte Lösungen dank differenzierter Technik	12
5.2 Entscheidungsablauf zur Wahl des Holzfeuerungs-systems.....	13
5.3 Stückholz-kessel.....	13
5.3.1 Durchbrandkessel	13
5.3.2 Kessel mit unterem Abbrand	14
5.3.3 Sturzbrandkessel	14
5.3.4 Kessel mit oberem Abbrand.....	14
6 Systemtechnik.....	15
6.1 Sicherheitstechnische Einrichtungen	15
6.2 Anlagekonzeption	15
6.3 Wärmespeicher in Holzfeuerungs-anlagen	16
6.3.1 Berechnung des empfohlenen minimalen Speichervolumens	16
6.4 Alternative Anlagen.....	17
6.4.1 Holz-Oelfeuerungs-anlage	17
6.4.2 Holz-Solar-Anlage	17

1. Allgemeines zur Holzverbrennung

Die nachwachsenden Holzbrennstoffe sind gespeicherte Sonnenenergie das heist, es wird bei der Verbrennung nur so viel CO² freigesetzt wie beim Wachsen des Baumes der Atmosphäre entnommen wurde. Biomasse ist deshalb CO² - neutral. Sie liegt –anders als als die Nutzung der Solar und Windkraft – in gespeicherter Form vor. Daher kann die Biomasse genau dann eingesetzt werden, wenn Bedarf vorhanden ist. Sie standen der Menschheit seit Urzeiten zur Verfügung.

Holz war lange Zeit auch der einzige Energieträger für Gewerbe und Industrie. Ganze Landstriche sind von einer intensiven Holznutzung geprägt worden. Brennholzverknappung war häufig der Grund für den Niedergang blühender Städte und Industrien. Die Energieprobleme der Vergangenheit waren Versorgungsprobleme für Holzbrennstoffe.

Vom offenen Lagerfeuer über den Kamin entwickelte sich die Holzheiztechnik des Mittelalters vom Stubenofen aus Stein und Gusseisen, zum Kachelofen aus keramischem Material bis zum automatisch beschickten Spezialheizkessel für die Holzverbrennung des 20. Jahrhunderts. Viele gute Entwicklungen sind zur Zeit des billigen Heizöls und des Erdgases in Vergessenheit geraten. Neue Techniken zur Wärmeengewinnung aus Holz, etwa die Holzvergasung, sind im Zuge der allgemeinen technischen Wissensvermehrung entstanden.

Das Heizen mit Holz ist heute kaum noch mit dem oft mühevollen Vorgang zu vergleichen, an den sich ältere Personen noch zu erinnern vermögen. Im Zeitalter des „Steckdosenkomforts“ kann eine Holzheizung unter wirtschaftlich attraktiven Bedingungen ein hohes Mass an Komfort liefern. Besonders in waldreichen Gegenden ist Heizholz wieder zu einem interessanten Energieträger geworden. Durch Rückbesinnung auf den bewährten heimischen Brennstoff werden immer mehr Holzheizungen betrieben als noch vor einigen Jahren. Nicht vergessen dürfen wir die regionale Wertschöpfung. Wir alle sollten uns wieder besinnen und unser Geld im eigenen Land belassen und damit die Land- und Forstwirtschaft sowie die Holzverarbeitende Industrie zu stärken.

1.1 Der Brennstoff Holz

Im Vergleich zu Heizöl, an dem sich die modernen Heiztechniken orientieren müssen, ist Holz bezogen auf den Energieinhalt teurer im Transport, unbequemer in der Handhabung und schlechter zu lagern. Die Wirtschaftlichkeit des Holzheizens wird deshalb durch Faktoren bestimmt, die bei Oelheizungen zur Zeit noch keine wesentliche Rolle spielen. Bei Holz ergeben sich technisch und wirtschaftlich interessante Ansätze, wenn der Brennstoff am Ort seines Anfalls auch energetisch genutzt wird. Am Standort einer Holzheizanlage sollte deshalb auch Brennholz im benötigten Umfang verfügbar sein. Wo Abfallholz anfällt, kann auch dessen energetische Nutzung unter wirtschaftlichen Bedingungen erwogen werden.

Holz wächst entweder auf heimischem Boden oder es wird bereits in veredeltem Zustand importiert. Der heimische Baum liefert neben dem genutzten Stamm auch Äste und andere nicht nutzbare Teile. Also eine nicht unerhebliche Waldrestholzmenge, die für Heizzwecke genutzt werden kann.

Die im Inland anfallenden Holzbrennstoffe aus heimischer Erzeugung und Import stammen aus den folgenden Quellen:

- **Wald (private, kommunale und staatliche Wälder)**
- **Baumpflege (Obstbau, Parkanlagen, Strassenrandbepflanzungen usw.)**
- **Abfallholz (holzver- und holzbearbeitende Industrie, Gewerbe usw.)**
- **Holz Müll (Abbruchholz, Altmöbel, Verpackungsmaterial)**

Ziel der Entwicklung ist eine möglichst wertgerechte Verwendung des Holzes. Minderwertige Sortimente sollten wenn, möglich energetisch genutzt werden.

Nach Schätzungen bleiben heute Millionen Tonnen Holz-Biomasse ungenutzt. Nur ein Teil fällt hiervon in der Holzver- und holzbearbeitenden Industrie an, während das grösste Potential im Wald selbst zu finden ist.

1.2 Definition Holzbrennstoffe nach LRV (Luftreinhalteverordnung)

Als Holzbrennstoffe gelten:

- a. naturbelassenes stückiges Holz einschliesslich anhaftender Rinde, z.B. in Form von Scheitholz oder bindemittelfreien Holzbriketts, sowie Reisig und Zapfen;
- b. naturbelassenes nicht stückiges Holz, beispielsweise in Form von Hackschnitzeln, Spänen, Sägemehl, Schleifstaub oder Rinde;
- c. Restholz aus der Holzverarbeitenden Industrie und dem Holzverarbeitenden Gewerbe sowie von Baustellen, soweit das Holz nicht druckimprägniert ist und keine Beschichtungen aus halogenorganischen Verbindungen enthält.

Nicht als Holzbrennstoffe gelten:

- a. Altholz aus Gebäudeabbrüchen, Umbauten, Renovationen und Altholz aus Verpackungen oder alte Holzmöbel sowie Gemische von Altholz mit Holzbrennstoffen nach Absatz 1;
- b. Alle übrigen Stoffe aus Holz, wie:
 1. Altholz oder Holzabfälle, die mit Holzschutzmitteln nach einem Druckverfahren imprägniert wurden oder Beschichtungen aus halogenorganischen Verbindungen aufweisen;
 2. Mit Holzschutzmitteln wie Pentachlorphenol intensiv behandelte Holzabfälle oder Altholz;
 3. Gemische von solchen Abfällen mit Holzbrennstoffen nach Absatz 1 oder Altholz nach Buchstabe a.

2 Stand und Potential der Holzenergienutzung in der Schweiz

Der Vergleich mit Deutschland bringt fast die gleichen Ergebnisse. Deutschland stellt im Vergleich mit den sogen. Pionierländern Österreich und Schweden (über 10 % des Primärenergiebedarfs) mit ca. 2% noch ein Entwicklungsland dar.

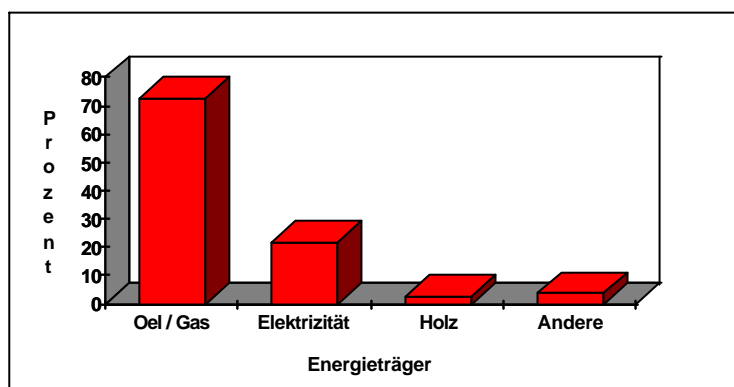
Über viele Jahrtausende war Holz mit Abstand das wichtigste Baumaterial und der einzige Energieträger des Menschen. Seit der industriellen Revolution und dem Boom der Städte erlangten fossile Energieträger sowie die Elektrizität immer grössere Bedeutung und verdrängten das Holz in zunehmendem Mass. Heute deckt Holz 2,2 Prozent des Schweizer Gesamtenergieverbrauches. Die in jüngerer Zeit aufgekommene Diskussion über globale Umweltprobleme und **Ressourcenknappheit lassen einheimische, erneuerbare und CO₂-neutrale Energieträger wieder zunehmend in den Mittelpunkt des energiepolitischen Interesses rücken.** Die Nutzung von Energieholz hat deshalb in den letzten Jahren von 1,75 auf 2,1 Millionen Kubikmeter (Festmeter) zugenommen. Wir sehen also, dass der Vergleich Schweiz und Deutschland auf keinen Fall hinkt und eine direkte Verbindungslinie gezogen werden kann.

2.1 Die Energie in der Schweiz

Ziel der neuen Energiepolitik unseres Landes ist eine möglichst umweltfreundliche und krisenresistente Energieversorgung. Besonderes Interesse gilt dabei jenen Energieträgern, die auch in Zeiten gestörter Versorgung unbeschränkt zur Verfügung stehen.

In der derzeitigen weltpolitischen Lage wichtiger denn je.

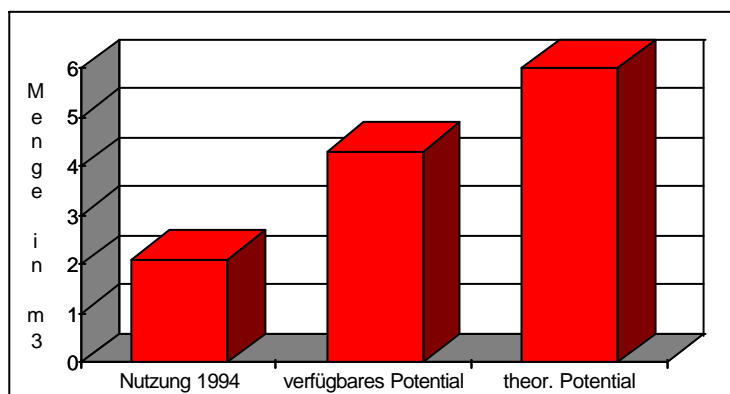
Gesamtenergieverbrauch in der Schweiz (Stand 1994):



2.2 Das Potential der Holzenergie

Die in der offiziellen Statistik ausgewiesene, jährliche Energieholznutzung ist lediglich eine Schätzung. Besonders schwer erfassbar ist der ländlich-häusliche Bereich, in dem schätzungsweise zwei Drittel des Energieholzes in Form von Stückholz genutzt werden. Der heutigen Jahresnutzung von 2,1 Millionen Kubikmetern steht ein kurz- bis mittelfristig verfügbares Potential von 3,7 bis 4,9 Millionen Kubikmetern gegenüber. Das theoretische Potential läge sogar bei rund 6 Millionen Kubikmetern.

Die in der Schweiz heute in Betrieb stehenden Holzfeuerungen nutzen,



wie erwähnt, jährlich etwa 2,1 Millionen Kubikmeter Energieholz. Sie substituieren insgesamt etwa 420'000'000 kg Heizöl und verbessern die CO₂-Bilanz unserer Atmosphäre um mehr als 1,3 Millionen Tonnen.

3 Holzbrennstoffe

3.1 Eigenschaften von Holzbrennstoffen

Bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften unterscheiden sich die Holzarten nur geringfügig.

Einen wesentlichen Einfluss auf alle Eigenschaften hat die Holzfeuchtigkeit.

3.2 Chemische Zusammensetzung von Holzbrennstoffen

Die chemische Zusammensetzung wird für absolut trockenes Holz ermittelt. Die Analyse enthält also nur chemisch gebundene Stoffe, nicht aber Wasser das in Hohlräumen oder Zellen eingeschlossen ist.

Für bekannte Hölzer werden folgende chemischen Zusammensetzungen genannt:

Holzart	Kohlenstoff Masse %	Wasserstoff Masse %	Sauerstoff Masse %	Rest Masse %
Birke	48.5	5.9	45.3	0.3
Rotbuche	48.3	6.1	45.3	0.3
Eiche	49.5	5.9	44.4	0.4
Fichte	50.6	6.0	43.2	0.2
Lärche	52.0	6.4	41.4	0.2
Tanne	51.0	6.3	42.5	0.2

Massevergleich – kein Raummeter

Tabelle chemische Zusammensetzung von Holz

Zwischen den einzelnen Holzarten bestehen also keine wesentlichen Unterschiede.

3.3 Wassergehalt und Feuchtigkeit

Für den technischen Bereich wird die im Holz gebundene Wassermenge mit Definitionen erfasst. Dabei werden die Größen Wassergehalt und relative Feuchte in der Praxis verwendet.

$$\text{Wassergeh. } x = \frac{\text{Masse des Wassers}}{\text{Masse des feuchten Holzes}} \quad [\text{kg/kg}]$$

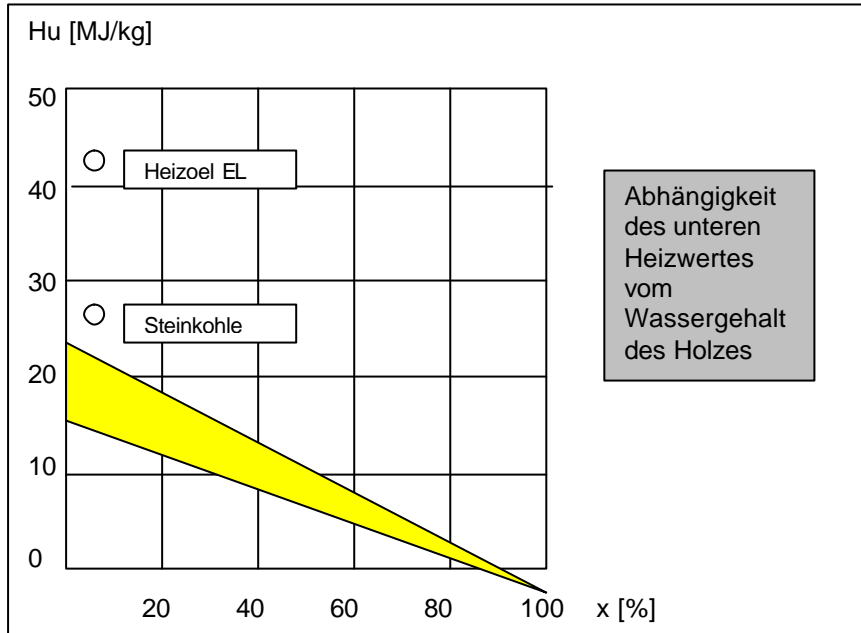
$$\text{rel. Feuchte } u = \frac{\text{Masse des Wassers} \cdot 100}{\text{Masse des trockenen Holzes}} \quad [\%]$$

Gegenüberstellung von Wassergehalt und rel. Feuchte:

Wassergehalt in %	rel Feuchte in %
0.1	11
0.2	25
0.3	43
0.4	67
0.5	100
0.6	150
0.7	230

3.4 Heizwert von Holz

Auch die unteren Heizwerte H_u von Holzbrennstoffen unterscheiden sich von Holzart zu Holzart nur geringfügig. Die Feuchtigkeit des Holzes beeinträchtigt die Heizwerte jedoch sehr stark, da vom idealen Heizwert die Verdampfungswärme des Wasseranteils abgezogen wird.



Graphische Darstellung des Heizwertes von Holzbrennstoffen

3.4.1 Einfluss des Wassergehaltes auf den Holzverbrauch und die Verbrennungstemperatur:

Wassergehalt x in %	Heizwert MJ/kg	Rel. Holzverbrauch In %	Verbrennungstemperatur °C
0	18.8	100	1200
10	16.2	113	1150
20	14.1	130	1100
30	11.9	171	1040
40	9.7	217	960
50	7.5	286	870

-> **Schlussfolgerung:**

Zur Bereitstellung einer bestimmten Wärmemenge benötigt man also sehr viel weniger Holz, wenn der Brennstoff gut getrocknet ist.

3.5 Substitution bzw. vollständiger Ersatz konventioneller Energieträger durch Holzbrennstoffe

Die nachfolgende Aufstellung gibt die Holzbrennstoffmengen an, die zur Substitution des genannten konventionellen Energieträgers benötigt werden. Die Holzbrennstoffe werden bei einer relativen Feuchte von 20% eingesetzt. Für die konventionellen Brennstoffe werden folgende Heizwerte berücksichtigt:

<u>Energieträger</u>	<u>Unterer Heizwert</u>
Heizöl EL	35,70 MJ/ltr
Erdgas	32,86 MJ/Nm ³
Steinkohle	28,89 MJ/kg
Strom	3,60 MJ/kWh

Zur Substitution der in Klammern angegebenen Mengen der konventionellen Energieträger müssen die folgenden Holzbrennstoffmengen eingesetzt werden:

<u>Holzart</u>	Heizöl EL (1000 ltr.)	Erdgas (1000 Nm ³)	Steinkohle (1000 kg)	Strom (1000 kWh)
Hartholzscheite (Ster)	4.5	4.2	3.7	0.46
Weichholzscheite (Ster)	6.3	5.8	5.3	0.68
Laubholzschnitzel (Schm ³)	12.4	11.5	10.1	1.26
Nadelholzschnitzel (Schm ³)	15.5	14.3	12.7	1.57

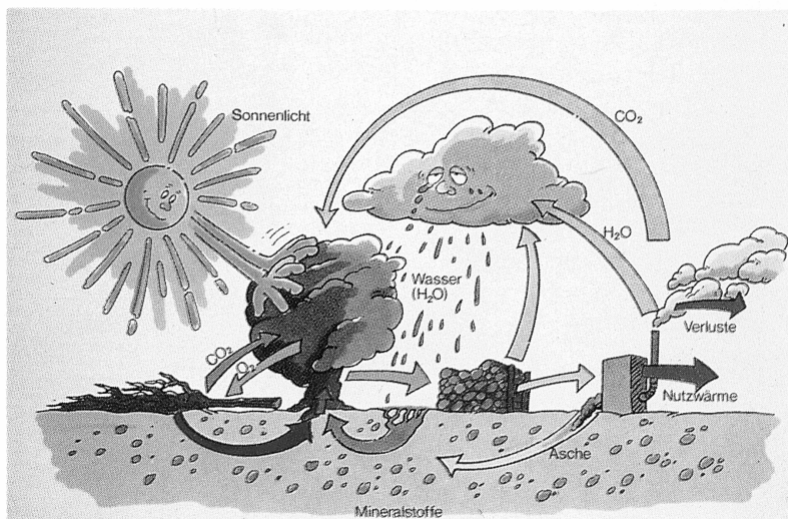
Die angegebenen Mengen sind Richtwerte für Substitutionsüberlegungen ohne Berücksichtigung der feuerungstechnischen Wirkungsgrade.

4 Verbrennungsvorgang

4.1 Der pyrolytische Vorgang

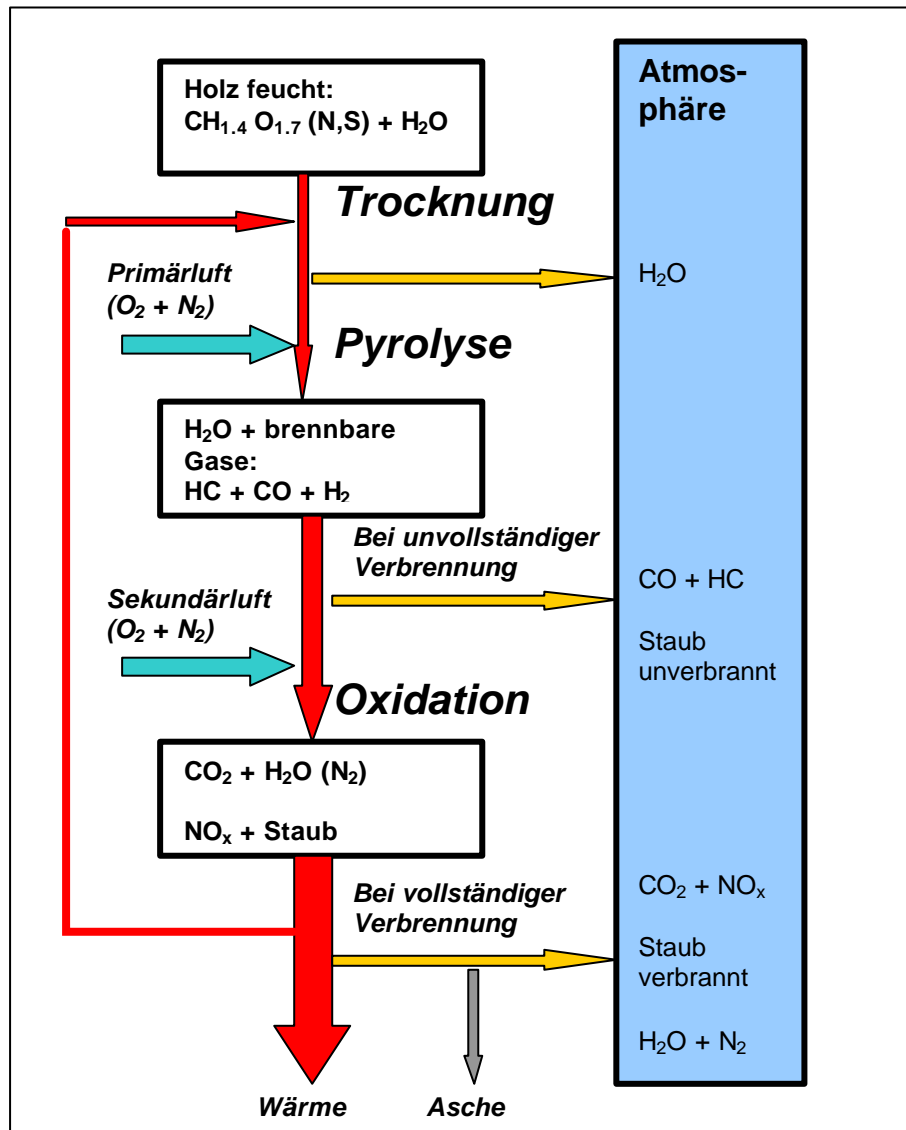
Bei der Verbrennung von Holz wird diejenige Energiemenge freigesetzt, die in Form von Sonnenlicht bei der Assimilation im Blattgrün zur Erzeugung von **Lignin** und **Zellulose** chemisch gebunden worden ist. **Holz ist deshalb gespeicherte Sonnenenergie.** Was der wachsende Baum in Jahren mit geringer Energiedichte eingesammelt hat, wird bei der Verbrennung von Holz in kurzer Zeit bei hoher Energiedichte wieder freigesetzt. Die anderen für die Assimilation benötigten Stoffe, nämlich Kohlendioxid (CO₂), Wasser und Mineralien, werden bei der Verbrennung ebenfalls wieder freigesetzt. Die Holzverbrennung schliesst also, ebenfalls wie die Holzverwesung im Wald einen natürlichen Kreislauf. Bei einer nachhaltigen Waldpflege ist deshalb eine Erhöhung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre durch die energetische Nutzung von Holz nicht zu befürchten.

Holz und die Photosynthese



Die Verbrennung von Holz kann in drei Phasen gegliedert werden:

- ⇒ Erwärmung und Trocknung
- ⇒ Entgasung und thermische Zersetzung (Pyrolyse)
- ⇒ Verbrennung



Die graphische Darstellung zeigt die Reaktionsgleichung der Holzverbrennung:

Die **Primärluft** wird in der Glutzone zur Unterhaltung der Pyrolyse und zur Oxidation der Holzkohle zugeführt. Nach der Glutzone werden die brennbaren Gase mit der **Sekundärluft** zur anschließenden Oxidation vermischt

4.2 Technische und konstruktive Voraussetzungen für eine vollständige Verbrennung

Die wichtigsten Voraussetzungen für eine vollständige Verbrennung von Holz sind eine hohe Temperatur, ausreichende Aufenthaltszeit in der heissen Zone und gute Vermischung der Verbrennungsluft mit dem Holz und den aus dem Holz freigesetzten brennbaren Gasen.

Bei der Holzverbrennung ergibt sich aus der Forderung nach hoher Temperatur zudem die Forderung nach einer Verbrennung bei **kleinem Luftüberschuss I**.

Für eine vollständige Verbrennung muss somit folgende Regel erfüllt sein:

TTT: Time, Temperature + Turbulence

3-T-Regel

sowie zum Erreichen einer hohen Verbrennungstemperatur die Bedingung:

kleiner Luftüberschuss I

Ohne Luftüberschuß - unvollständige Verbrennung
 Kohlenmonoxidbildung (Gastechnik bei unvollst. Verbrennung)
 Niedrigerer Wirkungsgrad
 Zu viel Luftüberschuß – niedrigerer Wirkungsgrad
 Luftgekühlte Flamme und niedrige Abgastemperatur
 (Versottungsgefahr des Schornsteines)

4.2.1 Feuerungstechnik

Zur Erzielung einer hohen Temperatur müssen in der Feuerung auch die Verbrennung und der Wärmeentzug örtlich getrennt sein. Damit eine gute Vermischung der Holzgase erreicht werden kann, wird die Verbrennung in die Vergasung und Oxidation aufgeteilt. Die Feuerung wird somit in Zonen unterteilt, in denen vorwiegend die Prozesse **Vergasung, Oxidation und Wärmeentzug** ablaufen.

Zusammengefasst ergeben sich für die Feuerungskonstruktion folgende Anforderungen:

- **Aufteilung der Verbrennungsluft in Primär- und Sekundärluft**
- **homogene Vermischung der Sekundärluft mit den brennbaren Gasen**
- **richtig dimensionierte und ungekühlte Nachbrennkammer**

4.3 Verbrennungsregelung

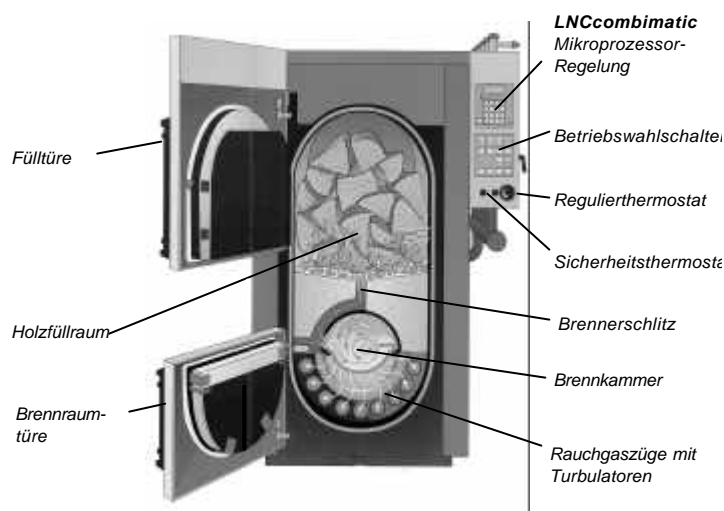
Der markante Anstieg der Emissionen bei falscher Einstellung der Luftzufuhr führt zu der Forderung, dass eine Feuerung auf den jeweils eingesetzten Brennstoff einreguliert werden muss. Da Schwankungen der Brennstoffqualität in der Praxis nicht zu vermeiden sind, werden viele Anlagen in der Praxis bei zu hohem Luftüberschuss oder aber unter Luftmangel betrieben, was zu erhöhten Emissionen und vermindertem Wirkungsgrad führt. Mit geeigneten Regelsystemen können die Schwankungen der Betriebsbedingungen teilweise ausgeglichen werden, so dass die Verbrennung immer in der Nähe der optimalen

Betriebspunktes verläuft.

Zur Verbrennungsoptimierung kann die Verbrennungsluft und/oder die Holzzufuhr durch eine entsprechende Regelung den jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst werden. Als Messgrößen dienen z.B. der Sauerstoffgehalt der Abgase oder die Verbrennungstemperatur. Bei modernen Holzfeuerungsanlagen (Gross- und Kleinanlagen) werden für die Optimierung der Verbrennung heute Lambda-Sonden zur Regelung eingesetzt. Daneben ist auch der Einsatz weiterer Messgrößen denkbar die eine weitere Optimierung ermöglichen könnten, wie z.B. Sensoren zur Erfassung von unverbrannten Stoffen (Rauchdedektoren).

4.3.1 Konstruktiver Aufbau eines Holzheizkessels (Holzvergaserheizkessel mit Lambda-Sonde)

Schnittbild Holzheizkessel *LNC-Aspiro TL*
mit *Lambda-Sonde*



Feuerung mit konstruktiver Aufteilung der Zonen *Vergasung, Oxidation und Wärmeentzug*

5 Holzheizgeräte und Holzfeuerungs-systeme

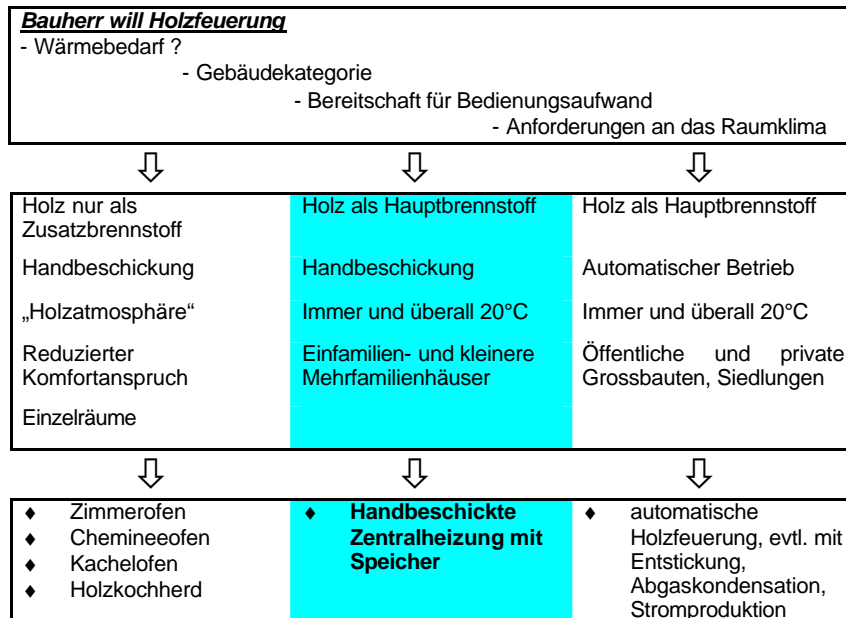
5.1 Massgeschneiderte Lösungen dank differenzierter Technik

Eine zentrale Voraussetzung für ein vermehrtes Nutzen der Holzenergie ist eine Feuerungstechnik, welche ein möglichst bedienungsfreundliches, effizientes und umweltgerechtes Verbrennen des Holzes erlaubt. In den letzten Jahren hat, nicht zuletzt dank eines gewissen Druckes seitens der Luftreinhalte-Gesetzgebung, ein gewaltiger Innovationsschub bei den Holzfeuerungen stattgefunden. Moderne, richtig betriebene Holzfeuerungen weisen sehr tiefe Abgaswerte auf und haben keinerlei Probleme mit der Einhaltung der strengen Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung LRV 92.

Das Spektrum heutiger Holzfeuerungs-Systeme ist breit und reicht vom einfachen Zimmerofen bis zur automatischen Grossfeuerung mit Fernwärmenetz, mit welcher Wärme und Strom im grossen Stil erzeugt werden können.

Beim Entscheid für ein bestimmtes System steht der erforderliche Wärmeleistungsbedarf im Vordergrund. Daneben spielen aber auch andere Faktoren - wie Platzverhältnisse, Komfortansprüche und Versorgungssituation - eine wichtige Rolle. Es lohnt sich immer bei der Wahl des Feuerungs- und Anlagensystems sorgfältig vorzugehen.

5.2 Entscheidungsablauf zur Wahl des Holzfeuerungs-systems



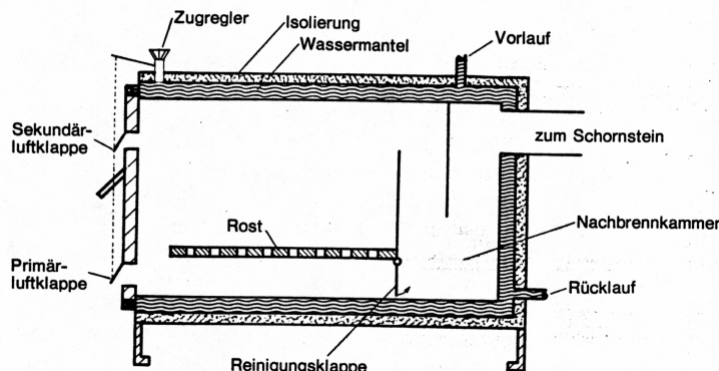
Nachstehend gehen wir auf die Thematik der „handbeschickten Holzheizkessel“ sogenannte Stückgut- oder Stückholzkessel für Zentralheizungsanlagen ein:

5.3 Stückholzkessel

In Stückholzkesseln können Holzstücke und Spalten unzerkleinert verbrannt werden. Die Stückgrösse richtet sich nach den Abmessungen des Feuerraums des Kessels. Bedingt durch die Brennstoffbeschaffenheit werden unterschiedliche Verbrennungsprinzipien bei Stückgutkesseln angewandt. Die Kessel unterscheiden sich ferner durch die Vorrichtungen zur Verbesserung der Verbrennung und der Rauchgasqualität.

5.3.1 Durchbrandkessel

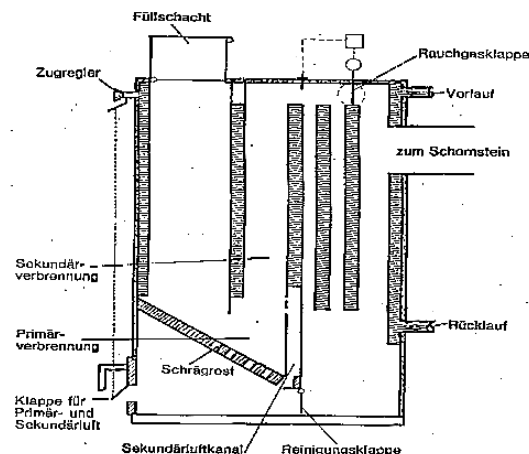
Beim Durchbrandkessel wird der Feuerraum mit Brennstoff gefüllt und die Primärluft unterhalb oder in Höhe des Brenngutes zugeführt. Das Feuer erfasst das gesamte Brennmaterial relativ rasch und brennt „durch“. Die in der Entgasungsphase austretenden Schwelgase und Teere sammeln sich oberhalb der Glutzone im noch unverbrannten Material und reagieren zusammen mit Frischluft aus dem Sekundärluftstrom in einer zweiten Verbrennung. Beim Durchbrandkessel kann die Verbrennung über eine Drosselung der Luftzufuhr nur begrenzt geregelt werden.



5.3.2 Kessel mit unterem Abbrand

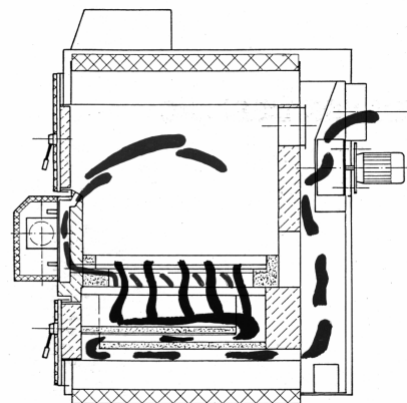
Im Unterbrandkessel wird eine gewisse Brennstoffmenge zwischengelagert. Das Brennmaterial wird am unteren Ende des Füllschachtes mit Verbrennungsluft in Verbindung gebracht. Es rutscht von selbst nach unten und zwar stets nur die unten abgebrannte Menge.

Der Brennraum im unteren Bereich des Kessels ist im allgemeinen ausschamottiert. Die Entgasung ist also gut und vollständig. In der nachgeschalteten Nachbrennzone wird den Brenngasen erhitzte Sekundärluft beigemischt. Bei den Unterbrandkesseln ist also auch die Nachverbrennung sehr effizient. Bei dieser Art der Verbrennung lässt sich die Wärmeabgabeleistung besser durch Drosselung der Luftzufuhr regeln als beim Durchbrandkessel. Ein Pufferspeicher wird dennoch unbedingt empfohlen.



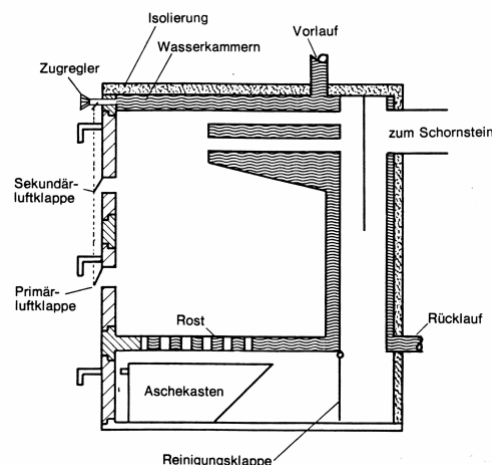
5.3.3 Sturzbrandkessel

Sturzbrandkessel sind ebenfalls Kessel mit unterem Abbrand, die Flamme jedoch wird unter Einwirkung mechanisch zugeführter Verbrennungsluft nach unten gerichtet. Im Gegensatz zu einem konventionellen Heizkessel mit unterem Abbrand funktioniert ein Sturzbrandkessel nur mit einer Luftzufuhr mittels eines Zuluftgebläses oder eines Saugzugventilators



5.3.4 Kessel mit oberem Abbrand

Bei Kesseln mit oberem Abbrand wird die Verbrennungsluft oberhalb des Brennmaterials zugeführt. Das Brennmaterial brennt deshalb von oben nach unten ab. In der Nachbrennkammer wird die Verbrennung der Schwelgase durch Einleiten der Sekundärluft bewirkt. Kessel mit oberem Abbrand werden relativ selten für die Verbrennung von Stückholz eingesetzt, da eine Entzündung der gesamten Brennstofffüllung häufig nicht verhindert werden kann. Bei der Verbrennung von Stückholz verhalten sich solche Kessel weitgehend wie Durchbrandkessel.



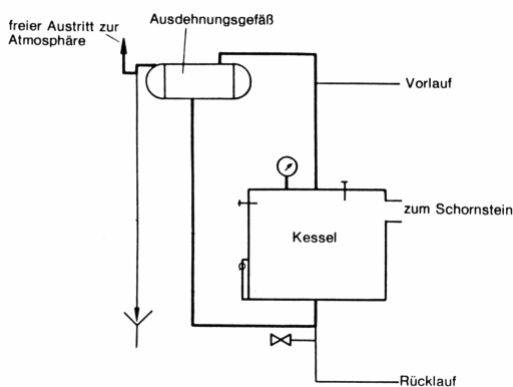
6 Systemtechnik

6.1 Sicherheitstechnische Einrichtungen

Für Holzfeuerungsanlagen gelten feste Vorschriften die der Betriebssicherheit und der Unfallminimierung für den Betreiber dient.

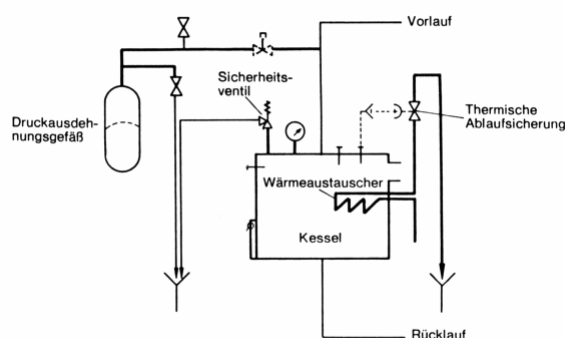
Man unterscheidet prinzipiell „offene“ und „geschlossene“ Anlagen.

Bei **offenen Anlagen** steht das Heizungswasser mit der Atmosphäre in Verbindung. Über dem am höchsten gelegenen Heizkörper ist ein Ueberlaufgefäß angebracht, in welches das Heizungswasser bei Ansteigen des Druckes oder bei Wasserausdehnung infolge Temperaturerhöhung ausweichen kann.



Wenn beispielsweise das Wasser im Kessel zu kochen beginnt, also Dampf erzeugt wird, wird dieser Dampf in das Ueberlaufgefäß abgeblasen, dort kondensiert und als Wasser über die zweite Leitung, den Sicherheitsrücklauf, in den Heizkreis zurückgeführt. Bei solchen Anlagen ist der Einbau einer thermischen Ablaufsicherung nicht erforderlich.

Bei **geschlossenen Anlagen** hingegen besteht keine offene Verbindung zwischen Heizungsmedium und Atmosphäre. Alle Druckerhöhungen müssen entweder vom Druckausgleichsgefäß oder, wenn dies den Druck nicht aufnehmen kann, vom Sicherheitsventil aufgefangen werden. Um die Dampfbildung im Kessel zu verhindern wird die Ueberhitzung der Heizanlage durch eine „Thermische Ablaufsicherung“ verhindert.



Wenn die Kesseltemperatur über 95°C steigt, wird ein Ventil über einen Kapillarrohrfühler geöffnet, und kaltes Wasser kann durch den fest im Kessel montierten Wärmetauscher fließen und die Wärme abführen. Das erwärmte Wasser wird in einen Ablauf geleitet. Zur Verhinderung von Korrosionen in den Heizungsanlagen werden heute fast ausschliesslich geschlossene Anlagen gebaut.

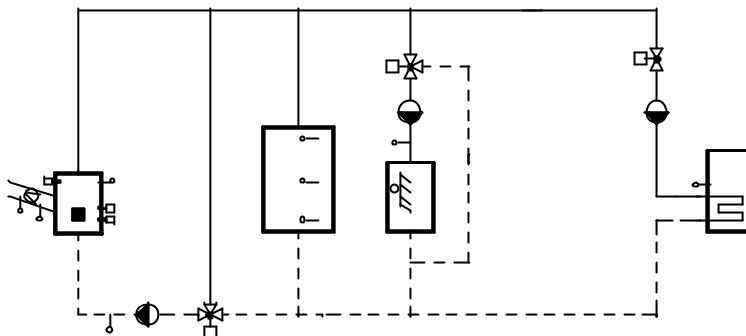
6.2 Anlagekonzeption

Zum richtigen Betrieb eines Holzkessels und zur Optimierung der Verbrennung sollte der Kessel selbst immer auf gleichbleibend hoher Temperatur gehalten werden. Als günstige Betriebstemperatur für Holzheizkessel gelten etwa 75°C. Um diese Temperatur zu halten, muss der Kessel über ein

Rücklaufhochhalteventil geregelt werden. Heisses Vorlaufwasser wird solange dem Rücklauf am Kesseleingang beigemischt, bis dieser eine Temperatur von 65°C erreicht hat. Erst dann kann Heisswasser vom Holzheizkessel in das Heizsystem gelangen.

Besonders beim Einsatz eines Pufferspeichers ist dieser Kesselregelkreis unbedingt erforderlich, da einerseits der Wärmespeicher mit konstant heissem Wasser geladen werden sollte um eine einwandfreie Temperaturschichtung zu garantieren. Andernseits aber muss der Heizkessel vor zu tiefen Rücklauftemperaturen geschützt werden um zu verhindern das der Taupunkt der Rauchgase noch im Kessel unterschritten wird, was unweigerlich zu Kesselkorrosion führen kann.

Mit der nebenstehend gezeigten Schaltung ist eine einwandfreie Regelung der Heizungsanlage möglich:



Nun zu einem der wichtigstem Thema – was aber leider immer dem Kostenvergleich beim Angebot zum Opfer fällt.

6.3 Wärmespeicher in Holzfeuerungsanlagen - Ja oder Nein -

Wärmespeicher haben die Aufgabe, vorübergehend nicht verwendbare Energie so lange zu speichern, bis eine Nutzung möglich ist. Durch die Speicher wird eine bessere Ausnutzung der Energieerzeugung bewirkt.

Gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV) müssen neue handbeschickte Heizkessel mit einem Wärmespeicher ausgerüstet sein, welcher mindestens die Hälfte der bei Nennwärmelast pro Charge abgegebenen Wärme aufnehmen kann, oder die Emissionsgrenzwerte müssen bei 30% der Nennlast eingehalten werden können.

6.3.1 Berechnung des empfohlenen minimalen Speichervolumens

Das minimale Speichervolumen V_{Sp} sollte nach der Norm CEN EN 303-5 bestimmt werden.

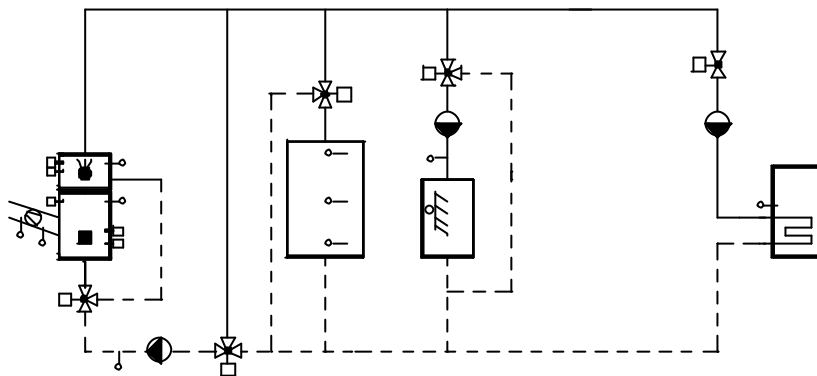
$$V_{Sp} = \frac{Q_{Ch} * (1 - 0.3 * (Q_{H,erf} / Q_{K,min}) * 3600}{\Delta T_{Sp} * 4.2}$$

V_{Sp}	=	Volumen des Lastausgleichspeichers [litr.]
Q_{Ch}	=	Nutzwärmeabgabe des Heizkessels pro Charge [kWh]
$Q_{H,erf}$	=	erforderlicher Wärmebedarf [kW]
$Q_{K,min}$	=	Wärmeleistung des Kessels [kW]
ΔT_{Sp}	=	Temperaturdifferenz des Speichers

Eine gute Regelung sollte wie bei Liebi aber eine Restentleerung des Holzessels besitzen, um auch noch die letzte Kilowattstunde aus dem Holz heraus zu holen. Umsonst kommt eben der hohe Wirkungsgrad nicht zu stande.

6.4 Alternative Anlagen

6.4.1 Holz-Oelfeuerungsanlage



6.4.2 Holz-Solar-Anlage

