

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

www.farago.info

Allgemeine Betrachtungen

Homogene und heterogene Verbrennung

Fette und magere Verbrennung

Wie hoch muss mindestens der Luftüberschuss sein?

Brennstoff-Partikelgröße und Verbrennungsqualität

Heizölfeuerungen

Sprayverbrennung, Gelbbrenner

Heizölverbrennung mit Blaubrenner

Spraycharakterisierung

Brennstoffzerstäubung

Zerstäubung von Heizöl EL mit Druckdralldüse

Tropfenverdampfung, D²-Gesetz

Ölbrenner

Feststofffeuerungen

Brennstoffaufbereitung bei Feststoffverbrennung

Klassifizierung der Feststofffeuerungen

Feststofffeuerung

Brennstoffaufbereitung bei Feststoffverbrennung

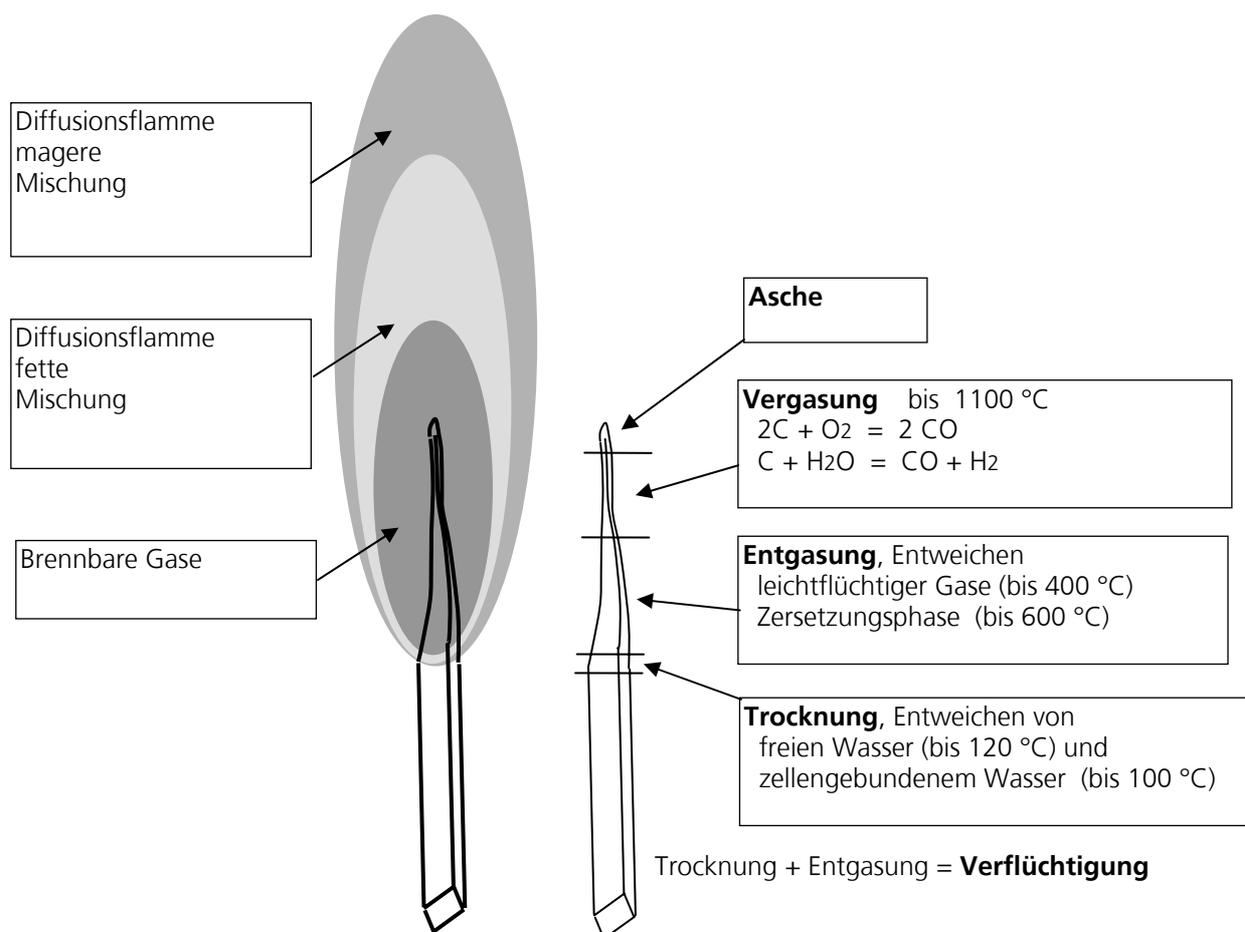


Abbildung 34: Streichholzflamme als laminare Diffusionsflamme

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

www.farago.info

Die Streichholzflamme in Abbildung 34 steht stellvertretend für die Verbrennung von festen fossilen Brennstoffen, wie **Torf, Stroh, Holz**, andere **Biomassen, Kohle, Ölsande, Ölschiefer** etc. Die Mechanismen in der Kerzenflamme, in der Tropfenverbrennung und in der Streichholzflamme weisen viele Parallelen auf. Die Wärmeabgabe der Streichholzflamme lässt Wasser und die flüchtigen brennbaren Bestandteile (Methan, höhere Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde, cyclische Verbindungen und schwerflüchtige Öle bzw. Teer) aus dem Holz verdampfen. *Die flüchtigen Gase zersetzen sich durch thermische Spaltung (Krackung), dabei entsteht eine hohe Konzentration an Methylen und Acetylen.* Diese Gase verbrennen im fetten Bereich der Diffusionsflamme mit starker **Russbildung**.

Der Temperaturverlauf bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe ist in Abbildung 35 dargestellt.

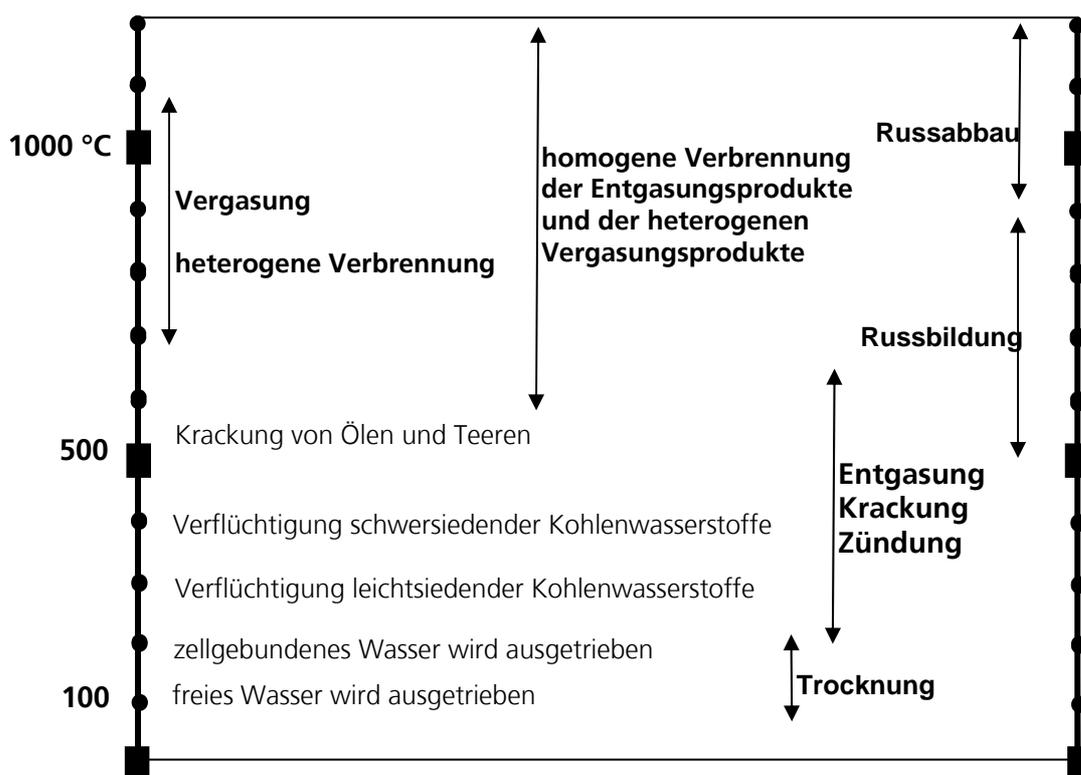


Abbildung 35: Physikalische und chemische Vorgänge bei der Feststoffverbrennung

Der größte Anteil der Feststoffverbrennung erfolgt als homogene Gasverbrennung, d.h. eine Verbrennung der **Entgasungsprodukte** in der Gasphase. Der Gewichtsanteil der heterogenen Verbrennung für die Holzverbrennung in der Regel weniger als 10 %. Die dabei entstehende Gase sind die **Vergasungsprodukte**, also teilweise ebenfalls brennbare Gase. Die Gewichts- und Energieanteile der homogenen und der heterogenen Verbrennung einiger fossiler Brennstoffe werden in Tabelle 6 zusammengefasst.

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

		Kohlenstoff (wasser- u. aschefrei) %	Brennbare Gase %	Heterogener Anteil Gew. %	Energieanteil der Homogenen Gasverbrennung %	Energieanteil der Heterogenen Verbrennung %
Holz		45 – 50	40 – 45	5 – 10	> 95	3 – 5
Braunkohle	Weichkohle	65 – 70	10 – 25	50 – 60	> 70	15 – 30
	Pechkohle	70 – 75	15 – 35	40 – 50	> 75	15 – 25
Steinkohle	Flammkohle	75 – 82	35 – 40	30 – 40	> 80	10 – 20
	Gasflammkohle	82 – 85	30 – 35	40 – 50	> 75	15 – 25
	Gaskohle	85 – 87	25 – 30	50 – 60	> 70	15 – 30
	Fettkohle	87 – 89	17 – 24	60 – 70	> 65	20 – 35
	Esskohle	89 – 90	12 – 15	65 – 75	> 60	25 – 40
	Magerkohle	90 – 91,5	9 – 12	> 75	> 55	25 – 45
	Anthrazit	> 91,5	5 – 9	> 80	> 50	25 – 50

Tabelle 6: Gewichts- und Energieanteile der homogenen und der heterogenen Verbrennung einiger fossiler Brennstoffe

Wie paradox es auch klingt: die Feststoffverbrennung ist zum größten Teil eine Gasverbrennung.

Im Gegensatz zu Öl- und Gaskesseln wird bei den Feststoffkesseln wegen des hohen Raum- und Zeitbedarfs der Entgasung und Vergasung (siehe Abbildungen 34 und 35) ein speziell großer Feuerraum benötigt.

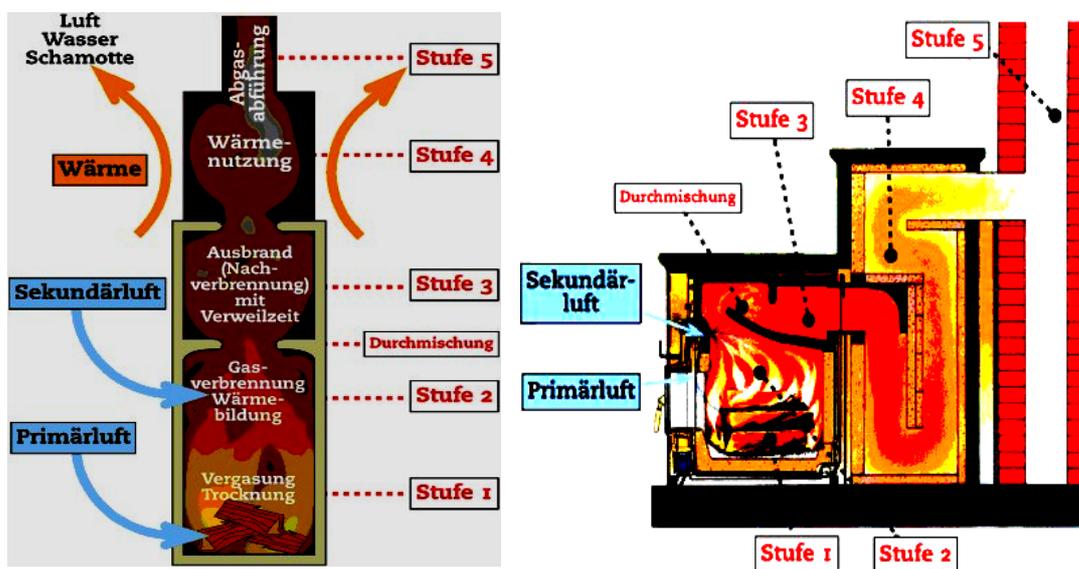


Abbildung 36: Prinzip und technische Umsetzung der Holzverbrennung

Regelung von Feststofffeuerungen im Haushaltsbereich:

Die Regelung erfolgt in den meisten Fällen durch Öffnung oder Drosselung der Luftzufuhr. Bei Pelletfeuerung und bei größeren Wärmeerzeugern (MW-Bereich) kann die Regelung auch über die Brennstoffzufuhr erfolgen. Die Steuergröße ist meist die Kesselsolltemperatur. Unterstützend kann die Abgastemperatur oder die Feuerraumtemperatur eingesetzt werden. Die Regelparameter drosseln durch Öffnen und Schließen von Luftklappen die Primärluftzufuhr. Die Sekundärluft wird durch Lambdasonde geregelt.

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

www.farago.info

Aufbau und Funktion der Lambda-Sonde: Eine Lambda-Sonde besteht im Wesentlichen aus einem becherförmigen Körper aus Zirkondioxid- Keramik (ZrO_2), der auf der abgasseitigen Oberfläche mit gasdurchlässigem Platin und einer verschleißfesten porösen Keramik beschichtet ist. Die Innenseite hat Verbindung mit der Umgebungsluft. Die Sonde wird nahe beim Abgasstutzen des Kessels angebracht. Wenn die Sauerstoffkonzentration an der Innen- und Außenseite einen Unterschied aufweist, zeigt die Lambdasonde eine Spannung auf, die vom Konzentrationsunterschied und der Temperatur beeinflusst wird. Der Temperatureinfluss ist so groß, dass die Lambda-Sonde bei Taktbetrieb nicht ohne weiteres einsetzbar ist.



Abbildung 37: Lambda-Sonde

Aufgabe 19: Warum kann sich die Lambda-Sonde für kleinere Öl- und Gasfeuerungen nicht durchsetzen?

Klassifizierung der Feststofffeuerungen

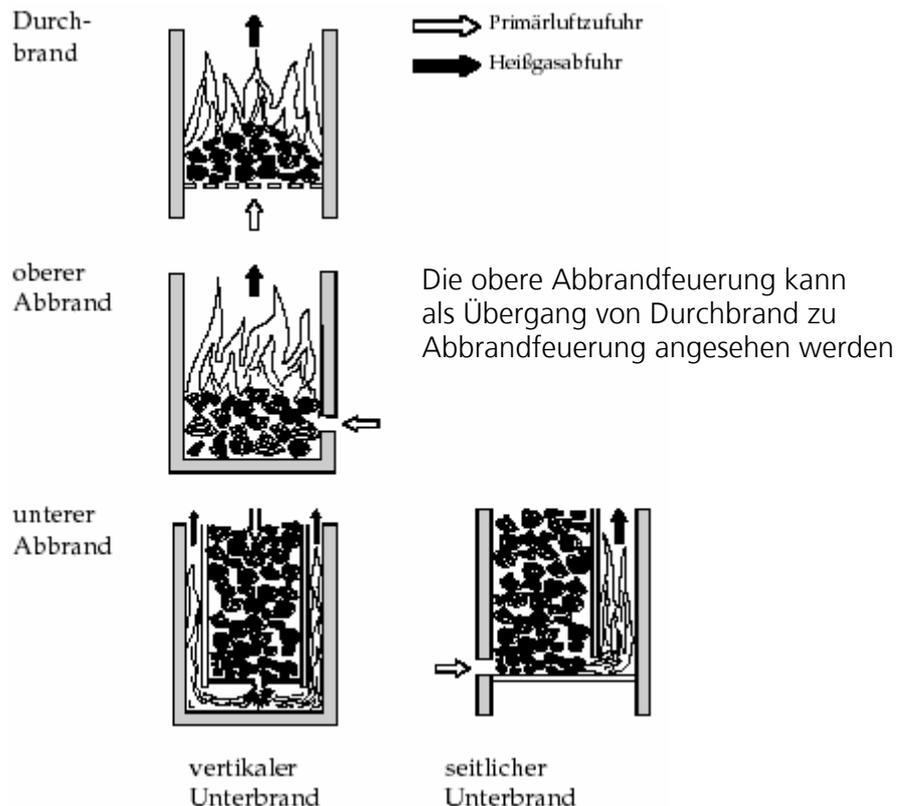


Abbildung 38: Einteilung nach Brennstoff- und Luftzufuhr und Abgasabfuhr

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

Durchbrandfeuerung Bei der Durchbrandfeuerung brennt die Flamme durch die gesamte Brennstofffüllung. Beispiele sind: Küchenherd, Kamin, einfacher Kachelofen, einfacher Festbrennstoffofen. Durchbrandkessel benötigen besonders große Feuerräume. Die Verbrennung ist schwer zu kontrollieren. Die Nachlegeintervalle sind sehr kurz. Das Rauchgas enthält einen hohen Anteil an unverbrannten Komponenten. Die Verbrennungsleistung hängt vom Beladungszustand des Brennraumes ab (viel Brennstoff im Brennraum führt zu hoher Verbrennungsleistung). Aufgrund bestehender Umweltforderungen sind Durchbrandkessel bei Neuanlagen nicht zu anzutreffen.

Abbrandfeuerung: Die Verbrennung erfolgt im unteren Teil des Füllraumes. Beispiele sind: moderne Kachelöfen, Festbrennstofföfen und Festbrennstoffkessel. Die Ausbildung des Füllraumes und der Rauchzüge wird auf einen bestimmten Brennstoff (Holz, Kohle, Brikett, Koks) abgestimmt. Die Nachlegeintervalle sind größer und die Verbrennungsqualität ist besser als bei der Durchbrandfeuerung. Die Verbrennungsleistung kann durch die Primärluftdosierung geregelt werden.

Aufgabe 20: Warum eignet sich besser ein Abbrandkessel zur Leistungsregelung als die Durchbrandfeuerung?

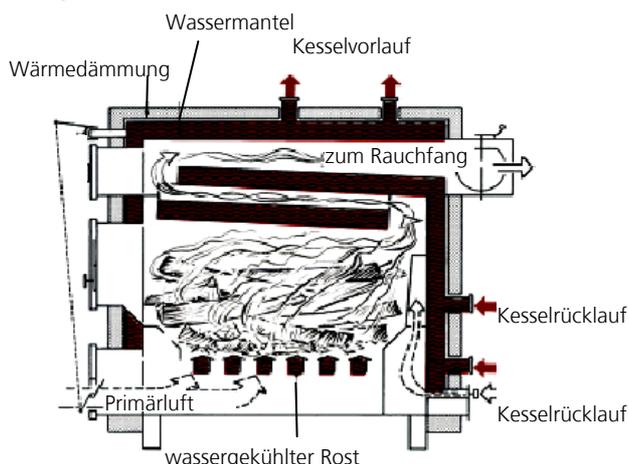


Abbildung 39: Heizkessel mit Durchbrandfeuerung

Nach der Brennstofffüllung steigt die Wärmeleistung und somit die Kesseltemperatur. Bei zu hoher Kesseltemperatur wird die Wärmeleistung durch Drosselung der Primärluft reduziert. Die Sekundärluftzufuhr ist nicht regelbar. Daher entsteht bei der Durchbrandfeuerung zu viel Russ.

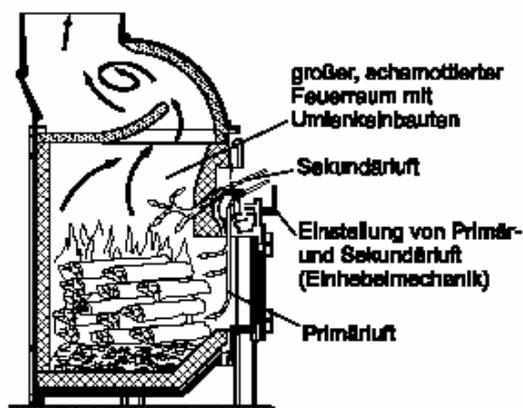


Abbildung 40: Obere Abbrandfeuerung

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

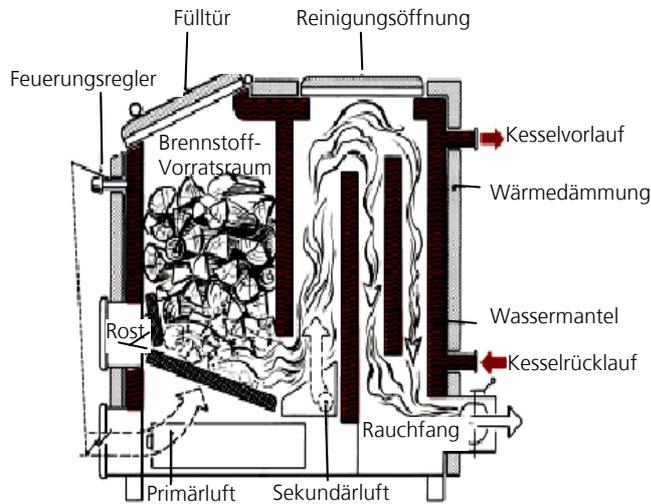


Abbildung 41: Heizkessel mit Abbrandfeuerung

Nach der Brennstofffüllung steigt die Wärmefreisetzung weniger an als bei der Durchbrandfeuerung, daher ist diese Feuerung deutlich schadstoffärmer.

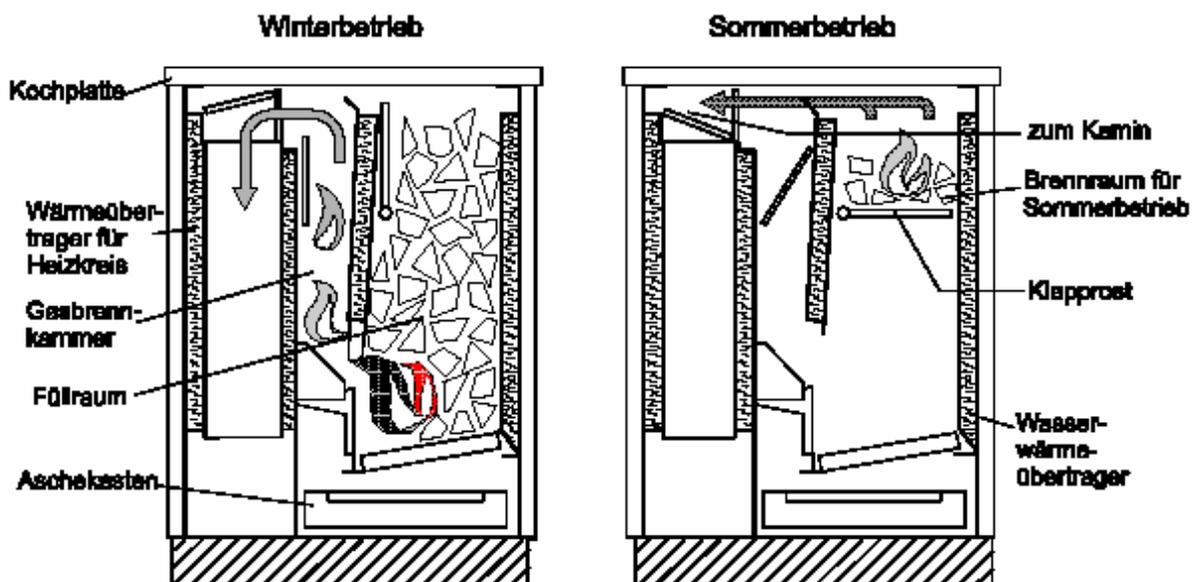


Abbildung 42: Heizkessel mit seitlichem Unterbrand im Winterbetrieb und mit Durchbrand im Sommerbetrieb

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

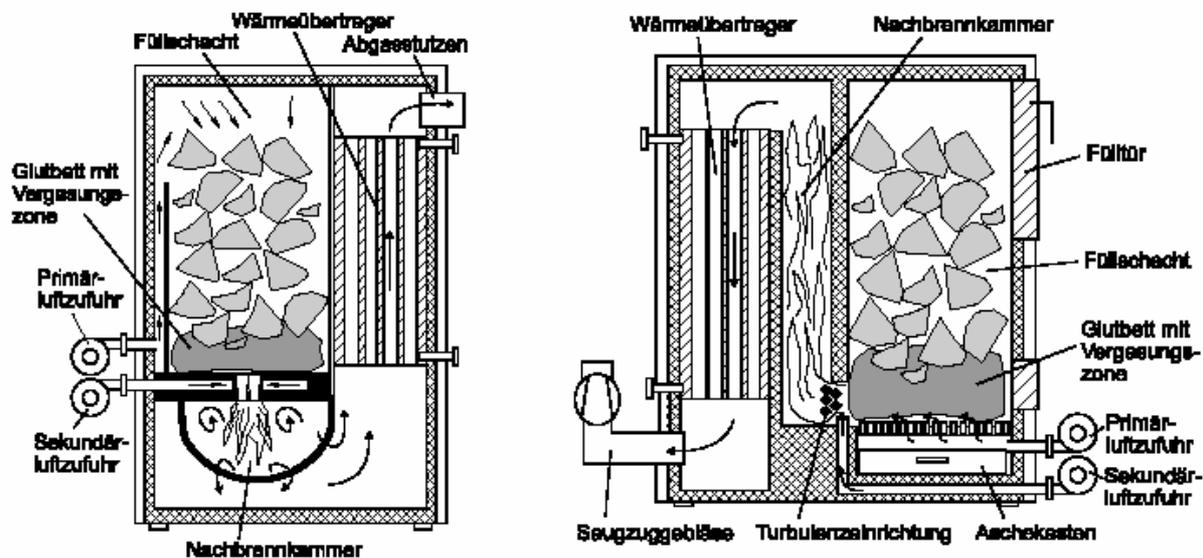


Abbildung 43: Sturzbrand und seitlicher Abbrandkessel

Bei größeren Anlagen (Abbildung 43) wird die Verbrennungsluft durch Gebläse der Verbrennung zugeführt. Primär- und Sekundärluft werden unabhängig voneinander geregelt. Durch die Primärluftregelung (Steuerung über Wärmebedarf) wird die Wärmefreisetzung beeinflusst, durch die Sekundärluftregelung (Steuerung über Lambda-Sonde) die Verbrennungsqualität.

Bei Abbrandkessel nach den Abbildungen 39 – 43 wird der Brennstoff manuell zugeführt. Abbildung 44 zeigt Möglichkeiten der automatischen Brennstoffzufuhr. Die kleinstmögliche Wärmeleistung liegt hierbei für Präzisionshackgut bei 10 kW, für Holzpelletsfeuerungen bei 6 kW.

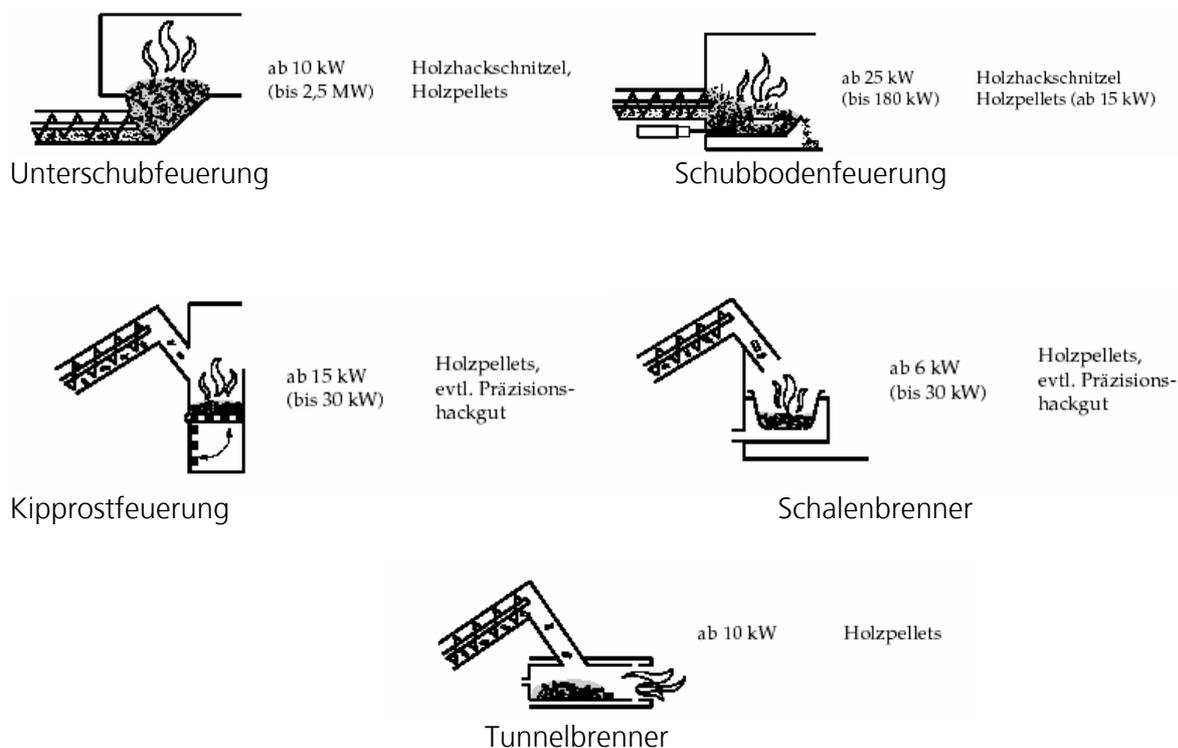


Abbildung 44: Automatisch beschickte Kleinanlagen

4 – Heizöl- und Feststofffeuerungen

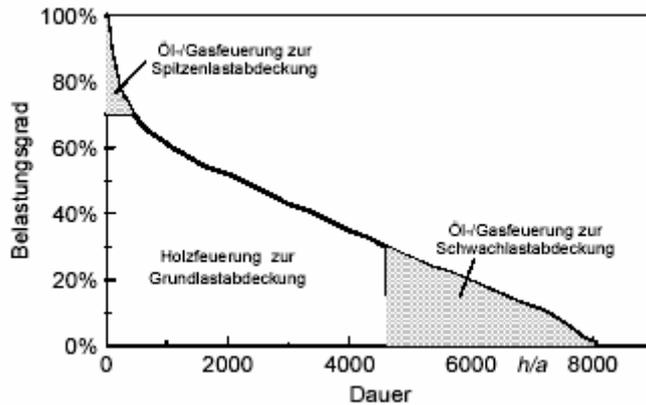


Abbildung 45: Sinnvolle Kombination von Feststofffeuerungen mit Heizöl oder Gasfeuerung

Quelle zu Abbildungen 38 - 45: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen

<http://www.fnr-server.de/bioenergie/downloads/BioenergieKleinanlagen/kap6.pdf>

Bei Öl- und Gasfeuerungen wird Wärmefreisetzung dem momentanen Heizwärmebedarf durch Taktbetrieb angeglichen. Da Feststofffeuerungen den Taktbetrieb nicht zulassen, sind sie bei Kleinanlagen für die Heizung in der Übergangszeit wenig geeignet.