

# 7. Kleinere Kessel

Gegenwärtig gibt es in Dänemark ca. 80.000 kleine Festbrennstoff-Kessel, von denen ca. 70.000 mit Brennholz, Hackschnitzel oder Holzpellets befeuert werden. Darüber hinaus gibt es ca. 300.000 Kaminöfen. Seit 1995 werden staatliche Zuschüsse für typengeprüfte Festbrennstoff-Kessel gewährt, seitdem wurden 8000 Anlagen bezuschusst. Hierzu kommen 3-4000 Anlagen, die ohne Zuschüsse installiert wurden. Etwa 30% der Neuinstallationen sind manuell befeuerte Brennholzessel mit Speicher. Viele der alten Kessel haben einen schlechten Wirkungsgrad und hohe Emissionen - sie können mit Vorteil durch neue, typengeprüfte Kessel ersetzt werden.

Man unterscheidet manuell befeuerte Kessel für Brennholz und automatische Kessel für Hackschnitzel und Holzpellets. Die manuell befeuerten Kessel müssen mit einem Speicher installiert werden, der die Heizenergie einer Brennraumfüllung (ein volles Magazin) aufnehmen kann. Die automatischen Kessel haben ein Silo für Hackschnitzel oder Holzpellets. Eine Schnecke führt den Brennstoff entsprechend dem Leistungsbedarf in der Wohnung zu.

Beide Kesseltypen wurden in den letzten Jahren weiterentwickelt, um den Wirkungsgrad zu verbessern und die Emissionen aus dem Kamin (Staub und Kohlenmonoxid - CO) zu senken. Besonders verbessert wurden die Ausformung des Feuerraums, die Zufuhr von Luft für die Verbrennung sowie die Automatik, die den Verbrennungsvorgang steuert. Bei den manuell befeuerten Kesseln konnte der Wirkungsgrad von unter 50% auf 75-90% verbessert werden, bei den automatisch befeuerten Kesseln von 60% auf 85-92%.

## Berechnung der Nennleistung des Kessels

Die Nennleistung des Kessels (Volllast) lässt sich nach dem jährlichen Ölverbrauch oder nach Fläche und Alter (und Isolierungsgrad) der Wohnung berechnen.

## Manuell befeuerte Kessel

Als Hauptregel gilt, dass manuell befeuerte Brennholzessel nur bei Nennleistung des Kessels (Volllast) eine akzeptable Verbrennung zeigen. In einzelnen

Anlagen mit Sauerstoffsteuerung kann die Belastung allerdings auf etwa 50% der Nennleistung reduziert werden, ohne dass dies den Wirkungsgrad oder die Emissionen nennenswert beeinflusst. Bei Sauerstoffsteuerung misst eine Lambda-Sonde den Sauerstoffgehalt der Rauchgase, und die Kesselautomatik reguliert die Zufuhr der Verbrennungsluft. Das gleiche System wird bei Autos eingesetzt. Damit der Kessel in der kältesten Jahreszeit nicht rund um die Uhr alle 2 bis 4 Stunden nachgefüllt werden muss, wird bei Brennholzesseln eine Nennleistung gewählt, die dem Zwei- bis Dreifachen des Leistungsbedarfs der Wohnung entspricht. Das heißt, die Zahlenwerte für die Kesselleistung in Schaubild 15 und 16 müssen mit 2, bzw. 3 multipliziert werden, wenn es sich um manuell befeuerte Kessel handelt.

Brennholzessel müssen immer einen Speicher haben. Ein Speicher ist am bequemsten für den Benutzer, am wirtschaftlichsten und am wenigsten umweltbelastend. In den Fällen, wo auf einen Speicher verzichtet wird, kommt es oft zu stärkerer Korrosion am Kessel durch schwankende Wasser- und Rauchgas-temperaturen, außerdem kann die Ga-

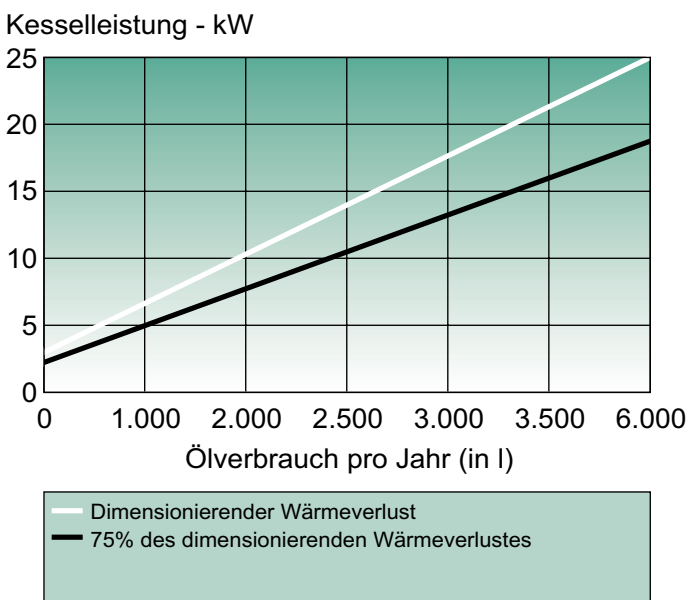


Schaubild 15: Nennleistung des Kessels, basiert auf dem jährlichen Ölverbrauch in einer gut isolierten Wohnung. Leistung für Warmwasser und Verlust (2 kW) ist mit eingerechnet. Bei einer zusätzlichen Ölheizung genügt bei Automatikesseln ein Kessel für 75% des Leistungsbedarfs. Dadurch lässt sich im Sommer ein stabilerer Betrieb erzielen (52).

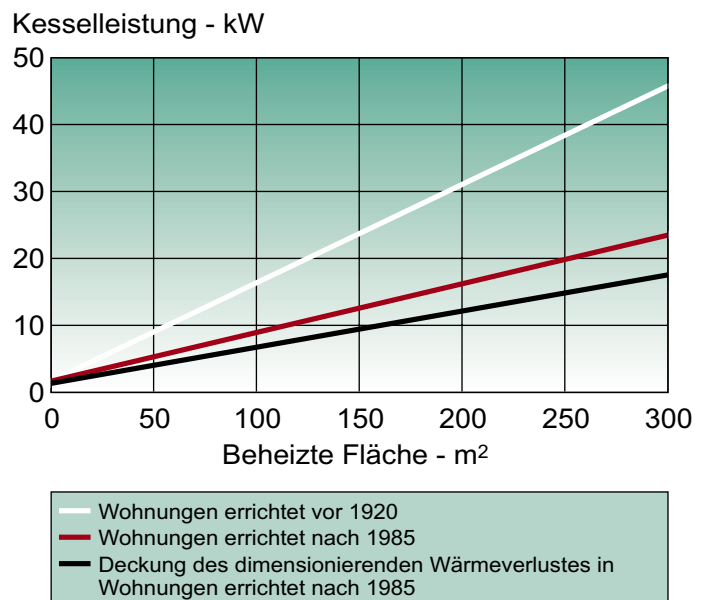


Schaubild 16: Nennleistung des Kessels, basiert auf dem Alter der Wohnung und der beheizten Fläche. Wird eine ältere Wohnung nachträglich isoliert, muss die Reduktion der Kesselleistung geschätzt werden. Wie bei Schaubild 15 kann eine Ölheizung installiert sein (52).

rantieverpflichtung des Herstellers entfallen. Die Größe des Speichers lässt sich nach Schaubild 18 festlegen.

### Automatisch befeuerte Kessel

Trotz eines oft ganz einfachen Aufbaus können die meisten automatisch befeuerten Kessel einen Wirkungsgrad von 80-90% und eine CO-Emission von ca. 100 ppm (100 ppm = 0,01 Volumen-%) erreichen. Für einige Kessel sind die Werte 92%, bzw. 20 ppm. Eine Bedingung für diese guten Ergebnisse ist eine Kesselleistung, die im täglichen Betrieb fast Volllast entspricht.

Bei automatischen Kesseln ist es wichtig, dass die Nennleistung (Volllast) den maximalen Leistungsbedarf der Wohnung im Winter nicht übersteigt. In der Übergangszeit (3-5 Monate) im Frühjahr und Herbst liegt der Leistungsbedarf der Wohnung bei etwa 20-40% der Kessel-Nennleistung, das bedeutet reduzierten Betrieb. Im Sommer liegt der Leistungsbedarf der Wohnung oft im Bereich 1-3 kW, da nur warmes Brauchwasser bereitgestellt werden muss. Das entspricht 5 -10% der Kessel-Nennleistung. Diese Betriebsform führt zu einem geringeren Wirkungsgrad - typisch 20-30% niedriger als bei Nennleistung - und einer höheren Umweltbelastung. Als Alternative zum reduzierten Sommerbetrieb bietet sich die Kombination mit Speicher, Ölheizung, elektrischer Warmwasserbereitung oder Sonnenenergie an.

### Typprüfung kleinerer Biobrennstoffkessel

In Dänemark war die systematische Typprüfung von Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe nicht üblich - abgesehen von Strohkesseln, die im Zusammenhang mit früheren Subventionsregelungen im Forschungszentrum Bygholm in Horsens typgeprüft wurden. Der Markt für kleine Feuerungsanlagen war nicht geregelt, d.h. es war nie gesetzlich vorgeschrieben, die energie-, umwelt- und sicherheitsmäßigen Eigenschaften prüfen zu lassen. Die einzigen behördlichen Anforderungen betreffen die Sicherheit und sind in der Veröffentlichung Nr. 42 (53) des dänischen Arbeitsumweltsdienstes (Arbejdstilsynet) festgehalten, die Sicherheitssysteme für befeuerte Heißwasseranlagen behandelt, sowie in "Brandtek-



grafik: hs kedler - farm a/s

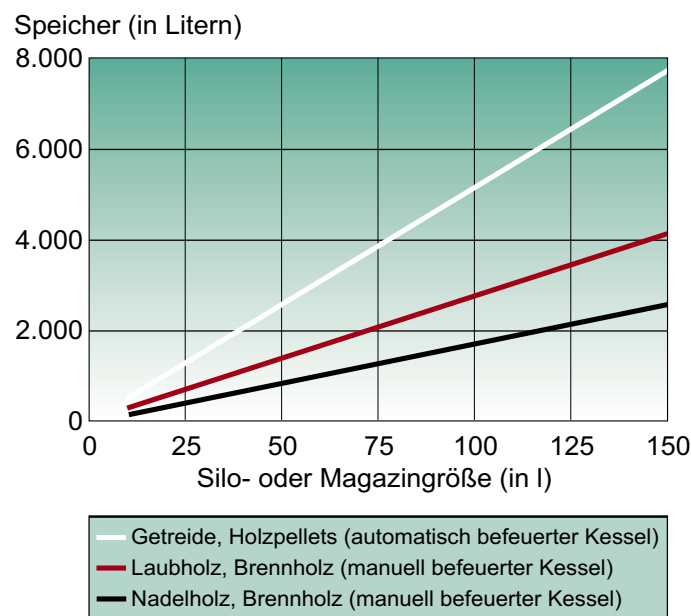
*Schaubild 17: "Röntgenbild" eines manuell befeuerten Kessels. Das Magazin ist knapp zur Hälfte mit Holz gefüllt, die Verbrennung erfolgt als Unterbrand, d.h. die brennenden Gase werden nach unten durch eine ausgemauerte Kammer gezogen, wo die Verbrennung abgeschlossen wird. Die Verbrennungsluft kommt durch Öffnungen in der Abdeckung und wird vorgewärmt. Die Rauchgase ziehen nach hinten durch die Rauchgasrohre (Konvektionsteil). In den Rauchgasrohren sitzen "Retarder", um die Wärmeabgabe an das Kesselwasser zu erhöhen. Ein Rauchgasabsauger hinten im Kessel sorgt für einen korrekten Unterdruck im Feuerraum.*

nisk vejledning nr. 32" (54), in der es um Feuerschutz für Ausrüstung und Feuerraum geht.

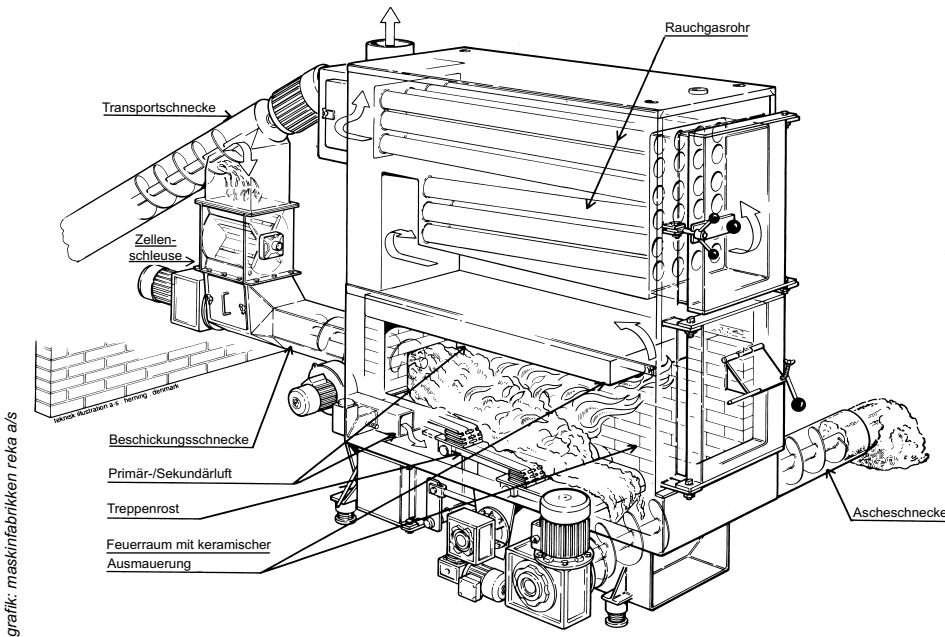
Mit der Einführung genereller Subventionsmöglichkeiten für kleinere Biobrennstoffkessel im Jahr 1995 gewann die Typprüfung für die Hersteller an Aktualität. Von der dänischen Energiebehörde wurde als Bedingung für die Subventionsberechtigung verlangt, dass die Feuerungsanlage typgeprüft ist und damit eine Reihe von Anforderungen bezüglich Emissionen und Energieverwertung erfüllt. Die Typprüfung wird von der Prüfstation für kleinere Biobrennstoffkessel nach einer Prüfvorschrift vorgenommen, die detaillierte Richtlinien für die Prüfung und die zur Erlangung der Bauartgenehmigung zu erfüllenden Voraus-

setzungen enthält. Die Vorschrift wurde nach einem Vorschlag für einen gesamt-europäischen Standard für Festbrennstoffanlagen ausgearbeitet. Allerdings sind die Anforderungen bezüglich Wirkungsgrad und Emissionen strenger und nach Feuerungstechnologie (manuell oder automatisch) und Brennstofftyp (Stroh oder Holz) untergliedert. Die Anforderungen wurden gemeinsam von den Herstellern der Biobrennstoffkessel, der Prüfstation für kleinere Biobrennstoffkessel, der dänischen Energiebehörde und der dänischen Umweltbehörde festgelegt (55).

Die Typprüfung kann mit verschiedenen Brennstoffen vorgenommen werden: Waldscheitholz, Stroh, Holzpellets, Hackschnitzel, Getreide oder Säge-



*Schaubild 18: Wenn bekannt ist, wie groß das Magazin des manuell befeuerten Kessels oder das Silo des automatisch befeuerten Kessels ist, lässt sich die Größe des Speichers bestimmen (52).*



grafik: maskinfabrikken reka as

*Schaubild 19: Automatische Hackschnitzelverbrennungsanlage. Das Hackschnitzel wird von einer Förder- und Beschickungsschnecke vom Hackschnitzelsilo auf den Rost befördert und verbrennt dort. Die Bewegungen des Rostes führen die Asche zum Aschefall und weiter zur Ascheschnecke. Die Rauchgase ziehen durch die von Kesselwasser umgebenen Rauchgasrohre und werden dabei abgekühlt.*

mehl/-späne. Die Bauartgenehmigung gilt nur für den Brennstoff, der bei der Prüfung verwendet wurde. Die Regelung gilt für automatische Kessel bis 250 kW und für manuell (portionsweise) befeuerte Kessel bis 400 kW. Die 400 kW-Grenze ergibt eine angemessene Abbrennzeit für Großballen. Eine Liste typgeprüfter Anlagen erscheint ca. fünfmal jährlich (56).

Bei der Typprüfung werden die Werte für CO-Emission, Staubemission und Wirkungsgrad als Mittelwert über 2 x 6 Stunden bei Nennleistung ermittelt. Die Nennleistung wird oft vom Hersteller angegeben und ist ein Ausdruck für den optimalen Betriebspunkt des Kessels (hoher Wirkungsgrad, geringe Emissionen).

Außer der Prüfung bei Nennleistung umfasst die Typprüfung auch die Prüfung bei Schwachlast (max. 30% der Nennleistung). Die Anforderungen bezüglich CO- und Staubemission gehen aus Tabelle 13 hervor, der Wirkungsgrad muss mindestens wie auf Schaubild 20 angegeben sein.

Andere wichtige Anforderungen sind:

- Schutz gegen Rückbrennen ins Magazin (z.B. mechanische Klappe oder Überrieselung mit Wasser).
- Maximal zulässige Oberflächentemperatur.
- Schutz gegen Undichtigkeiten, so dass kein Rauchgas austreten kann.
- Dokumentation, z.B. technische Information, Betriebs- und Installationsanleitung u.a.

Die Subventionsregelung gilt für Biobrennstoffkessel, die in Gebieten ohne kollektive Wärmeversorgung installiert werden. Der Subventionsprozentsatz wird auf der Grundlage des Prüfungsergebnisses, der Betrag im Verhältnis zu den Kosten des Verbrauchers für Kesselanlage und Installationen berechnet. Verwaltet wird die Regelung von der dänischen Energiebehörde.

### Erfahrungen und zukünftiger Entwicklungsbedarf

Seit der Aufnahme systematischer Typprüfungen im Jahr 1995 wurden viele Erfahrungen mit den kleineren Feuerungs-

anlagen gemacht. Anfangs wurde deutlich, dass viele Hersteller Anlagen anbieten, deren Leistung den Bedarf in typischen Installationen bei weitem überstieg. Daher bestand ein deutliches Missverhältnis zwischen dem Angebot an Feuerungsanlagen mit einer Leistung von weniger als 20 kW und der Verbrauchernachfrage. Dies hat sich seither geändert, die meisten Hersteller bieten heute Anlagen im Leistungsbereich 10-20 kW an oder arbeiten an der Entwicklung neuer Anlagen. Bei den kleinen Anlagen handelt es sich oft um Anlagen für Holzpellets, eventuell Getreide.

Der Wirkungsgrad von Strohkesseln muss aber auch weiterhin verbessert werden. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten, z.B.:

- Verbesserung des Konvektionsteils im Kessel, so dass die Rauchgastemperatur von jetzt 250-300°C auf 150-200°C gesenkt werden kann.
- Verbesserte Ausmauerung (bei nassem Brennstoff) und Ausformung der Luftdüsen, wodurch der Luftüberschuss

Brennstoff	Beschickung	CO-Emission bei 10% O <sub>2</sub> , 30% Last	CO-Emission bei 10% O <sub>2</sub> Nennleistung	Staubemission bei 10% O <sub>2</sub> (mg/nm <sup>3</sup> )
Brennh., Pellets, Späne/Sägemehl, Hackschn., Getreide	Manuell	0,50 %	0,50 %	300
Brennh., Pellets, Späne/Sägemehl, Hackschn., Getreide	Automatisch	0,15 %	0,10 %	300
Stroh	Manuell	0,80 %	0,80 %	600
Stroh	Automatisch	0,40 %	0,30 %	600

Tabelle 13: Maximal zulässige CO- und Staubemission bei Nennleistung und Schwachlast bei Abnahmeprüfung.

und der CO-Gehalt im Rauchgas konstant gehalten werden können. Dies kann zudem zu einer Verringerung der Staubemission beitragen, wobei bemerkt werden muss, dass die Staubemission nicht immer von der Verbrennung abhängen muss, sondern auch von einer schwankenden Strohqualität beeinflusst werden kann.

- Verbesserung der Kesselregelungsaus-rüstung, damit ein umwelt- und energie-mäßig optimaler Betrieb und ein hoher Bedienungskomfort mit minimalem Zeit-aufwand für die wöchentliche Wartung gewährleistet sind. Erwähnt sei, dass mehrere Anlagen technisch fortgeschrit-tene Steuerungen mit mehreren Leis-tungsstufen und in einzelnen Fällen mit Sauerstoffsteuerung haben, die die Ver-brauchsschwankungen bei einer typi-schen Zentralheizungsinstallation in ho-hem Maß berücksichtigen. Die dänische Energiebehörde finanziert ein Entwick-lungsprojekt, mit dem eine preisgünstige universale Sauerstoffsteuerungseinheit entwickelt werden soll, die an die meis-ten kleineren Feuerungsanlagen auf dem Markt angepasst werden kann.

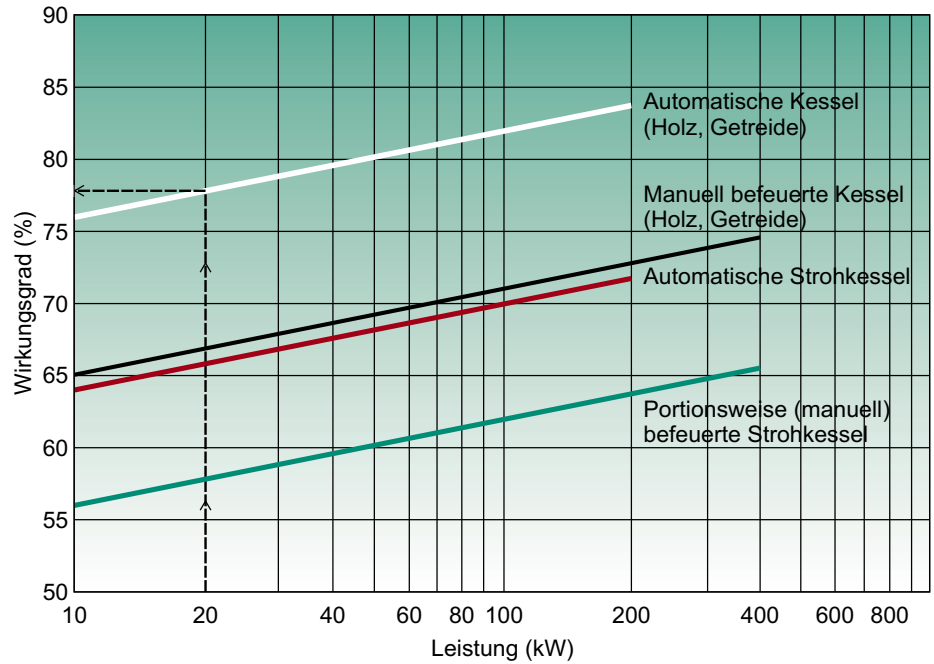


Schaubild 20: Mindestwerte für den Wirkungsgrad, abhängig vom Anlagentyp. Eine automatische Anlage von 20 kW für Holz muss einen Wirkungsgrad von 77,5% haben, um die Bauartgenehmigung zu erhalten.

- Verbesserung der Schwachlasteigen-schaften von automatischen Anlagen, so dass im Sommer ein akzeptabler Betrieb besser aufrechterhalten werden kann.