Etagen-Heizkessel mit Speicher: holzgesteuerter Heizkessel mit Speicher

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 36

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77159

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Etagen-Heizkessel mit Speicher

Holzgefeuerter Heizkessel mit Speicher

Für einen Etagen-Holzkessel mit Speicher und beeinflussbarer Wärmeabgabe entsteht mit zunehmender Dichte von energiegerechten Bauten eine steigende Nachfrage. Steht der Ofen im Wohnzimmer, resultiert ein günstiger Gesamtwirkungsgrad. Das beschriebene Aggregat wurde gänzlich neu konzipiert und gestaltet.

In sehr gut isolierten oder in teilweise solarbeheizten Häusern ist nicht nur der Energieverbrauch gering, auch die

VON OTHMAR HUMM, ZÜRICH

Heizperiode ist entsprechend kurz. Eine aufwendige Heizungsinstallation ist in diesen Fällen wenig lohnend. Hingegen ist die Verwendung von Holz als Brennmaterial durchaus akzeptabel, da nur kleine Holzmengen und wenig Beschickungen nötig sind.

Kachelofen nur bedingt tauglich

Herkömmliche Speicheröfen – vor allem Kachelöfen – eignen sich für Niedrigenergiehäuser nur schlecht, weil die Wärmeabgabe nach einer Beschikkung nicht oder nur unwesentlich beeinflusst werden kann. Erwärmt im Verlaufe des Tages die Sonne das Haus, entsteht ein nicht verwertbares Überangebot. Zudem sind Kachelöfen teuer. Dagegen schneiden Kachelöfen in bezug auf Emissionen im Vergleich mit vielen neueren Kesseln besser ab, weil sie – in der Regel – ungekühlte Brennkammern aufweisen.

Schnell reagierende Warmluft-Öfen wiederum erfordern täglich eine mehrmalige Beschickung, da Wärme nicht bis zur nächsten Bedarfsspitze gespeichert werden kann. Beispiel: Beschikkung am Abend, Wärmebedarf am Morgen.

Die Anforderungen an den guten Etagen-Holzheizofen lauten deshalb: Speicherfähigkeit für mindestens 24 Stunden, beeinflussbare Wärmeabgabe und kostengünstige Bauweise.

Katalog der Forderungen

An dieser Problemstellung hat eine Gruppe von Fachleuten gearbeitet. Das Resultat, ein holzgefeuerter Etagen-Zentral-Heizkessel mit Speicher und beweglicher Isolation, hat das Prototypstadium hinter sich und ist nach wenigen Modifikationen reif für eine Serienfertigung. Für die Entwicklung des Kessels waren folgende Grundsätze wegweisend:

- Holz als Brennstoff
- Umweltschonende Verbrennung
- Standort im Wohnbereich (besserer Gesamtwirkungsgrad)
- Kombination von Heizkessel und Speicher
- Anschlussmöglichkeit für wasser- und luftgeführte Heizsysteme (zur Beheizung peripherer Räume)
- Hohe Luftdichtigkeit
- Beeinflussbare Wärmeabgabe (Abstrahlung)
- Gutes wohnphysiologisches Klima (Strahlungswärme)
- Zeitgemässes Design
- Einfache Handhabung
- Hohe Sicherheit (kein Flammenschlag beim Öffnen der Brennkammertüre).

Der Prozess der Verbrennung

Der Verbrennungsprozess von Holz gilt als sehr kompliziert. Vereinfacht dargestellt verläuft der Vorgang in drei zeitlich gestaffelten, zum Teil überlappenden Phasen und mit zunehmender Temperatur.

☐ Trocknung: Das Wasser des Holzes verdampft. Temperaturbereich bis 150 °C.

☐ Pyrolyse: Zersetzung der (festen) Holzbestandteile in Gas, sogenannte Entgasung. Zusätzlich fällt Holzkohle an. Temperaturbereich 150 bis 600 °C.

☐ Oxidation: Die entstandenen Gase und die Holzkohle reagieren mit dem in der Verbrennungsluft enthaltenen Sauerstoff, wobei Wärme freigesetzt wird. Temperaturbereich: 400 bis 1300 °C.

Primärluft versorgt die Glutzone, in der das Holz teilweise entgast wird, Sekundärluft vermischt sich mit den Gasen bis zur Oxidation. Bei der Konstruktion von Holzöfen muss auf diese Eigentümlichkeit Rücksicht genommen werden. Der Wärmeentzug, der naturgemäss eine Abkühlung zur Folge hat, soll deshalb nicht im Bereich der Flamme stattfinden. Dieses Phänomen kann unschwer an einer Kerze beob-

Energiepilotprojekte des Kantons Zürich

Das Energiegesetz vom 19. Juni 1983 und die zugehörige Energieverordnung vom 6. November 1985 (in Kraft seit 1. Juli 1986) ermöglichen dem Kanton Zürich die Unterstützung von Pilotprojekten, welche der Erprobung und Anwendung von neuen, den Zwekken des Energiegesetzes entsprechenden Verfahren der Energieversorgung und -nutzung dienen, also energiesparenden und umweltschonenden Verfahren sowie solchen zur Anwendung erneuerbarer Energien und zur Minderung der Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern.

Die Verfahren müssen in ihrer Art oder Anwendung neu sein und für den Kanton relevante Resultate erwarten lassen. Die möglichen Staatsbeiträge betragen 10 bis 30 Prozent, in besonderen Fällen bis 50%, der nichtamortisierbaren Mehrkosten gegenüber einem konventionellen Verfahren. Für Projekte, die bei positivem Ausgang einen wirtschaftlichen Betrieb erwarten lassen, können auch Risikogarantien von bis zu 30 Prozent der nichtamortisierbaren Kosten gewährt werden.

Der Kanton übernimmt mit dieser Möglichkeit eine wichtige Aufgabe zwischen Forschung und industrieller Anwendung, die durch keine Bundesgelder suventioniert werden kann.

Die bisher unterstützten Projekte befassen sich u.a. mit folgenden Themen:
- Verwaltungsbausanierung mit hochisolierenden HIT-Fenstern
- Messungen an Schulhaus mit künstlichem Luftwechsel und Luftwärmepumpenheizung
- Entwicklung eines kleinen Nahverkehrselektrofahrzeugs
- Geothermiebohrungen
- Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung
- Solarzellen-Inverter und -Anlagen
- Dezentrale Elektroboiler mit Vorwärmung durch Heizungsvorlauf

Im «Schweizer Ingenieur und Architekt» wird in unregelmässigen Abständen über diese Projekte berichtet werden.

Beitragsgesuche sind zu richten an die Kantonale Energiefachstelle, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, 8090 Zürich (Tel. 01/259 41 70)

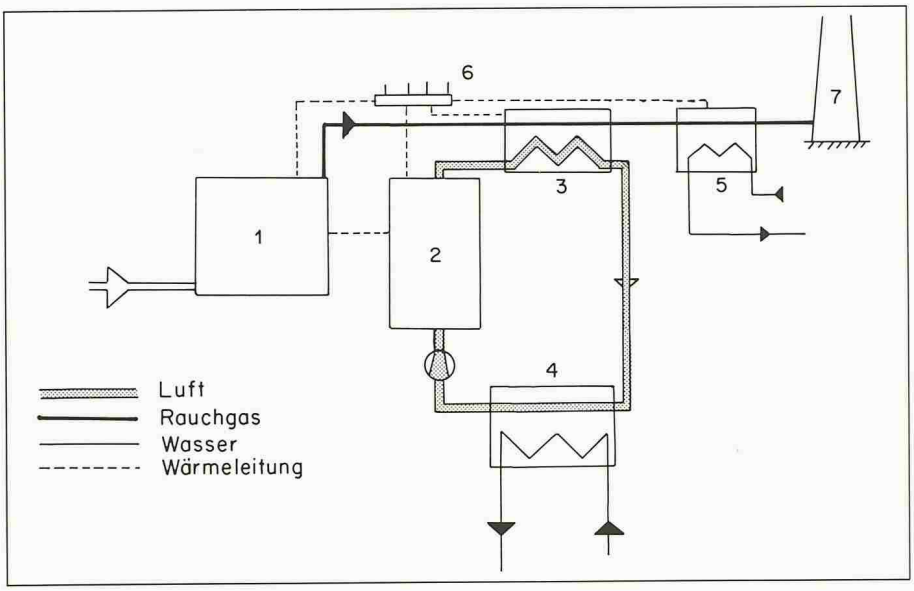


Bild 1. Der holzgefeuerte Etagen-Zentral-Heizkessel (schematisch): 1 Brennraum, 2 Wärmespeicher, 3 Rauchgas-Luft-Wärmetauscher, 4 Luft-Wasser-Wärmetauscher (wahlweise), 5 Rauchgas-Wasser-Wärmetauscher (Warmwasseraufbereitung), 6 Raumheizung (Strahlung und Konvektion), 7 Kamin

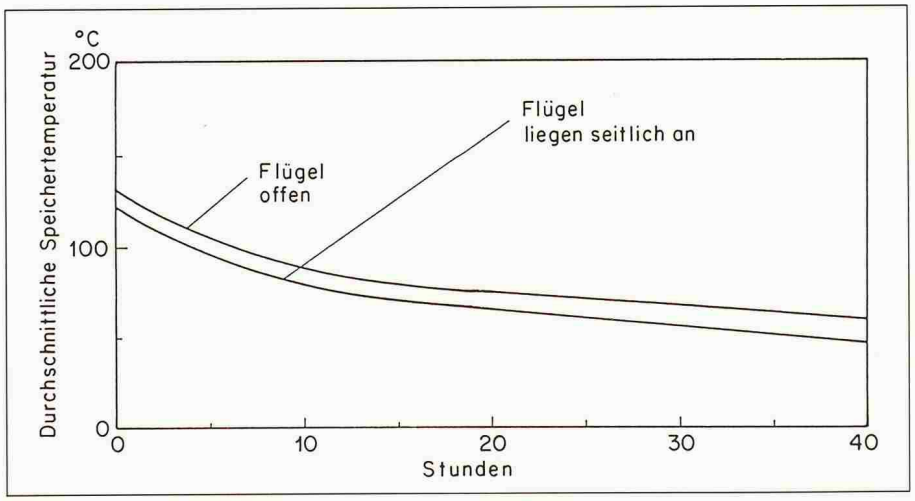


Bild 2. Speichertemperatur in Abhängigkeit der Zeit, für geschlossene und offene Flügelstellung

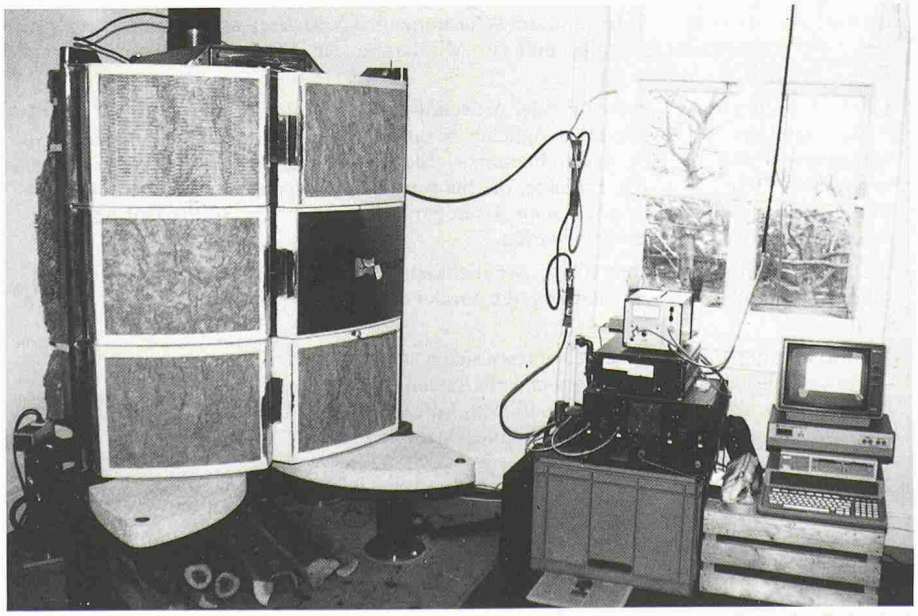


Bild 3. Das Verhalten des Holzofens in bezug auf Temperaturen, Speicherfähigkeit und Emissionen wurde in einem Einfamilienhaus, also in einer realen Anwendungsvariante, sorgfältig untersucht. Im Bild die Messinstallation

achtet werden: Hält man einen Metallgegenstand in die Flamme, bildet sich sehr schnell Russ. Fazit: Das Holz braucht genügend Zeit und Raum, um bei hohen Temperaturen vollständig zu verbrennen.

Funktion

Vom Brennraum (1) in Bild 1, in dem das Holzgas mit einer Temperatur von rund 1200 °C verbrennt, gelangt Wärme über die Oberfläche des Ofens direkt in den Raum (6) und in die seitlich angeordneten vier Speicher (2). Das heisse Rauchgas strömt durch den Rauchgas-Luft-Wärmetauscher (3) und den Rauchgas Wasser-Wärmetauscher (5) ins Kamin (7). Die Speicher mit der Kapazität von insgesamt 40 kWh werden vom Rauchgas-Luft-Wärmetauscher über einen geschlossenen Luftkreislauf geladen. Wahlweise kann diesem Kreislauf ein Luft-Wasser-Wärmetauscher (4) oder ein Luft-Luft-Wärmetauscher für die allfällige Beheizung anderer Räume zugeschaltet werden. Vier Ventilatoren mit einer Leistung von je 20 Watt treiben die Luft im erwähnten Kanal an. Die vollständige örtliche Trennung von Brennraum und Rauchgaskühlung ermöglicht die hohe Brenntemperatur und damit geringere Schadstoff-Emissionen. Der Rauchgas-Wasser-Wärmetauscher (5) dient der Warmwasseraufbereitung.

Typologisch zählt der Ofen zu den Durchbrandkesseln, der gesamte Brennstoff befindet sich also im Feuer. Vom feuerungstechnischen Standpunkt aus handelt es sich dabei um einen Kompromiss, der aus Gründen der Sicherheit – Stichwort: Kinder im Wohnbereich – eingegangen wurde. Bei dieser Konstruktion kann die Brennkammertüre jederzeit gefahrlos geöffnet werden.

Sechs Kunststein-Flügel sind an den zwei vorderen Ecksäulen des Ofens schwenkbar befestigt. In geschlossener Stellung weist die isolierte Seite der Flügel nach aussen. Sind die Flügel geöffnet, strahlt der nicht isolierte Teil des Ofens rund 30% mehr Wärme ab. Die Flügel selbst verlieren die im geschlossenen Zustand aufgenommene Wärme ebenfalls.

Energiebilanz

Eine Füllung beinhaltet etwa 20 kg Holz, entsprechend 76 kWh (3,8 kWh/kg). Diese Energie wird beinahe vollständig innerhalb von rund drei Stunden freigesetzt. Die Holzleistung beträgt demnach 25 kW. Rund 55% davon

fliessen in den Speicher (35 bis 40 kWh), 10 bis 15% werden in den Raum abgestrahlt und 15% können dem Luftkreislauf für die Zentralheizung entnommen werden. Die Verluste, die sich aus den Verlusten aus dem Verbrennungsprozess (14%) und dem Anteil der unverbrannten Stoffe (4%) zusammensetzen, betragen insgesamt im Mittel etwa 18% (Wirkungsgrad 82%). Der Ofen ist so konzipiert, dass nach drei Stunden die Speicher geladen sind. Entnimmt man den Speichern Wärme mit der Leistung von 3 bis 4 kW, dauert die Auskühlung von 250 auf 20 °C rund 10 Stunden. Im passiven Zustand, also bei geschlossenen Flügeln und ohne aktive Wärmeentnahme, rechnet sich die Auskühlzeit mit 44 Stunden. Innerhalb der Auskühlzeit kann die Speicherentladung aufgrund des Bedarfes frei gewählt werden. Mit den beweglichen Betonflügeln lässt sich die Wärmeabgabe an den Raum, in dem der Ofen steht, zusätzlich bis zu 30% variieren.

Der Ofen vermag ein vorbildlich konzipiertes und gut isoliertes Einfamilienhaus während rund 90% der Wintertage mit einer Holzcharge zu heizen. An besonders kalten Tagen ist eine zweimalige Beschickung pro Tag vorzusehen. Falls der Heizkessel in einem Niedrigenergiehaus steht, reicht die Leistung für eine ganzjährige Beheizung mit einmaliger Beschickung aus. An weniger kalten Tagen muss in derartigen Häusern nur noch alle zwei bis drei Tage eingeheizt werden.

Die Verbindung des Etagen-Heizkessels mit einer Luftheizung ist ebenfalls möglich. Ein Luft-Luft-Wärmetauscher, in Serie zum Luft-Wasser-Wärmetauscher (in Bild 1 mit 4 bezeichnet) installiert, liefert in dieser Bauvariante dem Luftheizsystem Wärme. Wegen der grossen Temperaturunterschiede ist allerdings die Kombination mit solar beheizten Systemen nur mit zusätzlichen Massnahmen realisierbar.

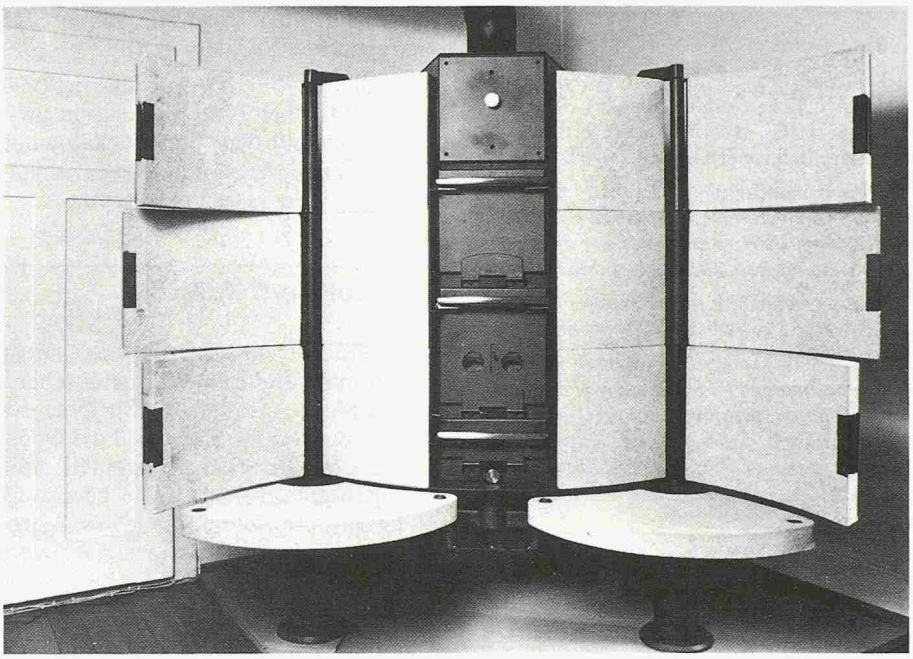


Bild 4. Der Speicherofen in geöffneter Stellung: Mit den beweglichen Flügeln kann die Wärmeabgabe bis zu 30% variiert werden. Die beiden Sitzbänke lassen sich wie eine Schublade ausfahren.

Emissionen

Im Januar 1988 wurde der Ofen in einem Einfamilienhaus in Urdorf installiert, an das Zentralheizungssystem angeschlossen und nach Leistung, Wirkungsgrad, Speicherkapazität und Emissionen ausgemessen.

Die Messung der Emissionen bestätigte die unter Fachleuten bekannte Korrelation zwischen Flammentemperatur und Kohlenmonoxidausstoss. Bei Messungen ohne Wärmetauscher zwischen Brennkammer und Kamin resultierten CO-Mittelwerte von 0,5% des Volumens (6 g/m³) und Spitzenwerte von 0,09%. Die entsprechenden CO-Werte bei Messungen mit Wärmetauscher betragen 4% (im Mittel) und 0,1% (bester Wert). Alle CO-Angaben beziehen sich auf einen O_2-Anteil von 11%. Die besten Werte der Rauchgastemperatur beziffern sich auf 159 °C.

Diese Messungen zeigen, in welchem Bereich des Ofens eine Modifikation erforderlich ist: Der Wärmetauscher liegt (noch) zu nahe am Brennraum. Durch diese konstruktive Anpassung kann sowohl ein guter CO-Wert als

Technische Daten

Leistungswerte	
Holzleistung:	25 kW
Wirkungsgrad:	82 %
Nennleistung:	20 kW
Strahlungsleistung im geschlossenen Zustand:	1 kW
im offenen Zustand:	1,7 kW
Füllgewicht:	22 kg
Gewicht:	1500 kg

Masse	Breite cm	Tiefe cm	Höhe cm
Ofenkörper geschlossen:	127	94	178
offen:	228	94	178
Backfachöffnung:	30	–	29
Backfach:	30	40	30
Brennraumöffnung:	30	–	28
Brennraum:	30	55	32

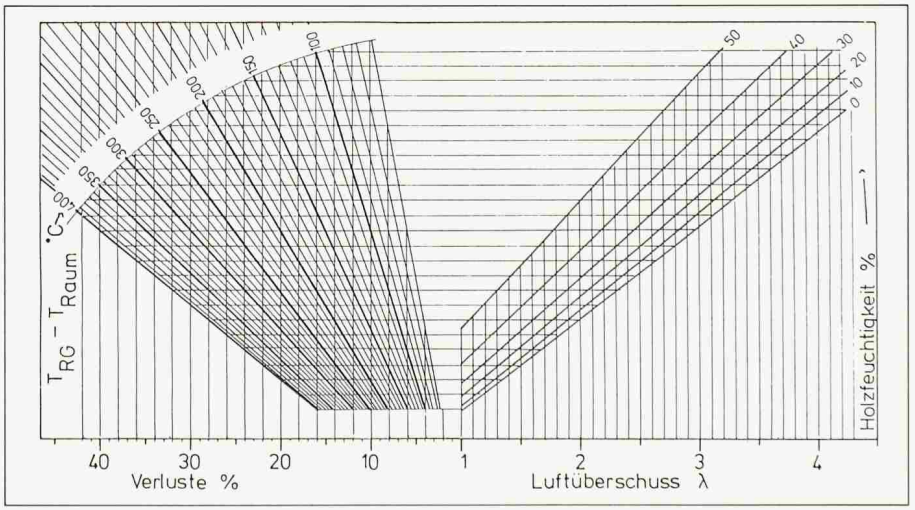


Bild 5. Verluste bei Holzfeuerungen in Abhängigkeit des Luftüberschusses, der Holzfeuchtigkeit und der Rauchgastemperatur. Bei guten Voraussetzungen lässt sich der Heizkessel mit einem Luftüberschuss von 2, einer Holzfeuchtigkeit von 20%, einer Rauchgastemperatur von 200 °C und Verlusten von 14% betreiben. (Graphik: Christian Gaegauf.)

Beteiligte

Konzept, Design und weitere Auskunft: *GAAN Design André Riemens*, dipl. Designer HfG, Gabriela Vetsch, dipl. Innenarchitektin HfG, 8004 Zürich

Wissenschaftliche Beratung: *Ökozentrum Langenbruck, Christian Gaegauf, dipl. Ing. ETH, Basso Salerno, dipl. Ing. Universität Pisa, 4438 Langenbruck*

Prototyp-Herstellung: *James Licini, Schlosser-Plastiker, 8600 Dübendorf*

Finanzielle Unterstützung: *Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Kantonale Energiefachstelle, 8090 Zürich, Stiftung Ökozentrum, Langenbruck und GAAN Design, Zürich*

auch eine niedrige Rauchgastemperatur garantiert werden.

Das Verhältnis von der für den Verbrennungsprozess verbrauchten Luft zum gesamten Luftvolumen, der sogenannte Luftüberschuss, ist im Messprotokoll mit Werten zwischen 1,9 und 3, mit einem Spitzenwert von 1,4 aufgeführt. Der Luftüberschuss der auf dem Markt erhältlichen Geräte schwankt zwischen 1,8 für sehr gute und 7 für schlechte Öfen. Da die unverbrauchte Luft aufgeheizt und mitgeführt wird, hat der Luftüberschuss sehr viel mit der energetischen Effizienz zu tun.

Die Anteile von NO_x wurden nicht erhoben. Da aber eine Korrelation zwischen CO und NO_x besteht, kann mit hinreichender Begründung ein akzeptabler NO_x-Wert vermutet werden.

Konstruktive Details

Der zentrale Ofenkörper mit dem Brennraum und den Wärmetauschern ist aus Blech gefertigt. Die Speicher bestehen aus Geröllsteinen und die Oberfläche des Ofens ist grösstenteils mit Steinplatten verkleidet. Die höchstens 60 kg schweren Bestandteile des Aggregates werden serienmässig vorfabriziert und können an Ort und Stelle zusammengeschraubt werden.

Das Backfach ermöglicht die Zubereitung von Speisen, die eine grosse Hitze benötigen (bis 350 °C), wie Pizzas, Gratin, Brote usw. Ausschwenkbare Sitzflächen ergeben zusammen mit den Flügeln eine Ofenbank. Der interne Luftkreislauf ist gegenüber den Brenn- und Abgasräumen sowie gegenüber dem Wohnraum vollständig getrennt. Die Öffnungen für die Zuluft der Verbrennung (Primär- und Sekundärluft) garantieren eine weitgehende Dichtigkeit gegen den Raum. Die Brennkammer ist auch gegen unten dicht: Kein Rost, sondern eine Grundplatte schliesst den Feuerraum ab. Die ideale Beschickung besteht aus 50 cm langen Holzscheiten.

Literatur

[1] *Nussbaumer, Thomas:* Emissionen von Holzfeuerungen, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich 1988.

Noch nicht käuflich

Der Etagen-Zentral-Heizkessel ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht käuflich. Die Initianten versuchen, gemeinsam mit einem Produzenten und potentiellen Käufern eine Serie herzustellen. Der Preis wird naturgemäss von der Seriegrösse bestimmt.

Adresse des Verfassers: *Othmar Humm*, Edisonstrasse 22, 8050 Zürich.

Erneuerung von Flachbedachungen

Flachdächer sind Bauteile und Güter wie andere auch. Sie erfüllen über einen bestimmten Zeitpunkt die ihnen zugedachte Funktion. Bei sachgemässem Umgang und Unterhalt etwas länger als dann, wenn kein Unterhalt oder gar eine unsachgemässe Nutzung praktiziert wird. Gegen das Ende der Nutzungsdauer nehmen die erforderlichen Unterhaltsarbeiten zu. Güter wie Autos landen in solchen Situationen auf Müllhalden, mit der ganzen Problematik der Entsorgung. Bei Flachbedachungen hingegen bestehen geeignete Lösungen für deren Erneuerung. Bei fachgerechter Kontrolle und Unterhalt ist es jeweils möglich, die Erneuerung rechtzeitig einzuleiten, so dass die Flachbedachung unter weitgehender Verwendung der bestehenden Schichten den neuen Anforderungen angepasst werden kann.

Des Bauherrn Sorge um sein Flachdach

Zu dieser Überschrift passen zwei verschiedene Aspekte. Zum einen derjenige Bauherr, der zu seinem Flachdach wie auch zu anderen Bauteilen und Einrichtungsgegenständen Sorge trägt, der Bauten durch sachgerechte Nutzung und geeignete Kontroll- und Unterhaltsmassnahmen zu einer langen Lebens- bzw. Nutzungsdauer verhilft. Da gibt es jedoch auch Bauherren, die in

VON MARCO RAGONESI, SARNEN

ihren Bauten unter funktionstüchtigen Flachdächern leben und sich die ganze Zeit Sorgen machen, weil sie das Flachdach als zusätzliche Hypothek empfinden. Dies nicht etwa, weil hierzu besonderer Anlass bestehen würde, sondern weil Flachdächer auch bereits andern Sorgen bereitet haben und man dies sogar in der Zeitung lesen konnte.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, weshalb sich Flachdachschäden für die Verbreitung in den Medien so gut eignen, während man von Schäden bei wärmegedämmten Steildächern fast nie etwas hört, obwohl sie dort häufiger vorkommen als bei Flachdächern. Diese Frage ist relativ leicht zu beantworten: Flachdächer eignen sich hervorragend für grössere, z.B. auch öffentliche Bauten. Schäden an Flachdächern öffentlicher Bauten werden deshalb oft zum Politikum, in jedem Fall sind sie aber ein dankbares Thema für Journalisten, vor allem dann, wenn sie sich mit der Flachdacharchitektur nicht identifizieren können. So muss dann das Flachdach oft auch für andere Missstände rund um das Gebäude herhalten, wie z.B. für Schäden an Aussenwänden und Fenstern infolge ungenügenden Witterungsschutzes.