

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111 (1993)  
**Heft:** 38

**Artikel:** Optimierte Kleinholzfeuerung: ein Pilotprojekt  
**Autor:** Häfeli, Ueli / Sägesser, Andreas / Widmer, Robert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78242>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Optimierte Kleinholzfeuerung

## Ein Pilotprojekt

**Im Lichte der schweizerischen energiepolitischen Ziele muss künftig Brennholz als einheimischer, CO<sub>2</sub>-neutraler und erneuerbarer Energieträger wesentlich besser genutzt werden als bis anhin. Dies erfordert emissionsarme, effiziente Holzfeuerungen im grossen wie im kleinen Leistungsbereich. Das Pilotprojekt «Eismannhof» befasst sich mit der bislang vernachlässigten Kleinholzfeuerung und ist ein erster kleiner Schritt in dieser Richtung.**

An der stark befahrenen Seebahnstrasse und in unmittelbarer Nachbarschaft des Güterbahnhofes liegt der «Eis-

**VON UELI HÄFELI, ANDREAS SÄGESSER UND ROBERT WIDMER, ZÜRICH**

mannhof», eine grössere städtische Wohnsiedlung mit 170 Wohnungen. Sie wurde 1926/27 nach den Plänen der Architekten Kündig und Uetiker gebaut und ist eine der wenigen stadtzürcherischen Überbauungen mit noch intakter reiner Kachelofenheizung. Altersbedingte bauliche Mängel und überaus einfache sanitäre Einrichtungen machten eine erste umfassende Renovation notwendig.

Am 28. September 1988 stimmte der Gemeinderat von Zürich einer «sanften» Sanierung der Siedlung zu, welche die architektonischen Qualitäten dieser klar gegliederten, fast kasernenhaft anmutenden Überbauung bewahrt und die bescheidenen Wohnungen spürbar aufwertet, ohne das Budget der Mieter über Gebühr zu beanspruchen.

### Überlebenschance für die Kachelöfen

Die Emissionen aus den Kaminen der Siedlung führten nicht selten zu Reklamationen aus der Nachbarschaft, obwohl – oder vielleicht gerade weil – die Luftqualität entlang der Seebahnstrasse schon längst nicht mehr über jeden Zweifel erhaben ist. Trotz Anweisungen an die Mieterschaft, möglichst nur sauberes Brennholz zu verfeuern, wurden nebst den beliebten Braunkohlebriketts eben auch Milchpackungen, Gummistiefel, alte Teppiche und Rüstabfälle energetisch verwertet bzw. entsorgt, wie gelegentliche Kontrollen der Feuerpolizei ergaben. Grund genug für die Planer, diesem Unfug ein für allemal den Riegel zu schieben und eine moderne, umweltfreundliche Gasheizung vorzuschlagen.

Vor allem die beschränkten finanziellen Mittel für den Umbau, aber auch der Wunsch einer Mehrheit der Mieterschaft sowie die Empfehlungen der Energieberater bewogen schliesslich die gemeinderätliche Kommission, den

Kachelöfen eine Überlebenschance einzuräumen, allerdings verbunden mit der Auflage, den Schadstoffausstoss mittels technischer und betrieblicher Massnahmen markant zu verringern. Um – ohne den Baukredit zu belasten – die nötigen Abklärungen und konkreten Massnahmen durchführen zu können, wurde im Rahmen des Programmes zur energetischen Sanierung der städtischen Liegenschaften (Presanz) ein Pilotprojekt bewilligt und die erforderlichen Mittel bereitgestellt.

Holzöfen sind in Altliegenschaften noch immer weit verbreitet. Allein in den Liegenschaften der Stadt Zürich werden noch mindestens 500 gleichartige Kachelöfen betrieben. Obwohl aus lufthygienischer Sicht nicht unbedenklich, scheint es nicht sinnvoll, diese sparsamen «Bedarfsheizungen» generell durch Zentralheizungen zu ersetzen, da mit dem angebotenen Komfort erfahrungsgemäss auch der Energieverbrauch deutlich zunimmt.

Die im Rahmen des Energiegutachtens ermittelten Energiekennzahlen für die Kachelofen-Raumheizung von 300–400 MJ/m<sup>2</sup> vor und deutlich unter 300 MJ/m<sup>2</sup> nach der Sanierung sind erfreulich tiefe Werte, welche mit einer Zentralheizung schwer zu erreichen sind.

### Pflichtenheft für die Sanierung

Zusammen mit der Liegenschaftenverwaltung der Stadt Zürich, dem Hochbauinspektorat, dem Amt für technische Gebäudeausrüstung sowie dem Ingenieurbüro Basler & Hofmann hat die Energiefachstelle der Stadt Zürich ein Sanierungskonzept für die Kleinholzfeuerungen im «Eismannhof» erarbeitet. Das Pflichtenheft umfasst fünf Punkte (vgl. Tabelle 1).

Mieterstruktur und wirtschaftliche Überlegungen erfordern einfache, betriebssichere und kostengünstige Lösungen mit möglichst hoher Lebenserwartung.

Die Abmessungen der bestehenden Öfen lassen sich nur unwesentlich verändern. Auch müssen, um die Kosten zu minimieren, die intakten Kacheln sowie andere brauchbare Teile der vorhandenen Öfen beim Umsetzen wiederverwendet werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Öfen von Mietern bedient werden, welche das Heizen mit Holz nicht unbedingt als ihre Lieblingsbeschäftigung betrachten. Bedienungsfreundliche, möglichst narrensichere Lösungen sind deshalb

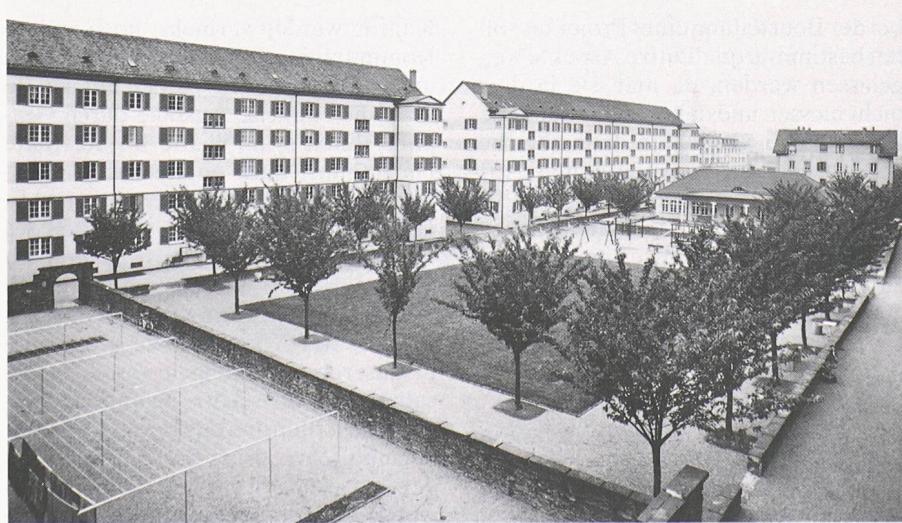


Bild 1. Der «Eismannhof» nach der Sanierung im Jahr 1990/91. Blick in den Innenhof



Bild 2. Fassadenansichten vor und nach der Sanierung

angezeigt und sind raffinierten, aber schwer verständlichen und allenfalls störungsanfälligen «Heizmaschinen» vorzuziehen.

Vielen Mietern ist nicht nur der Kachelofen als Wärmequelle wenig oder gar nicht vertraut, sondern auch die deutsche Sprache und schriftliche Bedienungsanweisungen.

### Konventionelle Speicheröfen optimal

Die drei ausgewählten Speicheröfen sind 165 cm hoch, 73 cm breit und 66 cm tief. Sie werden von der Küche her beschickt und haben ein kühnenseitiges Kochrohr, ein stubenseitiges Wärmerohr sowie einen obenliegenden Rauchrohrabgang. Wegen ihres unbefriedigenden Heizkomfortes wurden die ebenfalls in grösserer Zahl vorhandenen Warmluftöfen mit relativ rascher Wärmeabgabe, dafür aber geringer Speichermasse, nicht berücksichtigt. Es ist ohnehin vorgesehen, diesen Ofentyp im Rahmen des ordentlichen Unterhaltes sukzessive wieder durch Speicheröfen zu ersetzen.

**Schadstoff-Messungen:** Der nicht genau bekannte, lediglich aufgrund von Anhaltswerten aus der Fachliteratur geschätzte Schadstoffausstoss der vorhandenen und der noch zu entwickelnden Kachelöfen soll unter praxisnahen Bedingungen messtechnisch bestimmt werden.

**Ofenbau:** Es ist ein einfacher, unterhaltsarmer und kostengünstiger Feuerraum mit tiefen Emissionswerten zu entwickeln und zu erproben. Nach den Messungen sollte klar sein, welcher Ofentyp künftig im «Eismannhof» einzubauen ist.

**Brennstoff:** Grundsätzlich sollte nur naturbelassenes, trockenes Brennholz verwendet werden. Die wegen ihres langen Abbrandes beliebten Braunkohlebriketts sind zwar nicht erwünscht, sollen aber auch nicht ausdrücklich verboten werden.

**Bedienung der Öfen:** Es muss sichergestellt werden, dass die Bewohner wissen, wie man mit einem Kachelofen umgeht und diesen richtig einfeuert. Für Anfänger und Neuzugänger sind deshalb leichtverständliche Merkblätter zu erstellen.

**Abgasreinigung:** Es ist zu prüfen, ob sich die Feststoff-Emissionen allenfalls durch einfache Staubfilter und praxisgerechte Bedienungshilfen mit vertretbarem Aufwand verringern lassen.

Tabelle 1. Vorgaben für die Sanierung der Öfen

Nach der ersten Messphase bot sich die Gelegenheit, im «Eismannhof» einen neu entwickelten, nach heutigen Erkenntnissen über den optimalen Verbrennungsprozess konzipierten Grundofen deutscher Provenienz einzubauen und auszumessen.

Die wichtigsten konstruktiven Eigenheiten der untersuchten Feuerräume sind in Tabelle 2 beschrieben.

### Messprogramm

Um das praktische Emissionsverhalten und den thermischen Wirkungsgrad der vier Prüflinge zu ermitteln, wurden insgesamt 24 Messungen unter definierten Anfangs- und Abbrandbedingungen durchgeführt. Die Kachelöfen wurden jeweils mit Zeitungspapier und trockenem, naturbelassenem Holz angefeuert und der restliche Brennstoff (Holz bzw. Briketts) nach 30 bis 50 Minuten nachgelegt, bei einem Restsauerstoffgehalt in den Rauchgasen zwischen 16% und 19%.

**Generelle Anforderungen:** Emissionsmessungen der vorgängig beschriebenen Art an kleinen Feststoff-Feuerun-

gen sind aufwendig, deshalb eher selten und wegen der vielfältigen Störeinflüsse auch ein recht heikles Unterfangen. Sie erfordern nicht nur gute Messinstrumente, sondern auch einschlägige Erfahrung im Umgang mit Stückholzfeuerungen und nicht zuletzt ein gewisses Flair für unkonventionelle Aufgabenstellungen.

**Messstelle:** Die Probenahme erfolgte aus einem geraden Teilstück des Rauchrohres über dem Kachelofen, in dem eine möglichst gleichmässige Verteilung der partikelförmigen Emissionen zu erwarten war. Messgeräte und Messmethoden entsprechen den einschlägigen Empfehlungen des Bundesamtes für Umwelt, Wald, Landschaft (BUWAL, vormals BUS) bzw. den anwendbaren VDI-Normen (siehe Tabelle 3).

### Auswertung und Ergebnisse

Zunächst wurden die gemessenen Schadstoffkonzentrationen in [ppm] für die gasförmigen bzw. in [mg/m<sup>3</sup>] für Feststoffe den Vorschriften entsprechend auf einen Sauerstoffgehalt von 11% bei trockenen Bedingungen nor-

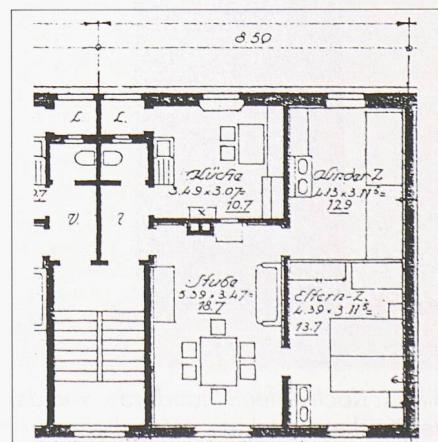


Bild 3. Grundriss einer typischen 4-Zimmer-Wohnung

|                 | «Standard»  | «Standard Plus»  | «Prototyp»   | «Neuer Ofen»   |
|-----------------|---|--|--|--|
| Bauart:         | konventioneller, gemauerter Speicherofen                | leicht abgeändertes «Standard»-Modell                                  | handwerklich gefertigter Prototyp mit einem kuppförmigen, aus hochwertigem Material gegossenen Feuerraum | neu entwickelte, industriell gefertigte Bauweise mit genuteten und geklebten Fugen |
| Rost:           | Gussrost  | mit Platte abgedeckt   | ohne Rost  | ohne Rost  |
| Entaschung:     | Aschenschublade   | direkt aus dem Feuerraum   | direkt aus der Aschenmulde im Feuerraum  | direkt aus der Aschenmulde im Feuerraum  |
| Primärluft:     | über Öffnungen in Ofen- und Aschentüre                  | über Öffnung in der Ofentüre   | über Öffnung in der Ofentüre   | über Öffnung in der Ofentüre   |
| Sekundärluft:   | keine   | über Schubladenöffnung und nachträglich eingefügten Sekundär-Luftstein | über Schubladenöffnung und Schlitze im Aufbrandbereich   | über Ofentüre, Luftkanal über dem primären Brennraum und Schlitz im Düsenhals      |
| Zuluftregelung: | stufenlos verstellbare Rosetten in Ofen- und Aschentüre | stufenlos verstellbare Rosette in der Ofentüre                         | stufenlos verstellbare Rosette in der Ofentüre   | Zuluftklappe mit zwei definierten Stellungen (Auf/Zu)                              |
| Varianten:      | 1   | 3<br>(mit kleinen Unterschieden)                                       | 3<br>(tiefe Mulde/flache Mulde/flache Mulde mit provisorischem Rost)                                     | 1  |

Tabelle 2. Wichtigste Merkmale der untersuchten Feuerräume

| Messgrösse  | Messmethode  | Gerät/Genauigkeit         | +-   |
|---|--|---------------------------|------|
| Feststoffe (Staub)                                  | isokinetisch, gemäss BUS-Messempfehlung, Anhang 12 | Koneth                    | 10 % |
| Stickoxide (NO <sub>2</sub> )                       | Chemiluminiszenz nach VDI 2456                     | Monitor Labs 8440         | 7 %  |
| Organische Stoffe (HC)                              | Flammenionisationsdetektor (FID)                   | IPM RS 5                  | 10 % |
| Kohlenmonoxid (CO)/ Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) | Nichtdispersive Infrarot-Absorption (NDIR)         | Binos 100                 | 7 %  |
| Sauerstoff (O <sub>2</sub> )                        | Paramagnetisch, kontinuierlich                     | Oxinus 1                  | 5 %  |
| Temperaturen  | Thermoelement Fe-CuNi/Pt 100                       | Degussa                   | 5 %  |
| Abgasgeschwindigkeit                                | Flügelrad-Anemometer                               | Höntsch Flow Therm        | 5 %  |
| Datenerfassung                                      | Datenlogger  | Kern QL 4/Delta T-Devices |      |

Tabelle 3. Messgrößen, Messmethoden und Messgeräte

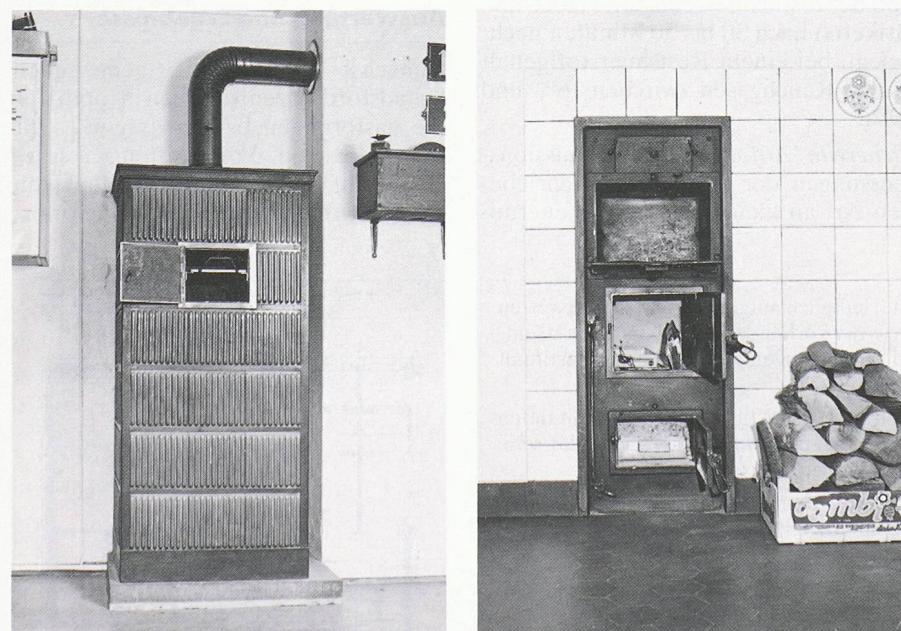


Bild 4. Kachelofen «Standard», von der Stubenseite her betrachtet: einfacher grüner Kachelmantel und Warmhalterohr mit Messingtür (links); Kachelofen «Standard», Küchenseite: schwarze Metallfront mit Kochrohr (oben), Feuerraum mit Metallrost (Mitte) und Ascheschublade (unten). Zuluftregulierung über die «Roseten» in den beiden unteren Türen (rechts).

mier. Aus diesen Grunddaten sowie aus den theoretisch-empirisch ermittelten Rauchgasmengen für Holz (8.4 Nm<sup>3</sup>/kg) und Braunkohlebriketts (11.4 Nm<sup>3</sup>/kg) wurden die absoluten bzw. auf den Brennstoffinput bezogenen Emissionsmassenströme der relevanten Luftschatdstoffe ermittelt (Schadstoffmenge pro kg Brennstoff bzw. pro MJ Endenergie).

Dabei mussten vereinfachende Annahmen getroffen werden, da nicht alle Einflussfaktoren genau bekannt sind. So wurde angenommen, dass während der 30–50 Minuten dauernden Anfeuerphase das Anfeuerholz zu 80% verbrannt wird, im Vollbrand die restlichen 20% sowie 80% der nachgelegten Holzscheite und in der Ausbrandphase die verbliebenen 20%. Für die Braunkohlebriketts, welche erst bei voll entfachtem Feuer zugelegt werden, gelten andere Annahmen: 70% werden im Vollbrand, 30% im Ausbrand in Wärme umgesetzt. Auf diese Weise konnten die gemessenen Emissionen plausibel den drei Verbrennungsphasen zugeordnet werden.

Der untere Heizwert des lufttrockenen Brennholzes wurde mit 14.6 MJ/kg eingesetzt, jener der Braunkohlebriketts mit 19.25 MJ/kg.

### Luftschatdstoffe

In den Diagrammen (vgl. Bild 5 und 6) sind die gemessenen und auf die jeweils eingesetzte Brennstoffmasse bezogenen Schadstoffemissionen der untersuchten Kachelöfen dargestellt. Es sind gewichtete Mittelwerte über den ganzen Verbrennungsprozess, bestehend aus Anfeuervorgang, Vollbrand-

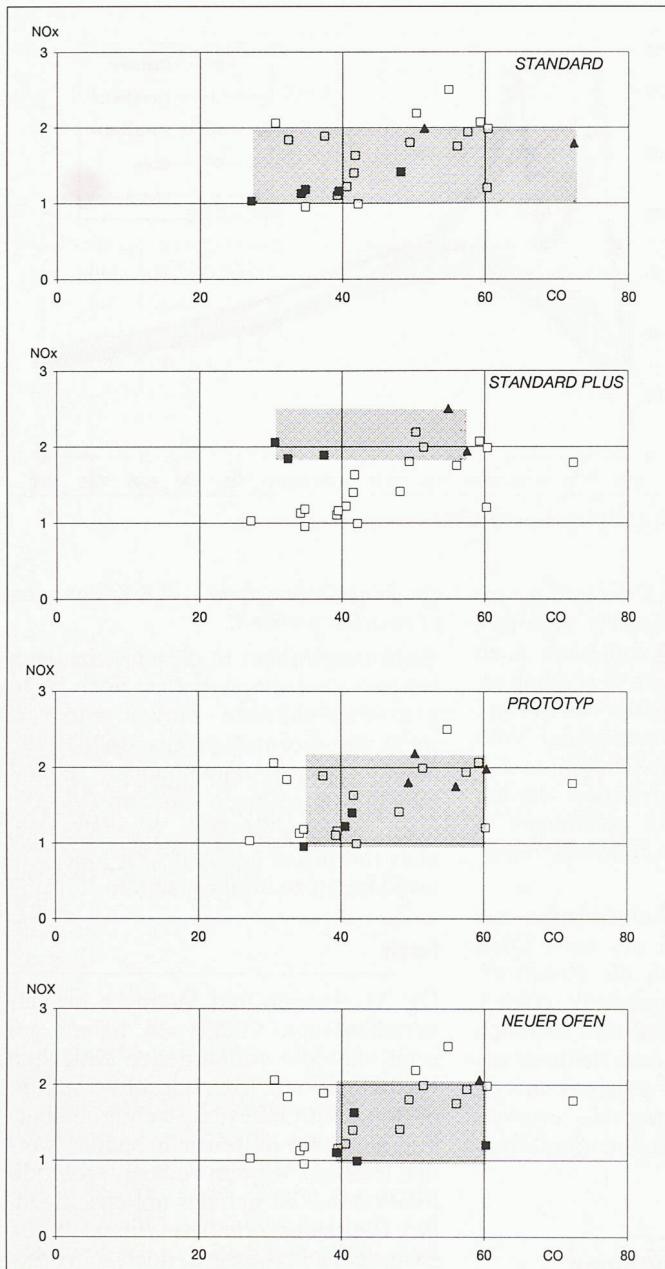


Bild 5. Stickoxid-/Kohlenmonoxid-Kennfelder der untersuchten Ofentypen. Schadstoffemissionen in Gramm pro kg Brennstoff für reines Brennholz (Quadrate) bzw. für gemischte Chargen von Brennholz und Braunkohlebriketts (Dreiecke)

und Ausbrandphase. Der im Hinblick auf die Geruchsbelästigung der Nachbarschaft besonders interessierende Kohlenwasserstoff- und Feststoffausstoss der Feuerungen ist aus Bild 6 ersichtlich.

#### Temperaturverhalten

Hierzu sei auf den zeitlichen Verlauf der Oberflächentemperaturen am alten und neuen Ofen verwiesen (vgl. Bild 7).

#### Erste Versuche eher ernüchternd

##### Ist-Zustand

Die Messungen am Modell «Standard» haben gezeigt, dass der typische «Eris-

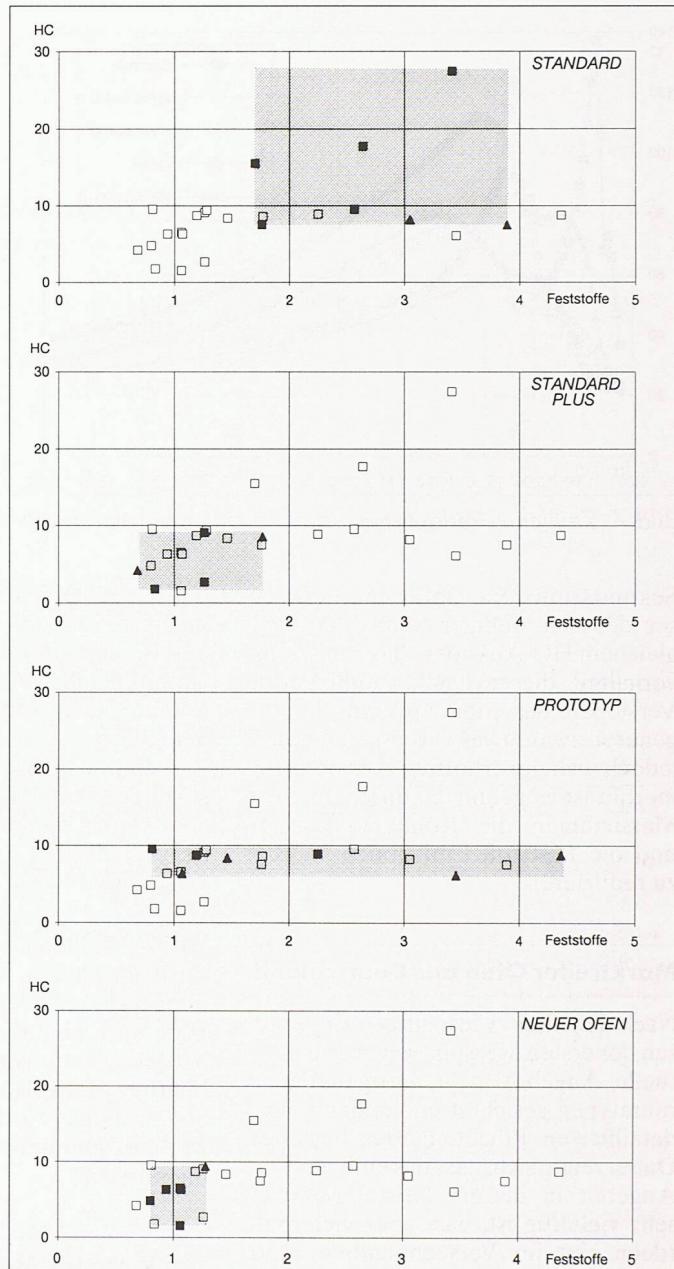


Bild 6. Kohlenwasserstoff-/Feststoff-Kennfelder der untersuchten Ofentypen. Schadstoffemissionen in Gramm pro kg Brennstoff für reines Brennholz (Quadrate) bzw. für gemischte Chargen von Brennholz und Braunkohlebriketts (Dreiecke)

mannhof»-Kachelofen etwa den Erwartungen entspricht. Das Emissionsverhalten dieses einfachen Feuerraumes ohne Sekundärluftzufuhr ist sehr unterschiedlich und gesamthaft betrachtet unbefriedigend, der thermische Wirkungsgrad von über 70% hingegen erfreulich hoch. Schwachstellen dieses Ofens sind zweifellos die hohen Staub- und Kohlenwasserstoff-Emissionen, positiv zu vermerken die für eine Holzfeuerung recht tiefen Stickoxidwerte.

Aufgrund der gemessenen Schadstoffemissionen sind die bestehenden Öfen bezüglich CO und  $\text{NO}_x$  als mittelmässige, hinsichtlich HC und Staub als unterdurchschnittliche konventionelle Holzfeuerungen einzustufen.

#### Quervergleich der untersuchten Ofentypen

Die Versuche mit leicht abgeänderten und weitergehend modifizierten Kachelöfen dieser Bauart (Varianten «Standard Plus» bzw. «Prototyp») lieferten sowohl positive als auch weniger erfreuliche Ergebnisse. Gegenüber dem Basismodell («Standard») wurden Veränderungen gemäss Tabelle 4 festgestellt.

Gesamthaft betrachtet, schneiden in diesem qualitativen Vergleich der «Prototyp» mit dem gegossenen, kuppelförmigen Brennraum und Sekundärluftzufuhr bezüglich der Stickoxide etwas besser ab als der «Standard Plus» mit unveränderter Brennraumgeometrie und

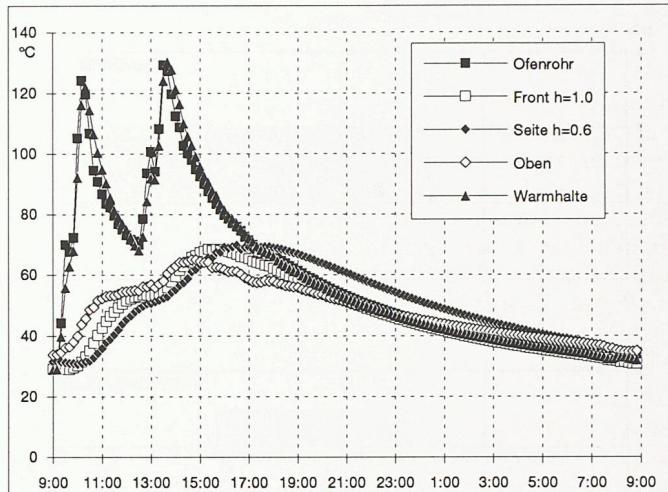
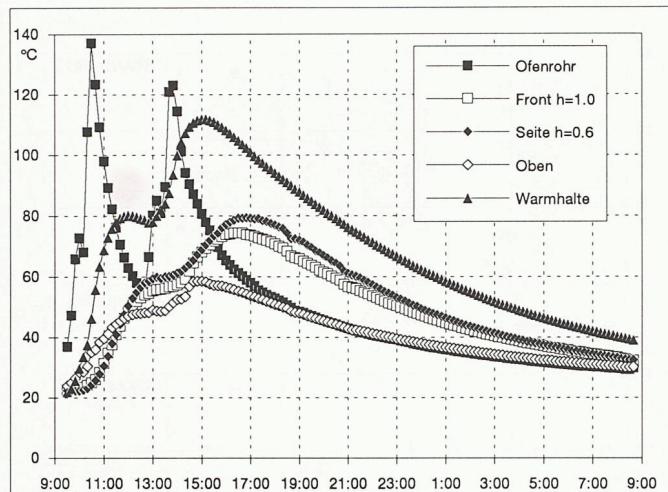


Bild 7. Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen am alten und am neuen Ofen

Sekundärluftstein. Dafür emittiert dieser deutlich weniger Staub, bei etwa gleichem HC-Ausstoss. Das Emissionsverhalten dieser leicht modifizierten Versionen des Standardofens konnte generell zwar etwas verbessert werden, jedoch nicht im erhofften Ausmass. Immerhin ist es gelungen, durch einfache Massnahmen die Kohlenwasserstoff- und die Feststoff-Emissionen spürbar zu reduzieren.

### Marktreifer Ofen aus Deutschland

Nach den eher zwiespältigen Ergebnissen der ersten Messphase wurde das aktuelle Angebot an neuartigen Feuerraumtypen gesichtet und anhand eines detaillierten Pflichtenheftes bewertet. Dabei zeigte sich, dass das einheimische Angebot in diesem Leistungsbereich sehr vielfältig ist, dass aber viele gute Ideen erst im Versuchsstadium sind. Schliesslich konnte ein marktreifes, erfolgversprechendes und auch von Preis und Abmessungen her passendes Produkt in Deutschland gefunden werden.

Obwohl die Versuche mit dem neu entwickelten Ofentyp die besten und auch absolut betrachtet recht erfreuliche Resultate ergaben, ist der angestrebte Durchbruch in emissionstechnischen Belangen nicht erfolgt. Immerhin ist es gelungen, den Kohlenwasser- und den Feststoffausstoss markant zu verringern

und das entsprechende Kennfeld zu verkleinern. Der Ofen reagiert gutmütig auf Bedienungsfehler und kann auch Braunkohlebriketts ohne wesentlich erhöhten Schadstoffausstoss verwerten. Sehr tiefe Emissionswerte in der Vollbrandphase belegen die Qualitäten dieser interessanten Konstruktion, werden aber durch schwächere Leistungen in der Anfahr- und Ausbrandphase relativiert (vgl. Bild 8).

Wegen der grossen Zuluftklappe mit Auf/Zu-Stellung kann der neue Ofen stark auskühlen, wenn die Zuluftöffnung nicht rechtzeitig geschlossen wird. Hier wäre eine einfache und dennoch betriebssichere Warn- oder Schliessvorrichtung sinnvoll und sehr erwünscht. Sollen hohe Nutzungsgrade erreicht werden, sind solche Bedienungshilfen unerlässlich.

### Flankierende Massnahmen

**Abgasreinigung:** Die ursprüngliche Idee und Absicht, den Feststoffausstoss der Kachelöfen durch sekundäre Massnahmen zu reduzieren, hat sich recht bald als nicht realisierbar erwiesen. Eine zentrale Filteranlage mit keramischen Elementen im Estrich hätte vor allem den finanziellen Rahmen bei weitem gesprengt, während einfache Lochfolienfilter in den Rauchgasrohren der einzelnen Öfen aus wartungs- und si-

cherheitstechnischen Überlegungen verworfen wurden.

**Bedienungshilfen:** In diesem wichtigen Bereich sind die Arbeiten noch nicht ganz abgeschlossen. Zurzeit wird versucht, die «normale» Betriebsanleitung in eine sprachenunabhängige Bildgeschichte umzusetzen. Sodann sind die noch unausgegorenen Vorstellungen über thermisch geregelte Zu- und Abluftklappen zu konkretisieren.

### Fazit

Die Messungen und Versuche an vier verschiedenen Ofentypen haben gezeigt, dass die vorhandenen einfachen Kachelöfen mit Rost und ohne Sekundärluftzufuhr feuerungstechnisch überholt sind und mittelfristig saniert werden müssen. Mit den versuchten Modifikationen lässt sich das unbefriedigende Emissionsverhalten dieser Öfen zwar etwas verbessern, doch führt dieser Weg sicher nicht zum gesteckten Ziel einer schadstoffoptimierten oder gar schadstoffarmen Kleinholzfeuerung. Der neu entwickelte Kachelofen beweist, dass erhebliche Verbesserungen möglich sind. Damit ist das Ziel zwar noch nicht erreicht, aber doch ein entscheidender Schritt getan.

Der neue Ofen zeichnet sich durch ein gutmütiges Emissionsverhalten aus: er emittiert deutlich weniger Kohlenwasserstoffe und staubförmige Partikel, verspricht bei richtiger Handhabung einen hohen feuerungstechnischen Wirkungsgrad und zeichnet sich durch eine ausgeprägte Bedienungssicherheit aus. Gemessen an den Grenzwerten der Luftreinhalteverordnung für grosse Holzfeuerungen von mehr als 1 MW, ist das Ergebnis erfreulich und bescheiden zugleich, indem zwar die Limiten für NO<sub>x</sub> und Feststoffe unterboten werden, die CO- und vor allem die HC-Emissionen aber um eine Größenordnung darüber liegen.

| Kriterien und Gewichtung | relative Bewertung der drei untersuchten Alternativen |                     |                     |
|--------------------------|---|---------------------|---------------------|
|                          | «Standard Plus»                                       | «Prototyp»          | «Neuer Ofen»        |
| Wirkungsgrad 1           | -2 deutlich schlechter                                | -1 etwas schlechter | +1 etwas besser     |
| CO 0,5                   | 0 etwa gleich   | -1 etwas schlechter | -1 etwas schlechter |
| HC 2                     | +2 deutlich besser                                    | +1 etwas besser     | +2 deutlich besser  |
| NO <sub>x</sub> 1        | -2 deutlich schlechter                                | 0 etwa gleich       | 0 etwa gleich       |
| Staub 2                  | +2 deutlich besser                                    | +1 etwas besser     | +2 deutlich besser  |
| Gesamtbilanz             | +0,6 etwas besser                                     | +0,4 etwas besser   | +1,5 spürbar besser |

Tabelle 4. Ergebnisse der Bewertung

Gesamthaft betrachtet, ist der neue Ofen dennoch eine gute Lösung für den «Erismannhof». Hervorzuheben ist die einfache Bedienung und der robuste, wartungsfreundliche Aufbau, das gute Speichervermögen und die sehr ausgeglichenene Temperaturverteilung über den Kachelmantel sowie die ansprechende Frontpartie (vgl. Bild 9), welche die bescheidenen Wohnküchen deutlich aufwertet, ja sogar einen Hauch von Luxus vermittelt.

Auch wenn es im Rahmen dieses Pilotprojektes nicht gelungen ist, eine im strengen Sinn des Wortes schadstoffarme Kleinholzfeuerung zu entwickeln bzw. auf dem Markt aufzuspüren, ist der neue Kachelofen für den «Erismannhof» als «Sonderfall» eine vertretbare Lösung. In weniger stark belasteten Gebieten und namentlich in sehr gut isolierten Häusern stellt ein solcher schadstoffreduzierter Ofen eine durchaus befriedigende, prüfenswerte Alternative dar.

## Ausblick

Das Pilotprojekt will nicht generell den Kachelofen als alternative Wärmequelle für Ballungsgebiete propagieren, sondern vor allem Impulse vermitteln: Denkanstöße zugunsten einer altbewährten und geschätzten Form der Raumheizung, welche eine einheimische erneuerbare Ressource sinnvoll nutzt und überdies dazu anregt, Energie bewusst und sparsam einzusetzen.

Die Resultate des Pilotprojektes sind eine erste Momentaufnahme einer Entwicklung, welche trotz aufwendiger wissenschaftlicher Studien und Pilotprojekte zurzeit durch innovative Handwerker geprägt wird. Durch begabte Praktiker also, die mit wachem Interesse versuchen, theoretische Erkenntnisse und Anregungen umzusetzen und unentwegt an neuen, schadstoffoptimierten Feuerräumen arbeiten.

Diese regen Geister eines traditionellen Handwerkes brauchen und verdienen die Unterstützung der laufenden Aktionsprogramme des Bundes. Die verfügbaren Mittel sollten also auch dazu dienen, die Hilfe zur Selbsthilfe und die koordinierte Entwicklungshilfe für das einheimische Hafnergewerbe zu fördern. Ein wertvoller Beitrag wäre z.B. eine kostengünstige Messmethode, welche dem experimentierfreudigen Hafner hilft, das Emissionsverhalten seiner Eigenentwicklungen objektiv zu bewer-

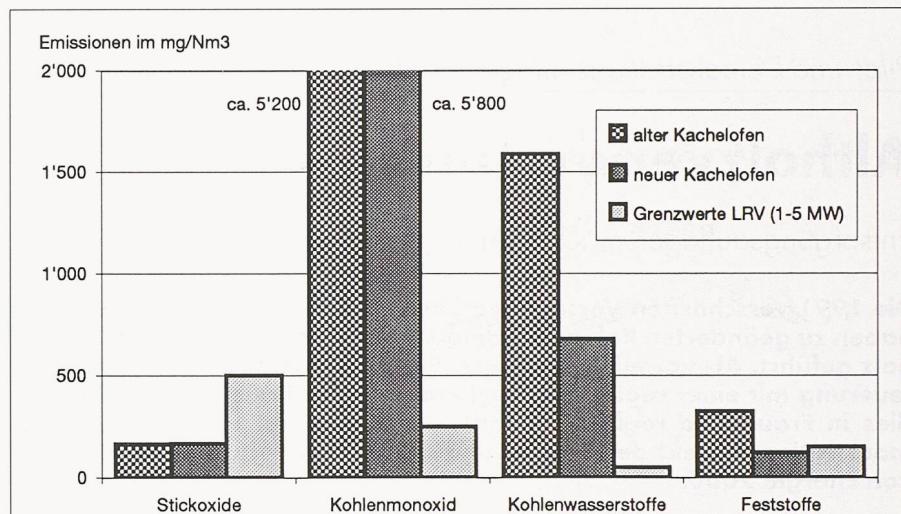


Bild 8. Relativer Sanierungserfolg, gemessen an den Grenzwerten der LRV für grosse Holzfeuerungen



Bild 9. Küchenseitige Ansicht des neuen Ofens

ten, um so das Produkt gezielt verbessern zu können.

Wie gross das mit vertretbarem Aufwand realisierbare Entwicklungspotential der Kleinholzfeuerung im lufthygienischen Bereich ist, war bei Projektbeginn schwer abzuschätzen. Inzwischen hat sich in der Schweiz einiges getan. So stand beispielsweise im Nullenergiehaus der «Heureka» ein sehr ansprechender Ofen, dessen Feuerung eine optimale Verbrennung verspricht. Im Rahmen des Konzeptes «DIANE» (Durchbruch Innovativer Anwendungen Neuer Energietechniken) des Aktionsprogrammes «Energie 2000» des Bundesamtes für Energiewirtschaft sollen unter anderem auch schadstoffarme Kleinholzfeuerungen gefördert werden.

Wenn es gelingt, diesen finanziellen «Schub» technologisch umzusetzen, wird auch der Kachelofen aufleben und langfristig einen bescheidenen, aber sehr sinnvollen Beitrag zugunsten der kommenden Generationen leisten können.

Adressen der Verfasser: *Ueli Häfeli*, dipl. Bauing, ETH/SIA, Zürcher Energieberatung, Beatenplatz 2, 8023 Zürich; *Andreas Sägesser*, Techniker, Feuerpolizei der Stadt Zürich, Weststr. 4, 8036 Zürich, und *Robert Widmer*, dipl. Bauing, ETH/SIA, Masch.ing. HTL, c/o Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstr. 395, 8029 Zürich.

(Für die Emissionsmessungen war zuständig: *Tino Wehrli*, dipl. Chemiker HTL, Badenerstr. 217, 8003 Zürich.)