

Passivhaustauglicher Scheitholzofen kleiner Leistung

R. Vazansky, P. Holzer, M. Huber

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

18/2008

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Passivhaustauglicher Scheitholzofen kleiner Leistung

Rudolf Vazansky
Gast - Metallwaren GmbH & Co KG

DI Peter Holzer
Donau Universität Krems

DI (FH) Martin Huber
Bau.Energie.Umwelt Cluster NÖ

Steyr, Jänner 2008

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

Inhalt des Projektes ist die Entwicklung eines Scheitholzofens kleiner Leistung, der für den Einsatz im Passivhaus optimiert wird. Durch verschiedene Maßnahmen wie Dämmung der Ofenhülle, Reduktion der Wärmeabgabe über das Sichtglasfenster, Verkleinerung des Brennraumes etc. in Verbindung mit Speichermassen soll der gewünschte Leistungsbereich, <1 kW Abgabe im Aufstellraum, erreicht werden.

Passivhäuser definieren sich einerseits über die Energiekennzahl (<15 kWh/m²a) und andererseits über die Heizlast (<10 W/m²). Die allgemeine Definition besagt, dass ein Gebäude dann ein „Passivhaus“ ist, wenn es sich bei einer hygienisch erforderlichen Luftwechselrate (je nach Belegung zwischen 0,3 bis 0,5-fachem Luftwechsel) rein über die Zulufterwärmung auf maximal 45-50°C beheizen lässt. Die Beheizung mit Luft kommt aus dem Kostenargument: Lüftung mit Wärmerückgewinnung ist ohnehin notwendig. Daher soll die vorhandene Verteilleitung auch für Heizzwecke genutzt werden. In der Praxis stößt man bei Einfamilienhäusern über 130-150 m² selbst bei Passivhausstandard mit der Beheizung über Luft an Grenzen. Um das Risiko zu geringer Luftfeuchtigkeit zu reduzieren, wird gerade in der kältesten Jahreszeit eine Reduktion der Luftwechselrate empfohlen, wodurch auch die Energieverteilung über die Luft verringert wird. Weiters gibt es bei zahlreichen Endkunden und bei Architekten den Wunsch nach preisgünstigen Heizgeräten mit Biomasse. Pelletssysteme sind für diesen Zweck schon weitgehend geeignet. Bei kleinen Stückholzkesseln ist noch Entwicklungsbedarf gegeben. Der geringe Holzbedarf und die relativ kurze Heizperiode im Passivhaus bringen auch ohne Vollautomatisierung einen guten Bedienungskomfort.

Grundlage ist die Simulation über Energieverbrauch und Wärmeverteilung in einer typischen Passivhauswohneinheit. Berechnet wurden Gebäude in drei energetischen Kategorien (15, 30 und 45 kWh/m²), sowie Leichtbau und Massivbau.

Auf Basis dieser Daten wurde ein Ofen-Rohling konzipiert. Der Ofen funktioniert im Naturzug-Prinzip nach einem patentierten Abbrandverfahren und soll den Hauptteil der Wärme in einen rund 500 bis 1000 Liter Speicher liefern. Die Einspeisung der Energie soll über Schwerkraftzirkulation erfolgen, um Pumpenergie und eine thermische Ablaufsicherung zu sparen. Im Massivgebäude wird weiters die Strategie untersucht, für die Beheizung mit der Beladung der Gebäudespeichermassen auszukommen und lediglich 300 bis 500 Liter Warmwasserspeicher beizustellen. Eine Variante zur Wärmeverteilung zielt auf die Zulufterwärmung der Lüftungsanlage. Ergänzt wird das Wärmeerzeugungssystem durch ein Komplettangebot wie einfache Regelungs- und Verteilsysteme (Bauteilheizung, Kleinstwandheizung).

Es wurden Abbrandversuche und in der Folge eine erste Labormessung der erzielten Leistung, Wärmeverteilung –Raum/Speicher etc durchgeführt.

Aufgrund der Ergebnisse wurde das Produkt technisch nachgebessert, designed und im Labor ein Heizsystem aufgebaut und vermessen. Die Messungen sind positiv abgeschlossen und somit erfüllt der Ofen alle erforderlichen Normen. Das Ziel, einen Scheitholzofen mit kleinster Leistungsabgabe wurde erreicht.

Mit der erfolgreichen Namensgebung: „**gastiny**“ wurde das F&E Projekt abgeschlossen und gleichzeitig die Vermarktung gestartet.

Abstract

The project consists of developing a wood burning stove with a small capacity optimized for use in passively heated homes. Different measures such as insulating the stove encasing, reducing heat loss via the front glass panel, reducing the combustion chamber, etc. in conjunction with thermal masses is to achieve the desired output range of <math><1\text{ kW}</math> in the area in which the stove is installed.

Passive houses are defined by the characteristic energy value (<math><15\text{ kWh/m}^2\text{a}</math>) as well as the heating load (<math><10\text{ W m}^2</math>). The general definition states that a building is a "passively heated or low energy house" if it can be heated to max. 45-50°C solely by heating the supply air while an air renewal rate required by hygiene principles (depending on design between 0.3 to 0.5 times of the air renewal) applies. Heating with air is based on a cost argument: Heating with heat recovery is necessary in any case. The existing distribution line thus should also be used for heating purposes. However, practical applications have shown that even passive houses have a limit when it comes to heating with air, in most cases this applies to single-family homes larger than 130-150 m². To reduce the risk of lower than acceptable humidity levels, it is recommended to reduce the air renewal rate, especially during the coldest parts of the year, which also reduces the energy distribution via air. Numerous end customers and architects also ask for cost-effective heating units with biomass. Pellet systems are for the most part already well-suited for these types of applications. Systems using small wooden logs, however, are still in need of some further development. The low consumption of wood and the relatively short heating period in the passive house provide a good user comfort even without a fully automated system.

The basis is an energy consumption and heat distribution simulation in a typical passive housing unit. Buildings in three energetic categories were used for the calculation (15, 30, and 45 kWh/m² a), as well as lightweight and solid buildings.

A plain sample stove was designed based on this data. The stove functions based on the natural draft principle and a patented combustion process and is to deliver the main share of heat to an approx. 500 to 1000 liter accumulator. The energy is to be supplied with gravity-based circulation to save pump energy and a thermal discharge safety device. In the solid building, the strategy of using solely the thermal building masses for heating and a 300 to 500 liter hot water accumulator is examined as well. One heat distribution variant targets the supply air heating of the ventilation system. The heat generation system is supplemented with a complete range of equipment such as simple control and distribution systems (structural component heater, compact wall heater).

Combustion tests were followed by a first series of laboratory measurements of the achieved output, heat distribution per area/accumulator, etc.

Based on these results, the product was technically improved and a new design prepared, and a heating system was built and dimensioned in the laboratory. The measurements have concluded positively and the stove now meets all required standards. The goal of building a wood-burning stove with the smallest output was achieved.

After naming the new stove "**gastiny**," the R&D project was completed and marketing of the stove commenced.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Ausgangssituation / Problembeschreibung	6
1.2	Kleinstscheitholzofen für Haus der Zukunft	6
1.3	Schwerpunkte	6
1.4	Vorarbeiten	7
1.4.1	Wesentliche Vorarbeiten	7
1.4.2	Weitere Forschungsarbeiten	7
2	Verwendete Methode	8
3	Projektbericht / Vorläufige Ergebnisse / Schlussfolgerungen	9
3.1	Vertiefung des Projektzieles	9
3.2	Festlegung der Variante	9
3.3	Berechnung der Grundlagen	10
3.4	Parameter der thermischen Simulationsrechnungen	10
3.5	Thermische Simulationsrechnungen	10
3.5.1	Gebäudemodell	11
3.5.1.1	Allgemeines	11
3.5.1.2	Raumgeometrie	11
3.5.1.3	Bauteile	11
3.5.1.4	Lüftung	13
3.5.1.5	Innere und solare Wärmegewinne	13
3.5.1.6	Heizung	13
3.5.2	Berechnungen	13
3.5.2.1	Klimadaten	13
3.5.2.2	Kontrollrechnung PHPP / TAS	14
3.5.2.3	Varianten	14
3.5.2.4	Auswertung	15
3.5.3	Erste Ergebnisse	15
3.6	Bau des ersten Prototypen	17
3.6.1	Technische Anforderungen	17
3.6.2	Modifikation der Brennkammer / Bau eines Prototypen	17
3.6.2.1	Dreizugbrand:	17
4	Optimierung des Prototypen zur Serienreife	21
4.1	Weiterarbeit am Prototypen	21
4.2	Fortführung der Berechnung und thermischen Simulation	37
4.3	Ofendesign	38
4.3.1	Designüberlegungen im Zusammenhang mit dem Kundennutzen	38
4.3.1.1	Was genau ist das Produkt?	38
4.3.1.2	Ist der Ofen auch ohne Pufferspeicher zu verwenden?	38
4.3.1.3	Für welche Einsatzzwecke ist das Paket geeignet?	39
4.3.1.4	Zielgruppen und Versuch einer Reihung nach Umsatzpotential?	39
4.3.1.5	Kundennutzen?	39
4.3.1.6	Namensgebung	40
4.3.1.7	Formgebungsidee	40
4.3.2	Designüberlegungen im Zusammenhang mit der Produktion	40
4.3.3	Namensentscheidung: „gastiny“	41

4.4	Verbesserung der Kamineigenschaften	41
4.5	Gesamtsystem „Wärmeversorgung mit Kleinst-Scheitholzöfen“	41
5	Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis.....	43
5.1	Abbildungsverzeichnis.....	43
5.2	Tabellenverzeichnis.....	43
6	Anhang.....	44
6.1	Anhang 1	44
6.1.1	Ausgangsprodukt / Prospekt / Leistungsverlauf des Ausgangsprodukts	44
6.2	Anhang 2	47
6.2.1	Excel-Tabelle zu Dimensionierung.....	47
6.3	Anhang 4	49
6.3.1	Prüfbericht des Kachelofenverbandes	49

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation / Problembeschreibung

Passivhäuser definieren sich einerseits über die Energiekennzahl ($<15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) und andererseits über die Heizlast ($<10 \text{ W/m}^2$). Die allgemeine Definition besagt, dass ein Gebäude dann ein „Passivhaus“ ist, wenn es sich bei einer hygienisch erforderlichen Luftwechselrate (je nach Belegung zwischen 0,3 bis 0,5 fachem Luftwechsel) rein über die Zulufterwärmung auf maximal $45\text{-}50^\circ\text{C}$ beheizen lässt. Die Beheizung mit Luft kommt aus dem Kostenargument: Lüftung mit Wärmerückgewinnung ist ohnehin notwendig. Daher soll die vorhandene Verteilleitung auch für Heizzwecke genutzt werden. In der Praxis stößt man bei Einfamilienhäusern über $130\text{-}150 \text{ m}^2$ selbst bei Passivhausstandard mit der Beheizung über Luft an Grenzen. Weiters ist der Markt von Häusern nahe dem Passivhausstandard (klima:aktiv Haus) stark im Wachsen, was angepasste Energieversorgungssysteme erfordert. Um das Risiko zu geringer Luftfeuchtigkeit zu reduzieren, wird gerade in der kältesten Jahreszeit eine Reduktion der Luftwechselrate empfohlen, wodurch auch die Energieverteilung über Luft verringert wird. Weiters gibt es bei zahlreichen EndkundInnen und bei Architekten den Wunsch nach preisgünstigen Heizgeräten mit Biomasse. Pelletssysteme sind für diesen Zweck schon weitgehend geeignet, Stückholzkessel noch nicht wirklich. Da Passivhäuser einen geringen Gesamtenergiebedarf haben, ist sowohl der finanzielle Aufwand für ein automatisiertes Pelletssystem, als auch der Aufwand für die Anlieferung von Pellets relativ hoch. Hier bietet sich ein Stückholzkessel kleinster Leistung an.

1.2 Kleinstscheitholzofen für Haus der Zukunft

Das Produkt deckt eine wichtige Lücke im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden bzw. Wohnungen mit niedriger Heizlast ab. Es ist sowohl für den Neubau als auch in der hochwertigen Althausanierung einsetzbar. Durch den geringen Betriebsstrom reduziert sich damit der Einsatz der hochwertigen Energie *elektrischer Strom*. Da Holzheizungen bei Endkunden immer wieder nachgefragt werden, soll mit einer technisch einwandfreien Lösung der Anteil der Passiv- und Niedrigenergiehäuser, die mit nachwachsenden Rohstoffen versorgt werden, steigen.

1.3 Schwerpunkte

Die Produktentwicklung erfolgt in vier Etappen:

1. Klärung der Rahmenbedingungen und heiztechnische Anforderungen des Passivhauses sowie technische Lösungsmöglichkeiten in mehreren Produktvarianten (interdisziplinärer Workshop zwischen Verbrennungstechniker, Ofenentwickler, Lüftungstechniker, Schornsteintechniker sowie Passivhausexperten). Dazu wird unter anderem eine Gebäudesimulation über das Wärmeverteilverhalten unter den verschiedenen geometrischen und materialspezifischen Gesichtspunkten durchgeführt.
2. Bau eines Prototypen, Nachbesserung nach ersten Tests
3. Technische Prüfzeugnisse
4. Einsatz in einem gebauten Passivhaus

1.4 Vorarbeiten

1.4.1 Wesentliche Vorarbeiten

Als wesentliche Vorarbeiten wurden herangezogen:

1. Eine Schweizer Studie über die Wärmeverteilung in einem Passivhaus und mögliche Überwärmung des Aufstellraumes durch eine zentrale Heizquelle. Ausgegangen wurde dabei von 2 kW Wärmeabgabe im Wohnzimmer, die nach der vorliegenden Studie zu einer Überwärmung des Aufstellungsraumes auf ca. 27°C über mehrere Stunden führt.
2. Die Grundlagenstudie „Passivhaus Scheitholzofen Grundlagenstudie“ im Auftrag des Lebensministeriums. Die wichtigsten Ergebnisse waren: Zur Verringerung des Energieeintrags im Aufstellungsraum soll die Heizquelle entsprechend gedämmt sein. Zur Aufnahme der Wärme des Verbrennungsprozesses, der bei > 3 kW anzusetzen ist, sind entsprechende Speichermassen erforderlich. Dazu wurden die Varianten feste Speichermasse im Ofen, Wasserspeicher „im“ Ofen und externer Speicher betrachtet.

1.4.2 Weitere Forschungsarbeiten

Weitere Forschungsarbeiten wurden als Grundlagen herangezogen:

- Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser (HdZ Projekt)
- Analyse des NutzerInnenverhaltens in Gebäuden mit Pilot- und Demonstrationscharakter (HdZ Projekt)
- Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf (HdZ Projekt)
- Regelungstechnik für die Hausheizung der Zukunft (HdZ Projekt)

2 Verwendete Methode

Die Idee, einen passivhaustauglichen Scheitholzofen zu entwickeln, wurde zu Beginn mit Know-how Trägern der Passivhaustechnologie abgeklärt. Dazu gab es Gespräche mit Dr. Wolfgang Feist (PH Institut), Ing. Christof Drexel (Drexel und Weiss), Arch. Helmut Krapmeier (Energieinstitut Vorarlberg), DI Peter Holzer (Lehrgangsführer Donau Uni Krems), Arch. Andreas Prehal (POPPE *PREHAL Architekten)

Ein ganz wesentlicher methodischer Ansatz im Projekt ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen einer Metallbaufirma, einem Architekten, Passivhausexperten, Schornsteintechnikern sowie Hydraulikexperten.

In einem nächsten Schritt wurden vorhandene Produkte aus dem eigenen Sortiment des Antragstellers bzw. des Mitbewerbers dahingehend geprüft, inwieweit diese Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung sein können oder ob komplette Neuentwicklungen erforderlich sind. Nach der Auswahl eines Ausgangsproduktes (Siehe Beilage 1) wurden technische Änderungen konzipiert und in einem ersten Prototypen umgesetzt.

Die Umsetzung dieses Prototypen erfolgte auf der Hypothese, dass rund Dreiviertel der Energie in einen Speicher geliefert werden soll und ein Drittel im Aufstellraum des Ofens abgegeben wird. Daraus ergibt sich eine maximale Wärmeabgabe von 1-2 kW im Aufstellungsraum. Die daraus resultierende Wärmeverteilung im Gebäude wurde in einem nächsten Schritt rechnerisch ermittelt.

Zum Abschluss des Projektes wird die Endfassung des Prototypen in einem Musterhaus getestet.

3 Projektbericht / Vorläufige Ergebnisse / Schlussfolgerungen

3.1 Vertiefung des Projektzieles

Zu Projektbeginn wurden im interdisziplinären Projektteam die Ziele der Produktentwicklung mit den folgenden Ergebnissen hinterfragt bzw. vertieft:

- Es besteht die Nachfrage nach einem Scheitholzofen kleiner Leistung für Passivhäuser und für Häuser mit passivhausnahe Standard. Die inzwischen gestartete Programmlinie klima:aktiv Haus, die neben dem Passivhausstandard auch Niedrigstenergiehäuser mit einer Energiekennzahl bis 45 kWh/m² zum Ziel hat, wird zu einem zusätzlichen Bedarf nach nachhaltigen Energieversorgungssystemen führen. Aus diesem Grund sind bereits diverse Systeme zur Aufstellung im Wohnraum am Markt anzutreffen. Diese liefern jedoch einen zu hohen Energieeintrag, entsprechen nicht den Dichtheitsanforderungen, haben eher schlechte Verbrennungseigenschaften bzw. zu hohe Abgastemperaturen.
- In einem ähnlichen Projekt wurde ein Ofen entwickelt, der die Wärme direkt über Konvektion an den Raum abgibt. Dieser ist jedoch als „Designerofen“ in Ergänzung zum voll funktionsfähigen Passivhaus-Haustechniksystem zu sehen und deckt maximal die Spitzenlast ab, nicht jedoch die Ganzhausbeheizung als alleiniges Heizsystem.

3.2 Festlegung der Variante

Die möglichen Varianten wurden im Projektteam mehrmals diskutiert und daraus Schlussfolgerungen für die meist erfolgsversprechende Produktentwicklung gezogen:

- Mini-Zentralheizungsofen zur Aufstellung im Wohnraum oder Nebenraum innerhalb der warmen Gebäudehülle mit den erforderlichen Parametern wie verringerte Wärmeabgabe im Aufstellungsraum, gute Verbrennung, geringer Wartungsbedarf, dichte Hülle, Anschluss für externe Verbrennungsluft, geringer bis kein elektrischer Hilfsstrom, optisch ansprechende Form.
- Einsatz eines rund 800 Liter Speichers (Boiler-Puffer-Kombination). Die konzipierte räumliche Nähe zwischen Wärmeerzeuger und Speicher soll eine Beladung ohne Pumpbetrieb ermöglichen. Diese Variante würde auch erlauben, auf eine thermische Ablaufsicherung zu verzichten und damit keinen Wasseranschluss zum Aufstellort erfordern (Rechtliche Grenzen prüfen).
- Berechnung und Prüfung von Latentspeichersystemen.
- Berechnung und Prüfung, ob im Massivbau die Decke und weitere Massivbauteile für Speicherzwecke genutzt werden können. In diesem Fall könnte ein rund 500 Liter Warmwasserspeicher als einziger Speicher ausreichen, da die Heizwärme über das Gebäude „gespeichert“ werden kann.
- Material- und kostenoptimiertes Wärmeverteilsystem im Holzleichtbau, Massivbau, sowie als Variante die Verteilung über die vorhandenen Luftkanäle der Lüftungsanlage.
- Funktionelles Design: Neben einem allgemein ansprechenden Design soll überprüft werden, ob eine hygienisch einwandfreie Luftbefeuchtung in der kältesten Jahreszeit im Saunaofenprinzip erfolgen kann (Obere Abdeckung in Wannenform mit Steinen, in das Wasser eingefüllt werden kann, das über die Erwärmung langsam verdunstet).

3.3 Berechnung der Grundlagen

Eine Studie von Absolventen der Donau Universität Krems hat ergeben, dass 3-5 kW Abstrahlung bis rund 29-30°C im Aufstellraum ergeben. Trotzdem ist ein Großteil der Kunden von Passivhäusern, die zusätzlich einen Holzofen betreiben, damit zufrieden. Der Holzofen wird durchschnittlich ca. 100 Abende pro Jahr betrieben. Eine ähnliche Studie aus der Schweiz, die von der Annahme ausgeht, dass im Aufstellraum 2 kW abgegeben werden, kommt auf vergleichbare Ergebnisse.

Fazit: Eine geringe Überhitzung der Wohnräume auf rund 26 bis 27°C über einige Zeit wird als akzeptabel angesehen. Daher ist eine Reduktion der direkt an den Aufstellraum abgegebenen Wärme von unter 30 % nach derzeitigem Stand der Erkenntnisse nicht erforderlich.

3.4 Parameter der thermischen Simulationsrechnungen

Für die Berechnung der energetischen bzw. technischen Anforderungen des Scheitholzofens wurden im Projektteam folgende Parameter zugrunde gelegt:

- Abgegeben werden an den Raum 30 % der Verbrennungsenergie. 70 % gehen in einen Speicher.
- Mögliche Überwärmung des Aufstellraumes in einem „Mustergebäude“ bei 15, 30, und 45 kWh/m²a (nach PHPP), wenn 1 kW abgegeben wird bzw. wenn 2 kW abgegeben werden.
- Brennstoffbedarf und Speicherbedarf für die drei Mustergebäude, wenn maximal einmal pro Tag eingeheizt wird.
- Anwendungsfall Holzleichtbau, 800–1000 Liter Boiler-Pufferkombination, Kleinstwandheizungen als Verteilsystem.
- Anwendungsfall Massivbau, 500 Liter Warmwasserspeicher, Wärmeverteilung durch Aktivierung der Gebäudemassen als Puffer über eine Bauteilheizung in Wänden und Decken bzw. in der gedämmten Bodenplatte. (Untersuchung der Frage, wie viel Energie in der Decke gespeichert werden kann, wenn die Raumtemperatur 25-26°C nicht überschreiten darf.)
- Für beide Annahmen soll die Vorlauftemperatur auf 35°C begrenzt bleiben, um ein bestimmtes Puffervolumen nutzen zu können.
- Beide Anwendungsfälle mit einem Latentspeichersystem.
- Beide Anwendungsfälle mit 6 m² Solaranlage.
- Möglichkeiten und Grenzen bei Einsatz eines Wasser-Luft-Wärmetauschers in Kombination mit Kleinstheizflächen im höher temperierten Bad.
- Weiters soll die Frage untersucht werden, welche Temperaturen die Bewohner nach 10 Tagen Abwesenheit im Haus vorfinden bzw. welcher elektrische Energieeinsatz notwendig wäre, um das Haus nach 10 Tagen auf 19°C zu bringen.

3.5 Thermische Simulationsrechnungen

Im Folgenden der strukturelle Aufbau der Berechnungen, bisher durchgeführte Berechnungen und vorläufige Ergebnisse:

3.5.1 Gebäudemodell

3.5.1.1 Allgemeines

Für die Berechnungen wird ein fiktives, in seinen Geometrien und Bauteileigenschaften charakteristisches Raummodell herangezogen.

Der Ofen wird darin als Raum geeigneter Abmessungen und mit metallischen Wänden definiert, der mit den jeweiligen Auslegungsleistungen konvektiv beheizt wird.

3.5.1.2 Raumgeometrie

Es wird ein rechteckiger Raum von 6x5 m Grundfläche und einer Raumhöhe von 2,70 m definiert. Der Raum wird als Eckraum interpretiert, wobei eine der beiden längeren Raumseiten die Südfassade bildet. Süd- und Westfassade werden als Hüllflächen gegen außen angenommen, die anderen beiden Wände als Zwischenwände zu beheizten Nebenräumen.

In der Südfassade wird eine parapetfreie Befensterung von 3 m Breite und 2,2 m Höhe, in der Westfassade eine solche von 2 m Breite und 1,3 m Höhe mit einer Parapethöhe von 0,9 m vorgesehen.

Der Raum wird als erdberührt angenommen.

Und es wird von der Existenz eines ebenfalls beheizten Obergeschosses ausgegangen. Die Decke des Raumes grenzt demnach gegen beheizten Raum.

3.5.1.3 Bauteile

In der Standardvariante (Haustyp Passivhaus) werden folgende Bauteile definiert:

Außenwand	λ [W/mK]	D [mm]
Innenputz	0,87	15
Hochlochziegel	0,36	200
Dämmfassade EPS	0,04	350
Dünnputz	0,87	3
Gesamtstärke		568
U = 0,107 W/m²K		

Zwischenwand	λ [W/mK]	D [mm]
Innenputz	0,87	15
Hochlochziegel	0,30	170
Innenputz	0,87	15
Gesamtstärke		500
U = 1,603 W/m²K		

Decke	λ [W/mK]	D [mm]
Parkett (Hartholz)	0,200	15
Zementestrich	1,400	50
Trittschalldämmung	0,035	15
Stahlbetonplatte	2,100	200
Innenputz	0,870	15

Gesamtstärke		295
U = 1,534 W/m²K		

Fußboden	λ [W/mK]	D [mm]
Parkett (Hartholz)	0,200	15
Zementestrich	1,400	50
Trittschalldämmung	0,035	15
Stahlbetonplatte	2,300	250
Druckfeste Wärmedämmung	0,040	400
Gesamtstärke		730
U = 0,094 W/m²K		

Fenster	λ [W/mK]	D [mm]
Dreischeiben-Wärmeschutzglas	g = 52 %	U _g = 0,60 W/m²K
Gedämmter Rahmen	Rahmenanteil 20%	U _f = 0,80 W/m²K
Wärmebrücke Glasrandverbund		ψ = 0,040 W/mK
Wärmebrücke Einbau		ψ = 0,020 W/mK
U_w ≤ 0,080 W/m²K		

Tabelle 1: Bauteil-Aufbauten

Die Einflüsse von Innentüren werden vernachlässigt.

Die Bauteile werden in TAS mit großer Sorgfalt identisch jenen der PHPP-Berechnung modelliert. Zur genauen Modellierung der Fenster wurde folgender Weg gewählt:

- In 3D TAS nur Eingabe der Glasabmessungen, ohne Rahmen. Demnach 2,56 m (4 Vertikalrahmen) x 2,09 m (1 Horizontalrahmen) sowie 1,56 m (4 Vertikalrahmen) x 1,08 m (2 Horizontalrahmen)
- Eigene Konstruktion nur für das Glas
- Berücksichtigung der Wärmeverluste von Rahmen und Wärmebrücken aller Fenster zusammen als Sonderbauteil von 0,5 m x 1,5 m in der Wand mit rechnerisch ermitteltem U-Wert von 4,051 W/m²K. Nebenrechnung siehe folgende Tabelle.

	Fläche [m²] od. Länge [m]	U [W/m²K] od. ψ [W/mK]	Leitwert [W/K]	H [m]	B [m]	U [W/m²K]
Fenstertüren 3m x 2,2m						
Rahmen	1,056	0,8	0,8448			
Glasrandverbund	19,2	0,04	0,768			
Einbau	7,4	0,02	0,148			
Summe			1,7608			

Fenster 2m x 1,3m						
Rahmen	0,869	0,8	0,6952			
Glasrandverbund	9,2	0,04	0,368			
Einbau	6,6	0,02	0,132			
Summe			1,1952			

Summe			2,956 =	1,5 *	0,5 *	3,941
					+	0,11
						4,051

3.5.1.4 Lüftung

Es wird für alle untersuchten Varianten eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung, aber ohne Nachheizung der Zuluft angenommen. In TAS wird diese Konstellation mittels der äquivalenten Luftwechselrate abgebildet.

Lüftung		
Fugenluftwechselrate		$n_x = 0,04 \text{ 1/h}$
Mechanische Luftwechselrate		$n_f = 0,35 \text{ 1/h}$
Wärmebereitstellungsgrad des Erdwärmetauschers		$\eta_{\text{EWT}} = 20 \%$
Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgeräts		$\eta = 75 \%$
Effektiver inkl. EWT und Leitungsverlusten laut PHPP	Wärmebereitstellungsgrad	$\eta_{\text{eff}} = 71 \%$
Äquivalente Luftwechselrate		$n = 0,185 \text{ 1/h}$

Tabelle 3: Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgeräts

3.5.1.5 Innere und solare Warmegewinne

Die solaren Warmegewinne werden durch das Simulationsprogramm berechnet. Innere Warmegewinne werden in Anlehnung an das PHPP für die Heizlastauslegung mit $1,6 \text{ W/m}^2_{\text{NF}}$ und für die HWB-Berechnung mit $2,1 \text{ W/m}^2_{\text{NF}}$ angesetzt.

3.5.1.6 Heizung

Die Beheizung des Raumes durch den Ofen wurde als Wärmequelle mit einem Strahlungsanteil von 60 % modelliert. Zum Strahlungsanteil siehe folgende Tabelle:

$T_{\text{Oberfl}} - T_{\text{Raum}}$ [K]	α_K [W/m ² K]	α_S [W/m ² K]	α_{Summe} [W/m ² K]	p [W/m ²]
20	3,2	6,1	9,3	190
40	4,8	6,7	11,5	460
60	5,5	7,9	13,4	800
80	6,0	8,4	14,4	1.150

Tabelle 4: Strahlungsanteil des Ofens

Quelle: Recknagel & Sprenger, Taschenbuch Heizung, Lüftung, Klima

3.5.2 Berechnungen

3.5.2.1 Klimadaten

Für alle Berechnungen wurde das Testreferenzjahr am Standort Würzburg (D) herangezogen. Der Grund für diese Wahl liegt u.a. darin, dass für diesen Standort sowohl in

PHPP als auch in TAS verlässliche Werte vorliegen und somit eine belastbare Vergleichsrechnung angestellt werden kann.

Bei einer Heizgrenztemperatur von 10°C ergeben sich an diesem Standort 205 Heiztage (13. Oktober bis 6. Mai) bei einer Globalstrahlungssumme auf horizontale Flächen von 331 kWh/m²a.

3.5.2.2 Kontrollrechnung PHPP / TAS

Zur Validierung der beiden bauphysikalischen Modelle wurde eine Vergleichsrechnung zwischen TAS und PHPP angestellt. Es wurde sowohl die Heizlast als auch der HWB verglichen.

Es ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den beiden Modellen, weshalb die im weiteren Projektverlauf insbesondere mit TAS angestellten Berechnungen als verlässlich und als kompatibel mit den PHPP-Ergebnissen betrachtet werden können.

Der Musterraum in seiner Basisvariante „Passivhaus“ bilanziert demnach wie folgt:

	lt. PHPP	lt. TAS
Heizwärmebedarf HWB [kWh/m ² _{NFA}]	12,6	12,8
spezifische Heizlast p _o [W/m ²] bei Luftheizung	11,6	12,7
spezifische Heizlast p _o [W/m ²] bei Ofenheizung	k.A.	18,7

Tabelle 5: Vergleich PHPP und TAS

3.5.2.3 Varianten

Für die als Musterraum festgelegte Geometrie und Nutzung sollen folgende Parameter variiert werden:

Raumwärmeleistung des Ofens

Die Raumwärmeleistung wird mit 1 kW und mit 2 kW angesetzt. Diese Festlegung begründet sich aus dem Erfahrungswert, wonach es praktisch unmöglich ist, im Naturzug und Scheitholzbetrieb eine Feuerungsleistung von 3 kW zu unterschreiten. Geht man von 1/3 Raumheizleistung und 2/3 Wasser-Heizleistung aus, ergeben sich daraus die genannten 1 kW minimale Raumheizleistung.

Wärmedämmstandard des Hauses

Es werden drei Haustypen, unterschieden durch den HWB, untersucht.

Haustyp 1 ist ein (echtes) Passivhaus mit HWB ≤ 15 kWh/m²a, Haustyp 2 ein sehr gutes Niedrigenergiehaus mit HWB = 30 kWh/m²a und Haustyp 3 ein Niedrigenergiehaus mit HWB = 45 kWh/m²a.

Speichermassenaktivierung

Untersucht wird weiters, ob das untersuchte System mit gezielter Speichermassenaktivierung optimiert bzw. das erforderliche Wasser-Speichervolumen reduziert werden kann.

Bauweise

Der Musterraum wurde in der Basisvariante als moderner Massivbau in wärmegeämmter Ziegelbauweise modelliert. In einigen Varianten wird auch derselbe Musterraum in Holzleichtbauweise untersucht.

Aus den genannten Qualitäten ergeben sich allein 24 Varianten. Ob alle dieser Varianten ausgewertet werden, ob sich manche als entbehrlich erweisen oder ob aus den Erkenntnissen heraus neue hinzukommen werden die Berechnungen erweisen.

Folgende Nomenklatur zur verlässlichen Unterscheidung der Varianten wird eingeführt:

S_1_15_TAB bedeutet:

Schwere Bauweise, 1 kW Heizleistung, 15 kWh/m²a HWB, thermoaktive Bauteile

L_2_45 bedeutet:

Leichte Bauweise, 2 kW Heizleistung, 45 kWh/m²a HWB, keine thermoaktiven Bauteile

3.5.2.4 Auswertung

Insbesondere analysiert wird der zeitliche Verlauf der empfundenen Raumtemperaturen. Eine entscheidende Frage ist jene nach der Optimierung von Heizdauer und Aufteilung Raumwärmeabgabe / Wasserwärmeabgabe.

3.5.3 Erste Ergebnisse

Erste Ergebnisse bestätigen die Sinnhaftigkeit des untersuchten Systems:

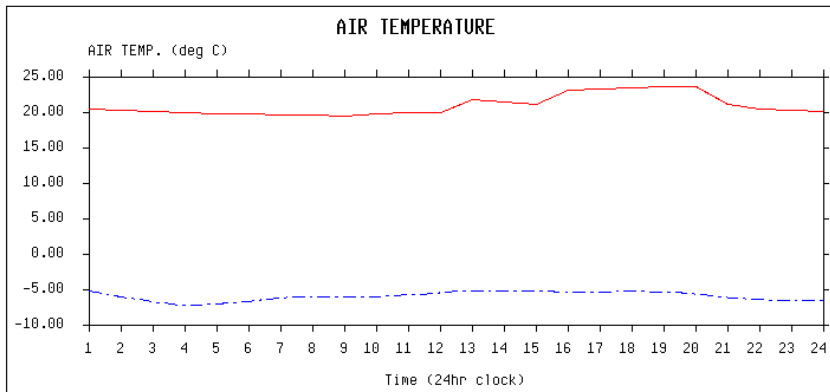
Beispielhaft dargestellt ist nachfolgend der Temperaturverlauf an einem Wintertag mit knapp unter Null Grad Außentemperatur und einem Heizbetrieb des Ofens von 15:00 bis 20:00 Uhr mit 1 kW Raumwärmeabgabe.

Die erste Abbildung zeigt den Verlauf der Raumlufttemperatur und darunter den Verlauf der eingebrachten Heizleistung.

Die zweite Abbildung zeigt den Verlauf der mittleren Strahlungstemperatur der Raumboflächen und darunter jenen der empfundenen Raumtemperatur.

Erkennbar ist der moderate Anstieg der empfundenen Raumtemperatur auf maximal 23°C während des Heizbetriebs und das ebenfalls moderate Absinken der empfundenen Raumtemperatur auf 20°C.

Page	Building Name	Building Data File	Version	Time	Date	Consultant	Program
28	Musterraum	S_1_15.bdf.01	19	23:55:06	01:Nov:05		A-Tas 8.50



Zone	Heating (kWh)
1 EG	5.00
Outside	

Zone	Cooling (kWh)
1 EG	0.00
Outside	

Day 5: Friday, Jan 5 (WINTER)
Weather: D_Muerzburg_TRY.wf1

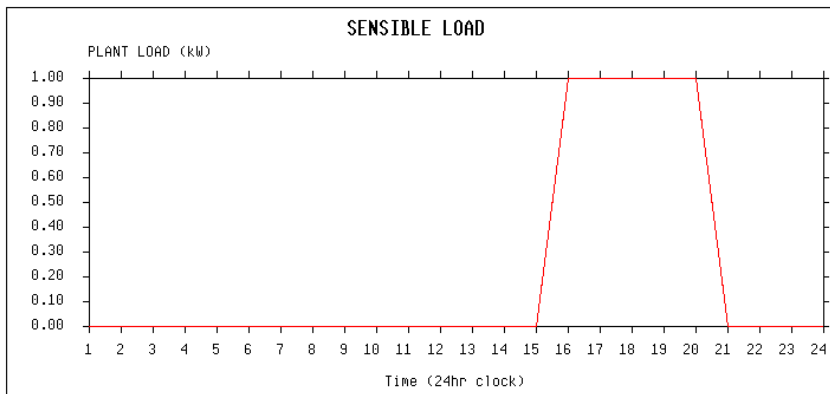
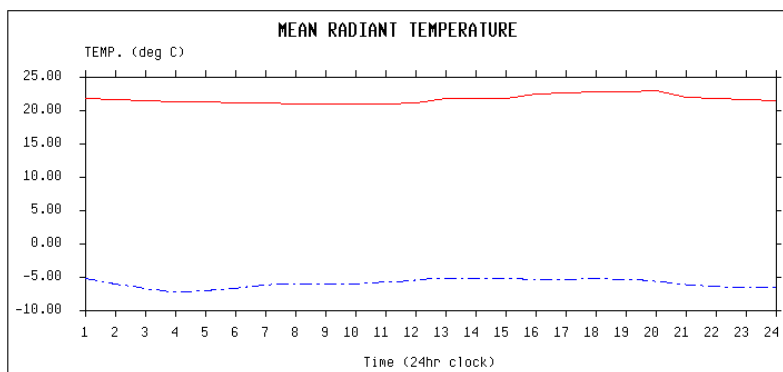
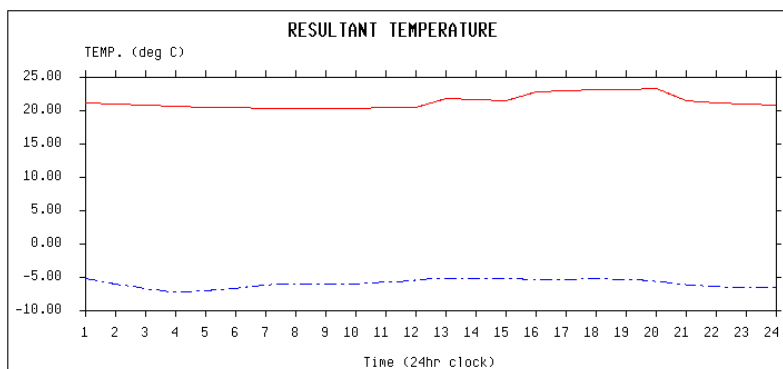


Abbildung 1: Raumlufttemperatur-Verlauf (oben), Verlauf eingebrachter Heizleistung (unten)

Page	Building Name	Building Data File	Version	Time	Date	Consultant	Program
29	Musterraum	S_1_15.bdf.01	19	23:55:52	01:Nov:05		A-Tas 8.50



Zone
1 EG
Outside



Day 5: Friday, Jan 5 (WINTER)
Weather: D_Muerzburg_TRY.wf1

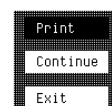


Abbildung 2: Mittlere Strahlungstemperatur (oben), empfundene Raumlufttemperatur (unten)

3.6 Bau des ersten Prototypen

3.6.1 Technische Anforderungen

Gefordert ist ein Heizgerät, das möglichst 70 % wasserseitig (Warmwasser und Heizung) und maximal 30 % als Wärmestrahlung im Aufstellungsraum abgibt.

Im Winterbetrieb bedeutet das, dass die direkte Wärmeabgabe des Gerätes am Aufstellungsort im Verhältnis zur bereitgestellten Energie für die Warmwasserbereitung und Beheizung der anderen Räume entsprechend gering sein muss.

Im Sommerbetrieb ist die Wärmezufuhr nicht erwünscht. Das Warmwasser soll daher mit einfach zu integrierenden Solarsystemen oder anderen effizienten Warmwasserbereitern aufbereitet werden können.

Zusätzlich soll das Heizgerät mit Sichtfeuer ausgestattet sein.

Das Heizgerät soll mit Naturzug ohne Ventilator funktionieren.

Ausgangspunkt für die Produktentwicklung ist eine vorhandene Ofenserie der Firma Gast Diese weist ein patentiertes Verbrennungssystem auf, hat geringere Abgastemperaturen als vergleichbare Geräte des Mitbewerbes und ist praktisch erprobt. Die gewonnenen Erfahrungen sollen in einen verkleinerten, neu konzipierten Scheitholzofen münden.

Aufgrund der geforderten Eigenschaften im Passivhaus und der angestrebten Kosteneffizienz des Gesamtenergiesystems werden folgende Änderungen vorgenommen:

- Statt zwei Sichtfenstern wird auf eines reduziert, (Kostenreduktion, Reduktion der Abstrahlung über das Sichtfenster).
- Der untere Abbrand bedeutet eine längere Anlaufphase bis zur optimalen Verbrennung und bedingt höhere Brennstoffmengen. Daher wird ein seitlicher Abbrand vorgesehen (siehe Anhang). D.h. die Flamme brennt zuerst in der Brennkammer hoch, wird umgelenkt und durch Schlitze rechts und links der Brennkammer in Rauchzüge geführt. Diesbezügliche Tests in einem ersten Rohling zeigen gute Ergebnisse.
- Für den Betrieb des Ofens soll, wenn möglich, keine elektrische Energie nötig sein.
- Bestimmung der Feuerraumgröße durch Berechnung (kg Holz pro Stunde).
- Bestimmung der Abstrahlung der Heiztür.
- Ermittlung der Menge und Form der erforderlichen Speichermasse mit Praxisversuchen.
- Bestimmung der Gesamtgröße des Heizkessels durch Berechnung.

3.6.2 Modifikation der Brennkammer / Bau eines Prototypen

Die Brennkammer ist mit Steinen aus Feuerbeton (Speichermasse) ausgekleidet und hat einen Dreizug-Brand.

3.6.2.1 Dreizugbrand:

- Aufbrand im Feuerraum
- Umlenkung links und rechts (Abbrand) mit Zufuhr von Sekundärluft

- Seitlicher Aufbrand links und rechts entlang der Außenwand
- Rauchabzug oben mittig

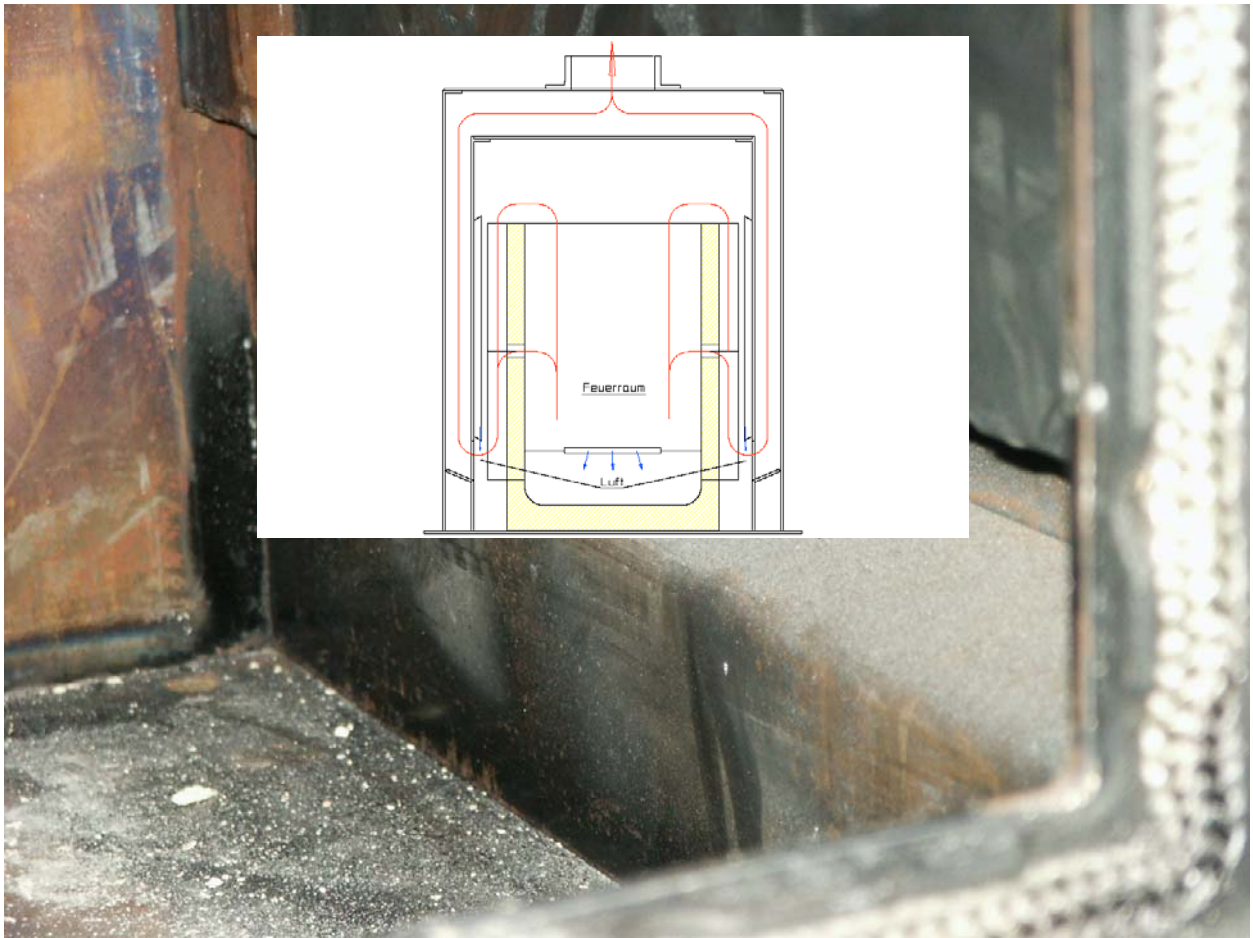


Abbildung 3: Dreizugbrand: Aufbrand im Feuerraum, Umlenkung links und rechts (Abbrand)



Abbildung 4: Brennkammer ohne Schamotte

Die Brennkammer ist mit einer Gusstür mit Sichtfenster verschlossen.

Der Kamineinsatz wurde mit einer Brennkammer aus serienmäßigen Schamottesteinen für die ersten Brennversuche erstellt.

Diese Brennversuche erfolgten im werkseigenen Prüfstand.

Nach Testversuchen zur Ermittlung der Abgaswerte werden nun Modelle für Formsteine der Brennkammer hergestellt.



Abbildung 5: Versuchsabbrand



Abbildung 6: Versuchsabbrand Detail

4 Optimierung des Prototypen zur Serienreife

4.1 Weiterarbeit am Prototypen

Anfang Dezember 2005 erfolgen Abbrandversuche mit den neu geformten Schamottsteinen. Weiters wird parallel der Wassermantel für den Kaminofen entwickelt. Im Anschluss daran können die ersten wasserseitigen Leistungsmessungen durchgeführt werden.

Der zweite Prototyp wurde vom bereits getesteten Kaminofen für normalen Gebrauch auf die Heizwerte für ein Passivhaus abgestimmt.

Vorgangsweise:

Der Feuerraum wurde in der Breite um 130 mm verkleinert. Das ergibt eine Brennraumbreite von 170 mm. Die Brennraumtiefe mit 420 mm wurde beibehalten, damit die Verwendung von Scheitholzlängen von 33 cm möglich ist.

Diese Maße wurden durch den notwendigen Holzverbrauch ermittelt.



Bild 1: Prototyp 2 Vorderansicht

Es wurde ein neuer Grundkörper des Kaminofens gezeichnet, gefertigt und aufgebaut.

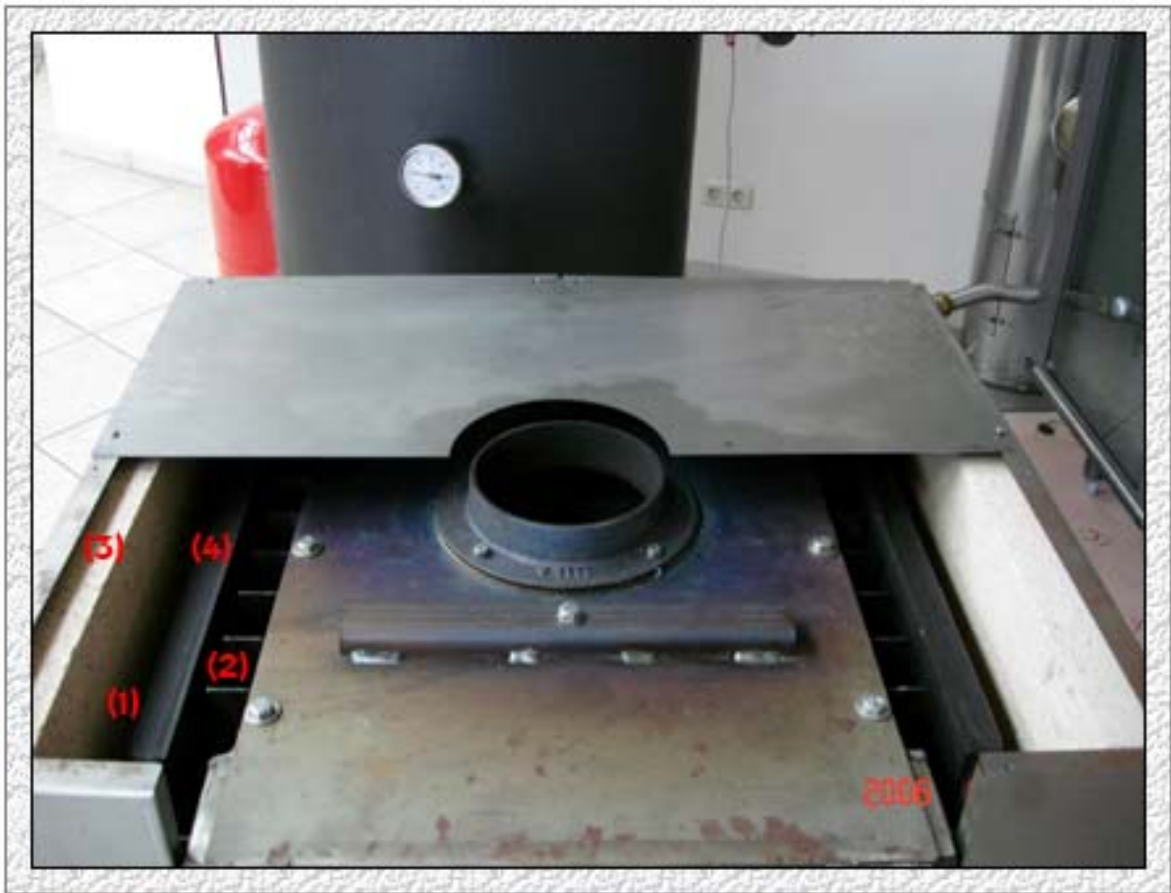


Bild 2: Prototyp 2 Von oben offen

Parallel dazu wurde ein Heizkessel konstruiert, der mit einem Abstand von 35 mm den Grundkörper seitlich und rückwärts umschließt.

Der zweite Prototyp mit dem Heizkessel wird am Prüfstand (Fa. Gast) aufgebaut und wasserseitig an einen Pufferspeicher angeschlossen.

- (1) 25 mm Spalt zwischen Kessel und Speichermasse**
- (2) 35 mm Spalt zwischen Kaminofen und Kessel**
- (3) Speichermasse (Schamotte) 40 mm**
- (4) Kessel**

Luft, die an der Außenwand des Kaminofens erwärmt wird, steigt in Spalte (2) hoch und sinkt in Spalte (1) wieder nach unten. Dadurch wird der Kessel (4) auf beiden Seiten umspült und zusätzlich die Speichermasse (3) aufgewärmt. Gleichzeitig wird die Temperatur zur Außenwand des Kaminofens durch die Speichermasse reduziert und ergibt eine Temperatur von 35° - 40°C an der Außenwand. Diese niedrige Temperatur ist erwünscht, um den Aufstellungsraum nicht zu überheizen.

Die Außenverkleidung ist vorerst als Blechmantel ausgeführt und dicht abgeschlossen.



Bild 17: Prototyp 2. mit kompletter Aussenverkleidung

Um die Abstrahlung nach außen testen zu können und schnellere Ergebnisse zu bekommen, wurde auf die Gestaltung (Design) der Außenverkleidung verzichtet.



Bild 20: Prototyp 2, Hintere Ansicht

Hier sind nur Vor- und Rücklauf aus der Verkleidung sichtbar.



Bild 12: Prototyp 2, Luftschieber an der Unterselbe des Kaminofens

Über diesen Luftschieber kann die Verbrennungsluft abgesperrt werden.



Bild 6: Prototyp 2, Kesselvorlauf

Bei Abbrandversuchen und Leistungsmessungen von Prototyp 2 mussten wir feststellen, dass die Kesselleistung nicht unseren Vorstellungen entsprach. Weiters war die Abgastemperatur mit 280°C zu hoch. Dies kann man auf Bild 6 sehr gut erkennen, da die obere Abdeckung des Kaminofens sich dunkelblau verfärbte und dies einer höheren Temperatur als 260°C entspricht.

Obwohl wir die Brenntechnik von Beginn an auf ein 3-Zug-System aufbauten (lange Gaswege), erhalten wir beim Ausbrand noch immer sehr hohe Temperaturen.

So entschlossen wir uns, bei dem nächsten Prototyp (3), die obere Abdeckung des Kaminofens wasserführend zu bauen.

1. Dadurch wird die Kesselleistung erhöht
2. Abgastemperatur reduziert und somit der Wirkungsgrad erhöht

Weiters zeigte sich bei Brennversuchen, dass die Luftmenge und Lufteinströmung nicht optimal sind. Im hinteren Bereich der Brennkammer verbrannte das Holz nicht vollkommen. Zur Verbesserung wurde im hinteren Bereich der Brennkammer eine zusätzliche Luftzufuhr eingebaut. Siehe Bild 7.



Bild 7: Prototyp 2. Feuerraum nach Abbrand

Der helle Feuerraum zeigt, dass die Verbrennung optimal ist.



Bild 9: Prototyp 2, Feuerraum nach Abbrand

Die schwarzen Stellen im Feuerraum vorne zeigen zuviel Luftzufuhr im oberen Bereich der Heiztür (zu kalt). Bild 9

Bei Prototyp 3 muss die Luftzufuhr in diesem Bereich noch optimiert werden.



Bild 16: Prototyp 2, Anheizschieber-Feuerraumdecke

In Bild 16 wird der Ausbrandbereich zum Kamin nach dem Abbrand gezeigt. Es ist keine Verrußung sichtbar und bestätigt die gute Verbrennung.

Fertigung Prototyp 3

Dieser Kaminofen wurde neu konstruiert. Anforderung war eine serienreife Fertigung und ein Grundkörper, der unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten zulässt.

Folgende Ausführungsmöglichkeiten sollen machbar sein:

1. komplette Blechverkleidung
2. Sandfüllung (Speichermasse) hinter Glas
3. Keramische Verkleidung als Speichermasse

Eine weitere Vorgabe war die Möglichkeit einer Luftbefeuchtung. Die Notwendigkeit dafür hat sich in Gesprächen mit Mitarbeitern des Öko-Clusters sowie Arch. Dipl.-Ing. Heinrich Schuller ergeben.

Folgende Bilder zeigen die Änderungen, welche bei Prototyp 3 berücksichtigt wurden.



Bild 31: Prototyp 3, Feuerraumboden

Beim Feuerraumbodenstein ist eine senkrechte Ausnehmung für die Luftzufuhr im hinteren Bereich erkennbar.



Bild 34: Prototyp 3. Zuluftschlitz im Boden

Der Zuluftschlitz ermöglicht die Einströmung der Luft an der Feuerraumrückseite über den Bodenstein.



Bild 30: Prototyp 3. Luftansaugkasten

Der Luftansaugkasten umschließt den Zuluftschieber (siehe Prototyp 2 – Bild 12) und ermöglicht die Luftansaugung für externe Verbrennungszuluft.

Die nachstehenden Bilder zeigen den Einbau der Formsteine in die Brennkammer.



Bild 39: Prototyp 3. Feuerraumboden eingebaut



Bild 40: Prototyp 3, Ausbrandoeffnung in Zug 3

Auf diesem Bild sind die Rückwand und die Lufteströmung gut zu erkennen.



Bild 42: Prototyp 3

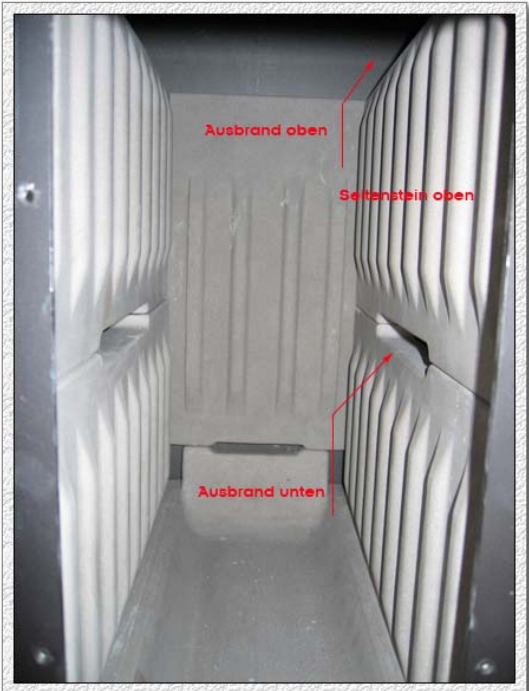


Bild 43: Prototyp 3

Die Feuerraumauskleidung besteht aus 6 Formsteinen, die alle durch die Feuerraumtür eingebaut werden können. Ein Austauschen bei Bruch ist dadurch leicht möglich.



Bild 38: Prototyp 3, im Heizbetrieb



Bild 35: Prototyp 3, wasserseitig angeschlossen

Der Kaminofen soll die Kriterien: – hoher Wirkungsgrad – lange Speicherzeit – verzögerte Wärmeabgabe an den Raum erfüllen.

Am Prüfstand hat sich gezeigt, dass die Lufteinströmung noch gezielter angeordnet werden muss. Durch den kleinen Feuerraum bedingt, vermischt sich die Zuluft bei der Verbrennung immer noch zuwenig. Das ergibt einen Sauerstoff- und CO-Überschuss und zuwenig CO².

Wir haben zusätzliche Lufteinströmquerschnitte seitlich im Feuerraum angebracht, um diese Situation zu verbessern.

Damit wir möglichst schnell hohe Feuerraumtemperatur und die Flamme nicht an eine kalte



Bild 36: Prototyp 3, Wasserwanne in der Abdeckung

Feuerraumdecke auftrifft, wurde mit einem hitzebeständigen 2 mm Abdeckblech abgedeckt und oberhalb isoliert. Diese Platte kommt schnell zum Glühen und die Flamme wird nicht mehr abgekühlt.

Zur Luftbefeuchtung bzw. besserem Wohnklima ist eine Wasserwanne im Abdeckbereich eingebaut. Dadurch ist sie leicht befüllbar und kann auch zur Reinigung ohne Werkzeug entnommen werden.

Da in der sehr kalten Jahreszeit, bedingt durch die trockene Außenluft bei einem ausreichenden Lüftungsverhalten bzw. kontrollierter Wohnraumbelüftung auch in den Innenräumen die relative Luftfeuchtigkeit auf rund 30 % absinkt, bringt eine hygienisch einwandfreie „Befeuchtung“ zusätzliche Vorteile.



Bild 44: Prototyp 3. Verkleidung

Variante mit Glasverkleidung für Sandfüllung als Speichermasse.

Diese Verkleidungsvariante hat sich nicht sehr bewährt. Probleme beim Füllen mit Sand, da ein gleichmäßiges Schüttbild schwer erreichbar ist. Bruchgefahr des Glases beim Transport oder Beschädigung durch spielende Kinder. Außerdem ist diese Designvariante nach Umfragen nur für einen eingeschränkten Kundenkreis akzeptabel.

Wir haben nach einer weiteren Lösung mit Speichermasse und einer möglichst variantenreichen Verkleidungsart gesucht.

Im Innenmantel haben wir bereits den Schamottespeicher. Die Außenverkleidung haben wir aus Keramik gestaltet, die ebenfalls speichert. Es ist dies eine großflächige Keramik mit Metalleinlagen zum Einhängen auf den Außenmantel.

Es gibt drei Eckausführungen: 90°, 135° und rund. Es können sowohl die Ecken als auch die geraden Flächen in verschiedenen Glasurfarben angefertigt werden. Dadurch ist für den Kunden eine individuelle Farbgestaltung möglich.

Die Keramikverkleidung wird getrennt vom Kaminofen verpackt und ist vor Ort leicht zu montieren.

So haben wir einen hohen Anteil an Speichermasse und individuelle Gestaltungsmöglichkeiten erreicht.

Darstellungen mit keramischer Verkleidung



Fertiger Prototyp mit vergrößertem Kesselteil und Aufnahmekonstruktion für die Blechverkleidung



Bild 44: Prototyp 4 mit vergrößertem Kesselteil



Bild 46: Prototyp 4 bei Brennversuch

4.2 Fortführung der Berechnung und thermischen Simulation

Die bisherigen Berechnungen untermauern die Ausgangsthese des Projektteams für die Funktionstauglichkeit dieses Scheitholzofens im Passivhaus. Parallel zur technischen Entwicklung des Prototypen und der in der technischen Machbarkeit dargestellten Anforderungen sind jedenfalls noch die Fragen nach der optimalen Abstimmung von Raumheizleistung, Wasserheizleistung und Speichervermögen offen.

Aufbau des serienreifen Kaminofens

Erneute Brennversuche ergeben folgende Werte:

Verbrannte Holzmenge pro Stunde: 4 kg

Durch den erzielten Wirkungsgrad von ca. 83 % wird eine Leistung von 3,4 kW pro kg Holz erreicht.

Daraus ergibt sich, dass eine Gesamtleistung von $4 \text{ kg Holz} \times 3,3 \text{ kW} = 13,2 \text{ kW}$ aufgenommen wird.

Die Abgabe der Leistung erfolgt über die Heiztür (= schnelle Aufheizung im Aufstellraum).

Weiters in den Wasserteil. Diese Leistung beträgt mindestens 60 %. Bei fortschreitender Brenndauer verschiebt sich die Leistungsaufnahme in das Wasser.

Die keramische Außenverkleidung bildet den Wärmespeicher und gibt die Wärme langsam ab.

Wir haben den Scheitholzofen zur Prüfung in der Versuchs- und Prüfanstalt des Kachelofenverbandes in Wien angemeldet. Bei dieser Prüfung werden die exakten Werte ermittelt.

Der Anforderung, den Pufferspeicher in Schwerkraftbetrieb anzuschließen ist möglich.

4.3 Ofendesign

Die volle Ausarbeitung des Ofendesigns ist im gegenständlichen HDZ-Antrag nicht enthalten. Das Büro POPPE*PREHAL ist einvernehmlich aus dem Projekt ausgeschieden, da eine Produktentwicklung mit ähnlichen Zielstellungen für eine andere Firma bzw. ein anderes Projekt betreut wurde. Für das Thema Produktdesign wurde Arch. Dipl.-Ing. Heinrich Schuller in das Projekt eingebunden. Mit seiner Unterstützung soll geklärt werden, welches Material für die Ofenhülle verwendet werden soll. Mögliche Materialien wären: Metall, Glas oder Keramik. Ebenso sollen von Arch. Dipl.-Ing. Heinrich Schuller erste Vorschläge hinsichtlich des Designs kommen. Ev. soll ein Folgeprojekt für das endgültige Produktdesign eingereicht werden.

Ziele für das Design:

Charakteristisches Erscheinungsbild, Variabilität in der Oberflächengestaltung. Wesentlich ist die Technik des Gesamtsystems. Das Design ist also nicht das primäre Argument für den Ofen. Der Ofen soll sich mit seinem Design von der mittlerweile reichhaltigen Auswahl am Markt abheben, sowie leicht montierbar und transportabel sein. Der Produktvorteil des Ofens liegt in der Brenntechnik und Funktionalität.

4.3.1 Designüberlegungen im Zusammenhang mit dem Kundennutzen

Quelle: Schreiben Arch. Dipl.-Ing. Heinrich Schuller v. 27.1.2006

Für den Erfolg jedes Produktes ist maßgeblich, die Sicht des potentiellen Kunden einzunehmen. Welche Bedürfnisse hat der/die Kunde? Welcher Nutzen entsteht dem/der Kunde mit dem neuen Produkt? Besonders Produkte, für die es bisher keinen Markt gab, die es also in dieser Form bisher nicht gab, müssen dem Kunden den Nutzen des neuen Produktes erst bewusst machen. Beispiel: Der zigste Schwedenofen, der nur ein wenig anders aussieht, ansonsten dasselbe kann wie alle anderen, kann sich kaum von seiner Konkurrenz unterscheiden. Ein Produkt wie der passivhaustaugliche Scheitholzofen, für den es bisher keinen Markt gab, weil es keine Passivhäuser gab, muss den potentiellen Kunden mangels Erfahrung seinen Nutzen erst erklären. Es ist daher besonders wichtig, sich diesen Kundennutzen genau anzusehen und im Rahmen des Marketings bestmöglich zu transportieren.

4.3.1.1 Was genau ist das Produkt?

Es handelt sich bei dem Produkt um ein Haustechnikpaket, bestehend aus einem optimierten Scheitholzofen mit geringer direkter Wärmeabgabe, der für die Aufstellung in einem Wohnraum vorgesehen ist, und einen nachgeschalteten Pufferspeicher enthält. Diese beiden Teile bilden eine technische Einheit. Optional kann das System mit einer Solaranlage ergänzt werden.

4.3.1.2 Ist der Ofen auch ohne Pufferspeicher zu verwenden?

Ja, wenn in Kauf genommen wird, dass die Wärme vollständig im Aufstellungsraum abgegeben wird, und nicht gespeichert werden kann.

4.3.1.3 Für welche Einsatzzwecke ist das Paket geeignet?

Ideal ist der Scheitholzofen für Gebäude im Niedrigstenergiestandard mit max. 25 kWh/m²a geeignet. Befindet sich das Gebäude in der Planung, können die Komponenten leicht integriert werden. Bei einem bestehenden Gebäude, kann die Haustechnik umgerüstet werden, wenn ein entsprechender Kamin vorhanden ist. Geeignet ist der Scheitholzofen auch als Zusatzheizung, der ebenfalls den Pufferspeicher lädt.

4.3.1.4 Zielgruppen und Versuch einer Reihung nach Umsatzpotential?

1. Bauherr eines energetisch optimierten Gebäudes (EOB), Passivhauses oder Niedrigenergiehauses.
2. Planer
3. Installateure
4. Haustechnikplaner
5. Besitzer eines EOB

4.3.1.5 Kundennutzen?

Nachfolgend der Versuch schlagwortartig die wichtigsten Kundennutzen-Aspekte aufzulisten und zu beschreiben.

Optimiert für EOB	Direkte Wärmeabgabe im Aufstellungsraum ist minimiert, raumluftunabhängiger Betrieb in energetisch optimierten Bauten.
Geringster Aufwand	Der Pufferspeicher wird in großen Abständen geladen, und hält die Wärme mehrere Tage. Aschenentleerung sehr einfach und selten, selbstreinigender Brennraum, automatische Zuluftregelung.
Regelbare Verteilung	Durch die Wärmeentnahme aus dem Pufferspeicher kann die Wärme gezielt über Heizkörper, Fuß- oder Wandheizflächen im Gebäude verteilt werden.
Ökologischer Betrieb	Betrieb mit regional verfügbarem nachwachsendem Rohstoff Scheitholz bzw. kostenloser Sonnenenergie. Bei Schwkraftsystem kann der Betrieb stromunabhängig erfolgen.
Gesunde Wärme	Direktwärmeabgabe im Aufstellraum erfolgt hauptsächlich über gesunde Strahlungswärme.
Sichtbares Feuer	Sichtbares Holzfeuer bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad der Verbrennung.
Befeuchtete Luft	Durch Verwendung des Verdunstertellers kann die Luftfeuchtigkeit erhöht werden.
Variable Form	Die neue intelligente Ofenverkleidung passt sich den ästhetischen Bedürfnissen perfekt an.

4.3.1.6 Namensgebung

Der Name „Scheitholzofen kleiner Leistung“ ist natürlich zu sperrig, und sagt zu wenig aus. Es muss also ein aussagekräftiger, leicht merkbarer Name gefunden werden. Dafür ist es derzeit zu früh. Ideen sollten jedoch bereits gesammelt werden. Vorschläge:

wood-Y

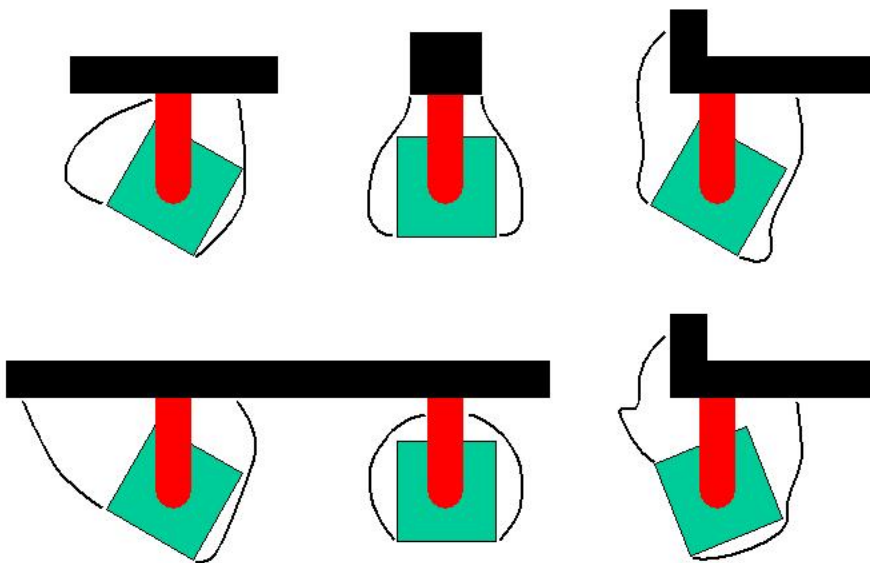
GAST-shine on (you crazy diamond)

GAST-OFEN (Optimiert, Flexibel, Energiesparend, Natürlich)

GAST-FLEXOFEN

4.3.1.7 Formgebungsidee

Wohnraumöfen gibt es in allen nur erdenklichen Materialien und Formen. Alle haben eines gemeinsam. Sie sind nicht individuell anpassbar bzw. veränderbar. Man müsste eine Ofenverkleidung erfinden, die wie ein Paravent um den Ofen gestellt wird. Die Stabilisierung könnte mit einem individuell gefertigten Deckel erfolgen, der als Wasserschale mit Steinen gefüllt ist. Damit wäre eine völlig neue Generation von Wohnraumöfen möglich. Nachfolgend schematisiert einige Ideen zur Form der Verkleidung. Ob sich das technisch realisieren lässt, werden wir noch zu klären haben.



flexible ofenverkleidung in verschiedenen varianten.
deckel als steinschale wird individuell gefertigt.

Passivhaustauglicher Scheitholzofen kleiner Leistung

4.3.2 **Designüberlegungen im Zusammenhang mit der Produktion**

Da der Scheitholzofen für den Transport und die Einbringung sehr schwer ist, wollten wir die Füllmasse zwischen Metall und Glas separat mitliefern. Es hat sich aber gezeigt, dass das Einfüllen der Speichermasse vor Ort nicht für jeden Kunden zumutbar ist.

Diese Gründe haben uns bewegt, eine neue Speicher- und Verkleidungsvariante zu suchen.

Gemeinsam mit einem Keramikerzeuger und einem Designer (Fa. Bierhaus) haben wir eine Lösung gefunden.

Der Scheitholzofen ist komplett dicht mit Metall verkleidet. Auf einer Grundplatte sind Montageprofile montiert, auf denen die Keramik als Speichermasse und gleichzeitig optisches Element eingehängt werden kann.

Der Kunde hat die Möglichkeit aus verschiedenen Designmöglichkeiten auszuwählen. Die Unterkonstruktion kann kostengünstig immer gleich ausgeführt werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der getrennten Anlieferung und somit weniger Gewicht beim Aufstellen.

4.3.3 Namensentscheidung: „gastiny“

Wir haben für unseren „Scheitholzofen kleiner Leistung“ einen Namen gesucht, der leicht aussprechbar und merkbar ist, aber auch einen Zusammenhang mit seiner Verwendung hat. Der Name „**gastiny**“ beinhaltet Anfangs- bzw. Endbuchstaben 7 unterschiedlicher Götter, die für das häusliche Feuer sowie die häusliche Eintracht stehen.

4.4 Verbesserung der Kamineigenschaften

In einem eigenen Workshop mit der Firma Schiedl wurden Schwachpunkte vorhandener Kamine für den Einsatz in Niedrigstenergie- und Passivhaus analysiert und technische Verbesserungen vorgeschlagen (Verringerung der Wärmebrückeneffekte). Schiedl hat die Vorschläge aufgenommen.

Kamine bringen in thermisch optimierten Gebäuden (Passivhaus oder passivhausnaher Standard) mehrere Probleme mit sich. Es geht vor allem um die Dichtheit der Anschlüsse und um die Verringerung der Wärmebrückeneffekte. In Zusammenarbeit des Ökobau Cluster NÖ und mit der Firma Schiedl wurden einige Verbesserungen entwickelt. Die Wärmebrücke im Aufstandsbereich wurde durch einen „warmen Fuß“ reduziert und es wurde ein Kaminstein entwickelt, der im Durchbruch zwischen warmem und kaltem Bauteil eingesetzt wird. Der Kaminstein ist aus ähnlichem Material wie die integrierte Dämmung des Standardkaminsteines (mineralischer Dämmstoff) mit entsprechender Druckfestigkeit. Dadurch wird die Wärmebrücke deutlich reduziert. Die Firma Schiedl hat weiters Dichtheitsproben mit verschiedenen Kamintypen durchgeführt. Dabei hat das Produkt „Schiedl absolut“ sehr gute Dichtheitswerte erreicht. Dies ist u. a. erforderlich um die einwandfreie Funktion des Lüftungssystems zu gewährleisten.

4.5 Gesamtsystem „Wärmeversorgung mit Kleinst-Scheitholzofen“

Der Scheitholzofen soll nach Fertigstellung als komplettes Wärmeversorgungssystem vertrieben werden. Dazu werden u. a. geeignete kostenoptimierte Regelsysteme (Unterputz-Thermostatköpfe plus minimale elektronische Regelung), kostengünstige Speichersysteme, geeignete Verrohrungen etc. zusammengestellt.

Der Kleinst-Scheitholzofen soll jene Kundenschichten bedienen, die gerne fallweise sichtbares Feuer im Raum haben. Bisher wurde dieser Wunsch meist durch eine Zusatzinvestition in einen separaten Ofen verwirklicht. Das Projekt „passivhaustauglicher Scheitholzofen“ zielt auf eine komfortable Ganzhausheizung ab, die gleichzeitig den immer wieder kehrenden Wunsch nach sichtbarem Feuer ermöglicht.

Eine zweite Zielstellung ist die hohe Unabhängigkeit. Brennholz – vor allem in den geringen Mengen wie sie für ein Passivhaus erforderlich sind – ist überall regional verfügbar. Pellets haben gegenüber Scheitholz zwar den Vorteil, den Transport zum Heizgerät automatisierbar zu machen, aber den Nachteil einer höheren Abhängigkeit einer industriellen Produkten bzw. Transporttechnik.

Die dritte Zielstellung zielt auf ein preisgünstiges Gesamtsystem. Gegenüber einer herkömmlichen Holzheizung können in folgenden Punkten Preisreduktionen verwirklicht werden:

- Ein eigener Heizraum, z. B. im Keller fällt weg
- Das System wird insgesamt kleiner
- Durch den möglichen Schwerkraftbetrieb zwischen Kessel und Boiler-Pufferkombination wird im Betrieb Strom eingespart.
- Das Wärmeabgabesystem kann in der Auslegung deutlich reduziert werden.
- Bei der Heizungsregelung wird auf einfache, kostengünstige Systeme gesetzt (Thermostatköpfe und eine kleine, Raumtemperatur geführte Regelung der Pumpe mit Wochenprogramm – im Handel um rund 40 Euro erhältlich)

Hinsichtlich des Wärmeabgabesystems konnten im Projektteam in konkreten Bauprojekten Erfahrungen praktische Erfahrungen gesammelt werden, die Teil eines Gesamtsystems der Scheitholzheizung sind. Eine effiziente und behagliche Form der Wärmeabgabe ist die Bauteilheizung im Massivbau. Dabei wird zwischen erster und zweiter Ziegelschar über Fußbodenniveau ein kleiner Schlitz gefräst (oder die Fuge schon beim Mauern weitgehend vorbereitet) in welche ein 16 mm Fußbodenheizschlauch verlegt wird. In der Regel genügt es mit dem Rohr einmal im Raum in Kreis zu gehen. Preisgünstige Unterputz-Thermostatköpfe ergänzen das System. Weiters kann durch Aktivierung der Betondecken, die in vielen Massivbauten ausgeführt werden Speichermasse genutzt werden um Pufferspeicher einzusparen.

Im Holzleitbau können herkömmliche Wandheizplatten eingesetzt werden, oder Fußbodenheizungen mit großem Verlegeabstand wodurch geringere Kosten als bei herkömmlichen Heizsystemen ermöglicht werden.

Ein weiterer Gesichtspunkt des Gesamtsystems ist die Logistik und Lagerung des Brennstoffes. Auch wenn nur geringe Mengen für ein EFH bzw. eine Wohnung (3 bis 5 Festmeter) benötigt werden, sollen beim Produktvertrieb auch Informationen und Vorschläge dazu bereitgestellt werden. Der Brennstoffbedarf von zwei bis vier Wochen soll in unmittelbarer Nähe es Kessels gelagert werden können um den Bedienungsaufwand für einen Heizvorgang pro Tag im tiefen Winter so gering wie möglich zu halten.

5 Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis

5.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Raumlufthemperatur-Verlauf (oben), Verlauf eingebrachter Heizleistung (unten)	16
Abbildung 2: Mittlere Strahlungstemperatur (oben), empfundene Raumlufthemperatur (unten)	16
Abbildung 3: Dreizugbrand: Aufbrand im Feuerraum, Umlenkung links und rechts (Abbrand)	18
Abbildung 4: Brennkammer ohne Schamotte.....	19
Abbildung 5: Versuchsabbrand	20
Abbildung 6: Versuchsabbrand	20
Abbildung 7: Leistungsverlauf KEW gesamt	44
Abbildung 8: Leistungsverlauf KEW Wasser	44
Abbildung 9: Leistungsverlauf KEW Speicher	45
Abbildung 10: Leistungsverlauf KEW Türe.....	45

5.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bauteil-Aufbauten	12
Tabelle 2: Energetische Werte der Fenster.....	12
Tabelle 3: Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgeräts	13
Tabelle 4: Strahlungsanteil des Ofens	13
Tabelle 5: Vergleich PHPP und TAS.....	14
Tabelle 6: Passivhaustauglicher Scheitholzofen als Ganzhausheizung	48

6 Anhang

6.1 Anhang 1

6.1.1 Ausgangsprodukt / Prospekt / Leistungsverlauf des Ausgangsprodukts

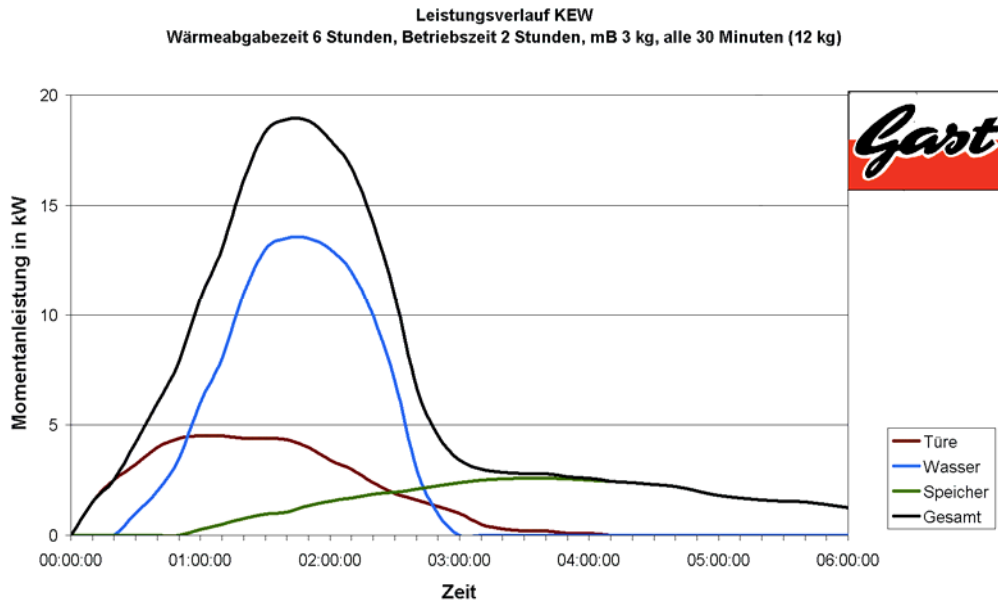


Abbildung 7: Leistungsverlauf KEW gesamt

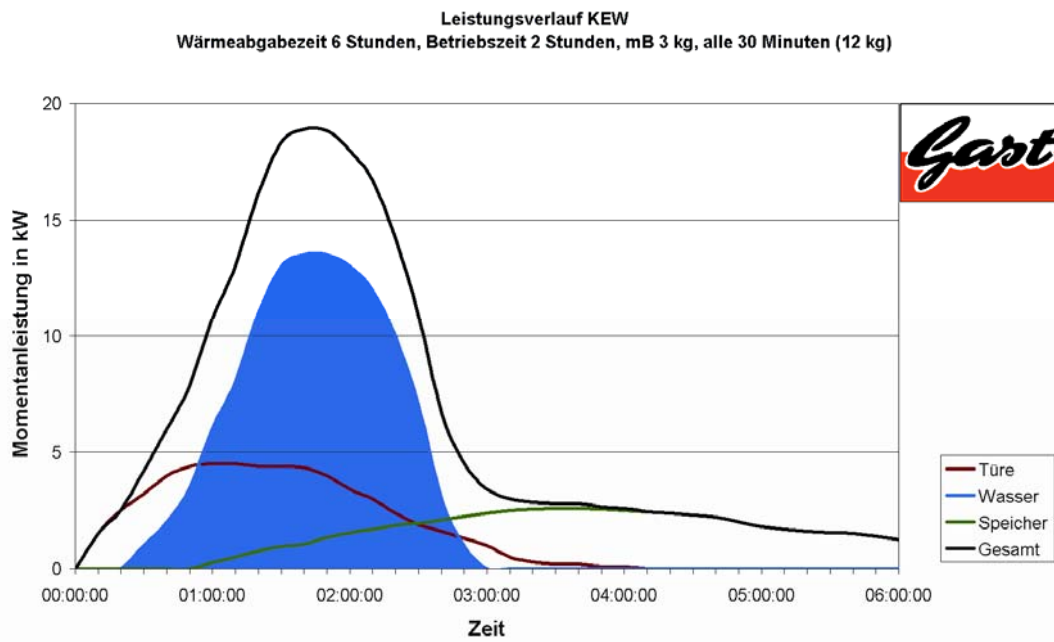


Abbildung 8: Leistungsverlauf KEW Wasser

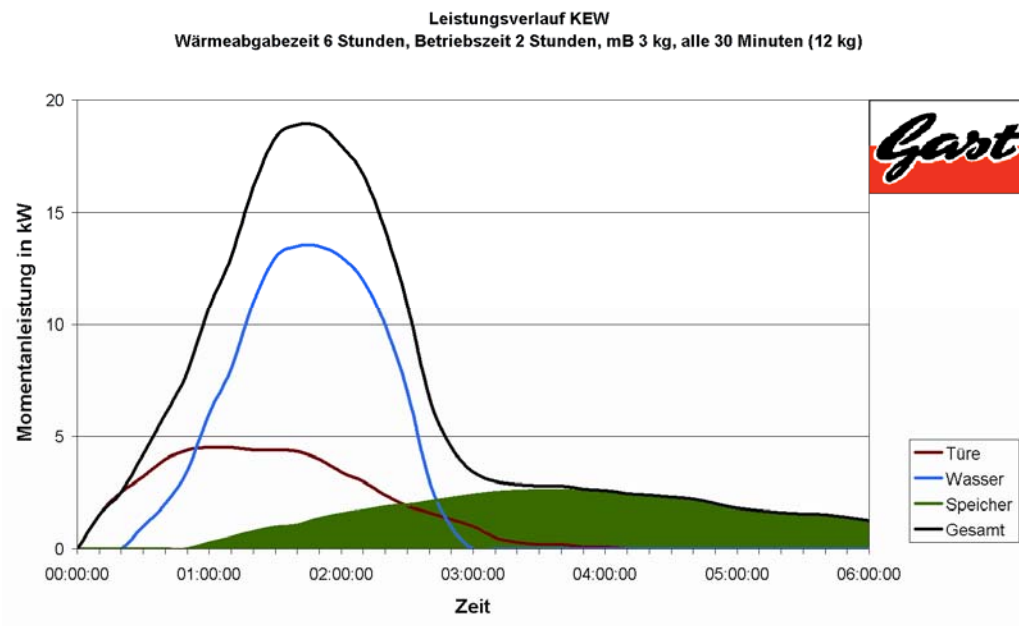


Abbildung 9: Leistungsverlauf KEW Speicher

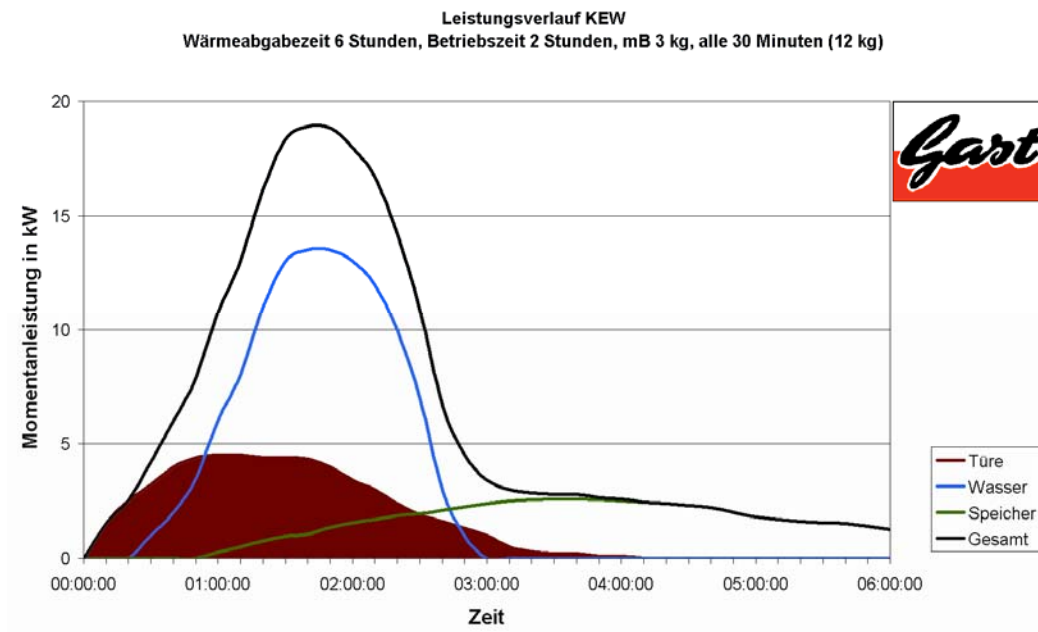
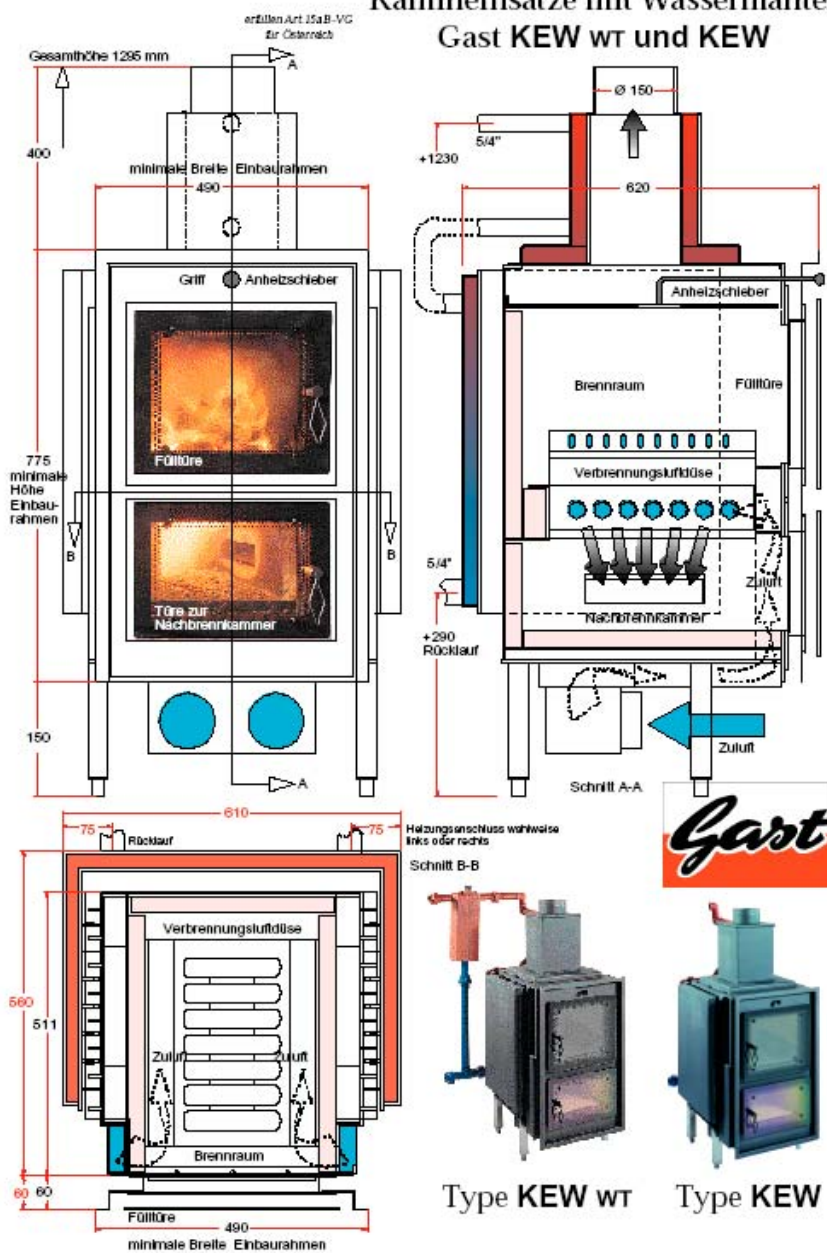


Abbildung 10: Leistungsverlauf KEW Türe

Kamineinsätze mit Wassermantel Gast KEW wt und KEW



6.2 Anhang 2

6.2.1 Excel-Tabelle zu Dimensionierung

Passivhaustauglicher Scheitholzofen als Ganzhausheizung

			Haustyp Passiv- haus	Haustyp Niedrig- energie- haus	Haustyp Energie- sparhaus
Kennzahlen der Wärmeerzeugung					
Nenn-Wärmeleistung	P_{Nenn}	kW	6,0	6,0	6,0
Minimale Teil-Wärmeleistung	P_{Min}	kW	3,0	3,0	3,0
Anteil Raumheizleistung	f_{RH}	%	33	33	33
Anteil Zentral- und Warmwasserheizleistung	$f_{\text{ZH+WW}}$	%	67	67	67
Feuerungstechn. Wirkungsgrad bei Nennleistung	η_{Nenn}	%	85	85	85
Feuerungstechn. Wirkungsgrad bei Min. Teilleistung	η_{Min}	%	75	75	75
Unterer Heizwert des Brennholzes	H_{u}	[kWh/kg]	4,0	4,0	4,0
Brennstoffmenge bei 3h Brenndauer mit Nennleistung	$M_{\text{Holz, 3h, Nenn}}$	kg	5,3	5,3	5,3
Brennstoffmenge bei 3h Brenndauer mit Min. Teilleistung	$M_{\text{Holz, 3h, Min}}$	kg	3,0	3,0	3,0
Nutzwärme bei 3h Brenndauer mit Nennleistung	$Q_{\text{Nutz, 3h, Nenn}}$	kWh	18,0	18,0	18,0
Nutzwärme bei 3h Brenndauer mit Min. Teilleistung	$Q_{\text{Nutz, 3h, Min}}$	kWh	9,0	9,0	9,0

Kennzahlen der Wärmespeicherung					
Speichervolumen	V_{Speicher}	[l]	800	800	800
Maximale Speicherladetemperatur	$T_{\text{Speicher, max.}}$	°C	85	85	85
Minimale Speicherentladetemperatur	$T_{\text{Speicher, min.}}$	°C	35	35	35
Nutzwärmeinhalt des Speichers	Q_{Speicher}	[kWh]	35	35	35
Volumsbezogener Nutzwärmeinhalt des Speichers	q_{Speicher}	[kWh/m ³]	44	44	44

Tabelle 6: Passivhaustauglicher Scheitholzofen als Ganzhausheizung

6.3 Anhang 4

6.3.1 Prüfbericht des Kachelofenverbandes



Österreichischer Kachelofenverband
Versuchs- und Forschungsanstalt der Hafner Österreichs

Dassanowskyweg 8
1220 Wien, Austria
Telefon: +43 1 2565885-0
Fax: +43 1 2565885-20
office@kachelofenverband.at
www.kachelofenverband.at

GAST Metallwaren GmbH & Co. KG
z.Hd. Ing. Rudolf Vazansky
Ennser Straße 42
4407 Steyr

Wien, am 09.01.2008

Sehr geehrter Herr Ing. Vazansky,

bezugnehmend auf Ihre Anfrage bezüglich des Standes der Prüfung des Raumheizgerätes **Gastiny** möchten wir wie folgt festhalten:

Das von Ihnen in der Versuchs- und Forschungsanstalt der Hafner (VFH) zur Prüfung angelieferte Raumheizgerät **Gastiny** wird zurzeit nach **EN 13240** unter Berücksichtigung der Vereinbarungen gemäß Art. 15a B-VG über „Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen“ und über die „Einsparung von Energie“ geprüft.

Die ersten Prüfungen des Raumheizgerätes **Gastiny** zeigen folgende Ergebnisse:

- Die Emissionsgrenzwerte der EN 13240 sowie der Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über „Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen“ werden eingehalten.
- Der Mindestwirkungsgrad der EN 13240 sowie der Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über die „Einsparung von Energie“ wird eingehalten.

In der Hoffnung, Ihnen mit dieser Antwort gedient zu haben, verbleiben wir

mit freundlichen Grüßen

ÖSTERREICHISCHER KACHELOFENVERBAND

Dipl.-Ing. Dr. Thomas Schiffert
Zeichnungsberechtigter Leiter der Versuchsanstalt
Notified Body 1733

www.kachelofenverband.at



Bankverbindung: Erste Österreichische Sparkassen AG, BLZ 20111, Kto. Nr.: 28245754200
DVR: 0814229 • UID: ATU 36870908 • Swift/BIC: GIBAA1WW • IBAN: AT402011128245754200