



► **Lernsituationen – Beispiel Lernfeld 7**

zu Kapitel 2.3.5

zu

AUSBILDUNGSGESTALTEN:

**Ofen- und Luftheizungsbauer/
Ofen- und Luftheizungsbauerin.**

Umsetzungshilfen und Praxistipps.

Hrsg.: BIBB. Nürnberg 2007

Beispiel für die Umsetzung eines Lernfeldes in Lernsituationen: 3 Lernsituationen zum Lernfeld 7

Lernfeld 7 - Bauen von Speicheröfen

Lernfeld 7 Bauen von Speicheröfen			
Nr.	Lernsituation	Inhalte	Std.
1	Grundofen Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Grundofen-Bauarten ▶ Wärmetransport; Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion ▶ Wärmespeicherung, Aufheizverhalten, ▶ Heizzyklen, Speicherdauer ▶ Wandstärken ▶ Werkstoffauswahl; Standardschamotte, schwere Schamotte, Speckstein ▶ Wärmedurchgang bei unterschiedlicher Materialauswahl ▶ Feuergeschränk ▶ Wärmeröhren ▶ Historische Grundöfen ▶ Stilepochen 	15
	Projekt 4: Fehlersuche am Grundofen		
2	Grundofenfeurräume und Zugausbau	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Hohe Feuerräume ▶ Liegende Feuerräume ▶ Definierte, geprüfte Feuerräume ▶ Beeinflussung der Verbrennung durch die Feuerraumkonstruktion – Abbrandgeschwindigkeit, Temperaturen, Abgasführung ▶ Heizgaszugarten ▶ Heizgaszugeinteilung ▶ Bypassgröße und Anordnung ▶ Dehnungskompensation ▶ Längendehnung 	15
	Projekt 4: Fehlersuche am Grundofen		
3	Auslegung und Planung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Berechnung; Feuerraum, Zuglänge, Zugquerschnitt, Abgasmassenstrom ▶ Verbrennungsluftbedarf ▶ Verbrennungsluftzufuhr ▶ Elektronische Abbrandsteuerung ▶ Unterdrucküberwachung 	18
	Projekt 4: Umbau und renovieren eines Grundkachelofens		
4	Elektrospeicheröfen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bauarten ▶ Anschluss ▶ Ladesteuerung ▶ Leitungs- und Personenschutzschalter ▶ Schaltsymbole (Zeichnungssymbole) ▶ Schaltpläne; Anschlussplan, Wirkschaltplan, Stromlaufplan ▶ Abbau und Entsorgung (Asbestbelastung) 	18
Lernfeld 7		Vertiefung, Lernzielkontrolle, etc.	14
		Gesamtstunden	80

Lernfelder 7.1, 7.2, 7.3

Hilfsmittel und Unterrichtsmaterialien

Den Schülerinnen und Schülern sind die für die Bearbeitung der Aufgaben die notwendigen Hilfsmittel (z.B. Fachbücher und Informationsbroschüren, TROL und Normen, Aufsätze zur Stilkunde und zum Restaurieren im K&L - Magazin, Fotos, Datenblätter, Kataloge) zur Verfügung zu stellen. Die Lernsituationen 7.1 bis 7.3 eignen sich besonders gut für eine Lernortkooperation zwischen den Berufsschulen und den Überbetrieblichen Ausbildungsstellen. (Vgl. Lehrgang „Grundofen“ des Heinrich-Piast-Instituts Hannover)



Handlungsablauf für einen Kundenauftrag im Lernfeld 7

1. Informieren
2. Planen
3. Entscheiden
4. Ausführen
5. Kontrollieren
6. Bewerten



Grundofenbau



Umsetzen und renovieren eines antiken Grundofens

Informieren

- ▶ Sind brennbare Baustoffe oder Bauteile in der Anbauwand? (Holzbalken, Tapeten u.s.w.)
- ▶ Ist die Tragkraft der Decke ausreichend? (Wie schwer ist der Ofen?)
- ▶ Wer kann Auskunft über die Belastbarkeit der Decke geben? (z.B. Architekt, Maurermeister, Zimmermeister, Statiker)
- ▶ Ist der Schornsteinanschluss vorhanden oder muss er abgeändert werden?
- ▶ Sind sonstige Besonderheiten bei dem Auftrag zu berücksichtigen?

Auftragsplanung (nicht die Ofenplanung), Arbeitsablauf

- ▶ Materialauszug, Materialbedarf
- ▶ Werkzeuge und Maschinen (z.B. Schwerer Bohrerhammer, Kernbohrgerät, Gerüstböcke, Schweißgerät usw.)
- ▶ Welche Mörtel stehen im Betrieb zur Verfügung? (Lehm, Haftmörtel, Schamotte)
- ▶ Welches Ausbaumaterial steht zur Verfügung? (Standardschamotte, Schwerschamotte, Speckstein)
- ▶ Wie kann ein sicherer Stand gewährleistet werden?
- ▶ Ist der Brandschutz gewährleistet?

Entscheiden

- ▶ Keramisch abbindender Mörtel damit der Ofen umsetzbar bleibt
- ▶ z.B. Standardschamotte
- ▶ z.B. Punktfundamente

Ausführen

- ▶ Ofen anlegen
- ▶ Maßnahmen zum Brandschutz treffen, z.B. Wand ausriegeln (Holzbalken entfernen und massiv ausmauern), Tapeten entfernen, Elektroleitungen entfernen usw.
- ▶ Tragrahmen auf Punktfundamente setzen
- ▶ Bodenplatte einbauen und Fußsims setzen
- ▶ Zwei Kachelschichten setzen
- ▶ Innenausbau nachziehen
- ▶ Im Wechsel: zwei Kachelschichten und Innenausbau setzen → Dehnungsfugen berücksichtigen
- ▶ Obersims und Abdeckung setzen
- ▶ Ofen abwaschen und polieren

Kontrollieren

- ▶ Sind optische Fehler erkennbar?
- ▶ Zugprobe durchführen (Streichholztest → Flamme wird nach innen gezogen), Zugmessung im kalten Zustand
- ▶ Probefeuern (kleines Holzfeuer)

Ausführen

- ▶ Mängel korrigieren
- ▶ Ofen trockenheizen
- ▶ Betreiber in Bedienung und Funktion einweisen

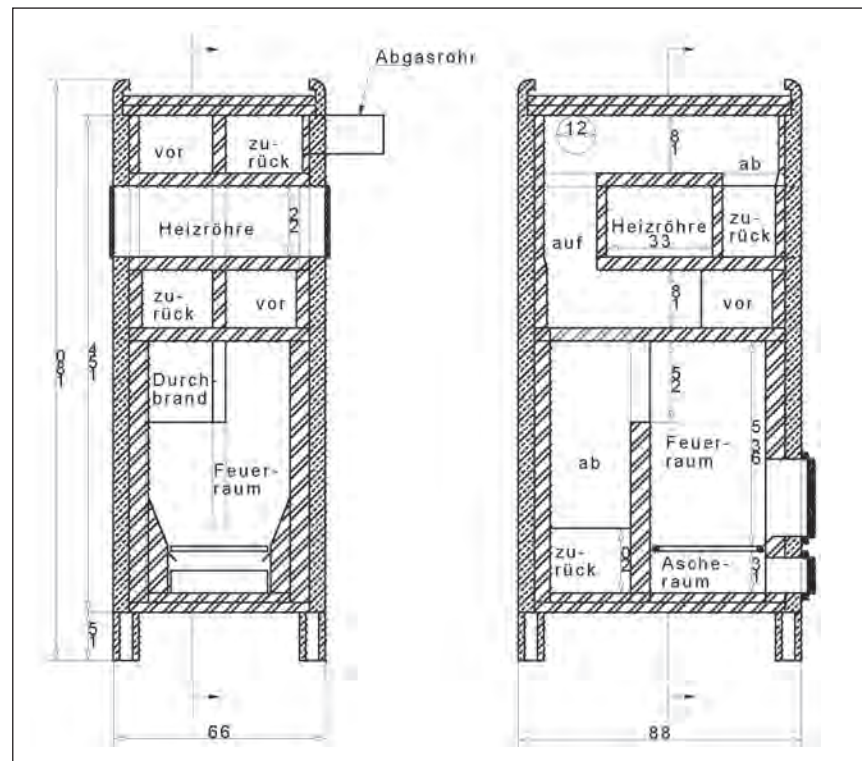
Nachkontrolle

- ▶ Mängel behoben?
- ▶ Funktionsprüfung bestanden?
- ▶ Baustelle sauber aufgeräumt?

Bewerten

- ▶ Der Ofen ist optisch mängelfrei
- ▶ Die Funktion ist nachgewiesen
- ▶ Die Kontrolle, die Einweisung und die Übergabe an den Betreiber werden dokumentiert

Schnitte durch den oben beschriebenen Ofen



Aufgabenbeschreibung:

1.1	Ofensystem
1.1.1	Ordnen Sie dem beschriebenen Ofen einem Ofensystem zu. Eine Bauzeichnung und eine Beschreibung des Ofens liegen vor.
1.1.2	Beschreiben Sie die Merkmale des Ofens, die zu Ihrer Entscheidungsfindung beigetragen haben.
1.1.3	Unterscheiden Sie die verschiedenen Bauarten des Ofensystems nach a) Wandstärke, b) spezifischer Wärmeleistung, c) Oberflächentemperatur, d) Gewicht, e) Speicherdauer.
1.1.4	Benennen Sie die für das beschriebene Ofensystem typischen Bauelemente und beschreiben Sie die Einbausituationen und Besonderheiten.
1.1.5	Welche Eigenschaften unterscheiden einen Grundofen von anderen Ofensystemen?
1.1.6	Weisen Sie den Kunden auf den richtigen Brennstoff und auf die notwendigen Brennstoffeigenschaften hin.
1.2	Zuordnung nach Stil und Alter
1.2.1	Der Kunde fragt Sie nach dem ungefähren Alter seines historischen Ofens. Ein vergleichbarer Ofen ist nachweislich dem Kubismus zugeordnet.
1.2.2	In welche Stilepoche ordnen Sie den Ofen ein?
1.2.3	Ab welchem Zeitalter werden Öfen mit Blattkacheln eingebaut?
1.3	Präsentation
1.3.1	Präsentieren Sie die Ergebnisse der Aufgabe 1 in Organigrammen und Schemazeichnungen

Lösungsvorschläge zur Lernsituation 1 „Merkmale des Grundofens“

Da der Grundofen ein sehr individuelles Ofensystem ist und Form und Ausbau oft frei gestaltet werden, sind weitere Lösungen durchaus möglich. Sie sind individuell zu prüfen.

1.1 Ofensystem

1.1.1 Systembeschreibung

Die Ausführungszeichnung zeigt einen freistehenden Grundofen mit Muldenfeuerung. Er ist geeignet für die Brennstoffe Braunkohlenbrikett und Holz. Der Ofen ist in mittelschwerer Bauweise errichtet und hat dem zufolge eine spezifische Nennwärmeleistung von 0,75 kW/m². Die Wärmeabgabe der Heizröhre wird mit der halben Nennwärmeleistung, also 0,375 kW/m² angesetzt. Bei einer Heizfläche von 5,5 m² an der Oberfläche und 0,7 m² über die Heizröhre ergibt sich eine Nennwärmeleistung von 4,4 kW. Die Speicherdauer beträgt 8 Stunden, die zu Grunde gelegte mittlere Oberflächentemperatur ca. 55°C über der Raumtemperatur.

Bei einem Grundofen wird die Wärme zu einem hohen Prozentsatz (ca. 50%) über die Oberfläche als Strahlungswärme abgegeben.

1.1.2 Bestimmungskriterien

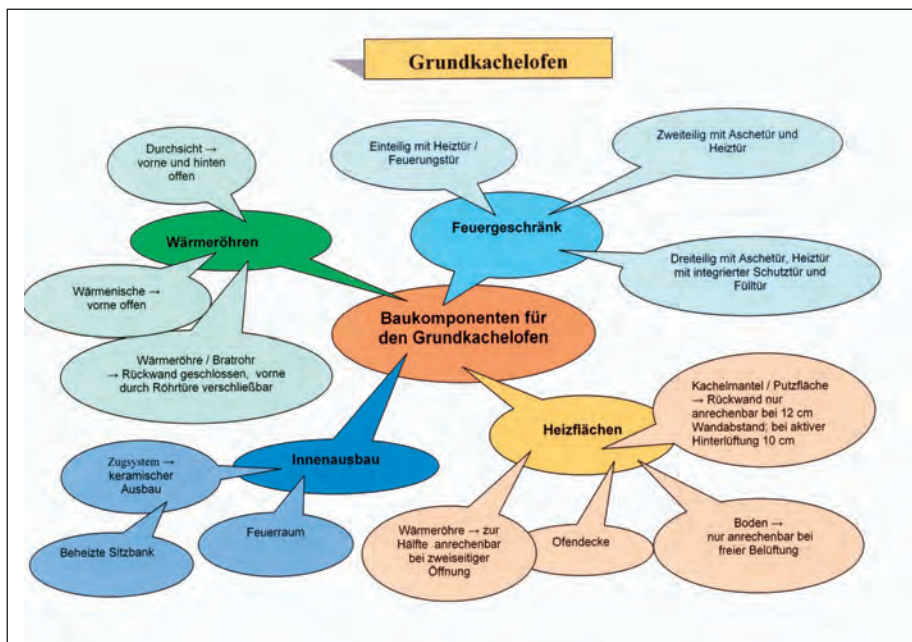
Ausschlaggebend für die Einordnung des Ofens als Grundofen ist der aus Schamottesteinen gemauerte Feuerraum ohne eine umgebende Heizkammer. Keramische Heizgaszüge oder, bei leicht gebauten Öfen, eine Prallplatte oberhalb der Feuerung sind ein weiteres Merkmal.

1.1.3 Bauarten

Die Kenndaten, die die Bauarten charakterisieren, werden in Tabellenform dargestellt.

Bauart	schwer	mittelschwer	leicht	Toleranz
Feuerraumwanddicke	13 cm	11 cm	10 cm	+/- 1 cm
Wanddicke erster Zug	12,5 cm	10,5 cm	8,5 cm	+/- 1 cm
Wanddicke letzter Zug	6 cm	6 cm	6 cm	+/- 1 cm
spezifische Wärmeleistung	0,5 kW/m ²	0,75 kW/m ²	0,9 kW/m ²	+/- 10 %
Oberflächentemperatur (über Raumtemperatur)	40 K	55 K	65 K	+/- 5 K
Gewicht je kW ca.	250 kg	170 kg	130 kg	
Speicherdauer / Nachlegeintervall	5 h	8 h	12 h	+/- 15 %

1.1.4 Bauelemente



Typische Baugruppen für Grundöfen sind:

► **Feuereschränk (Ofentüren):**

das Feuereschränk kann

- einteilig, bestehend aus der Heiztür (regional auch Feuerungstür),
- zweiteilig, bestehend aus Heiz- und Aschetür, oder
- dreiteilig, bestehend aus Heiztür, Aschetür und Fülltür

sein. Die Heiztüren können mit einer Sichtscheibe aus feuerfestem Glas ausgestattet sein. Dies ist bei der Planung des Feuerraumes zu berücksichtigen. Die Auswahl richtet sich nach dem zu verheizenden Brennstoff und den benötigten oder zur Verfügung stehenden Baumaßen und dem vom Kunden gewünschten Design.

Die Feuereschränke sind dicht und fest einzubauen. Gleichzeitig ist die unterschiedliche Ausdehnung von Tür und Ofenverkleidung zu berücksichtigen.

► **Wärmeröhren und Durchsichten:**

Wärmeröhren und Durchsichten können sowohl aus Kacheln wie auch aus 2mm Stahlblech oder 4mm Gussplatten hergestellt werden. Außer bei einem Bratrohr oder Kochkasten, wo entsprechend hohe Temperaturen gefordert sind, müssen metallische Verkleidungen mit 4cm Schamottevorschub ausgeführt werden.

Die Wärmeabgabe wird je nach Ausbau mit 375 bis 450 W/m² zur Nennheizleistung addiert. Voraussetzung ist aber die freie Durchströmung. Eine Gitterjalousie kann eingebaut werden.

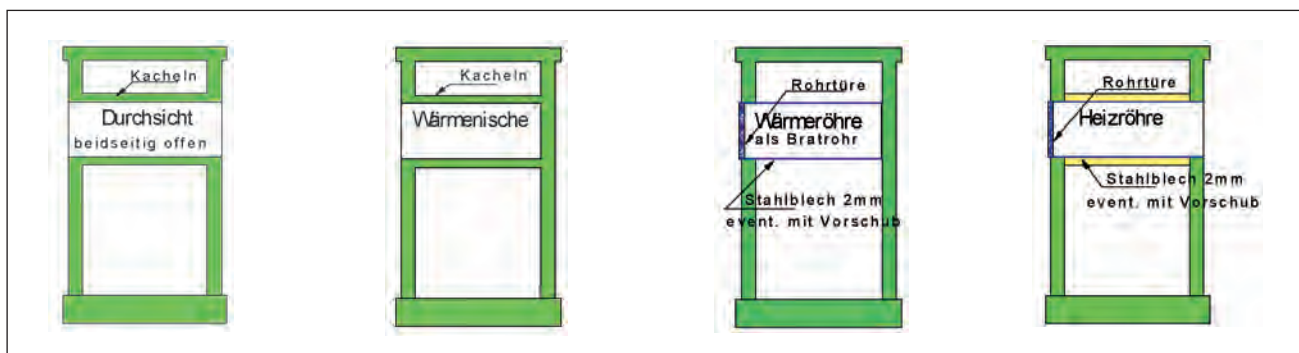
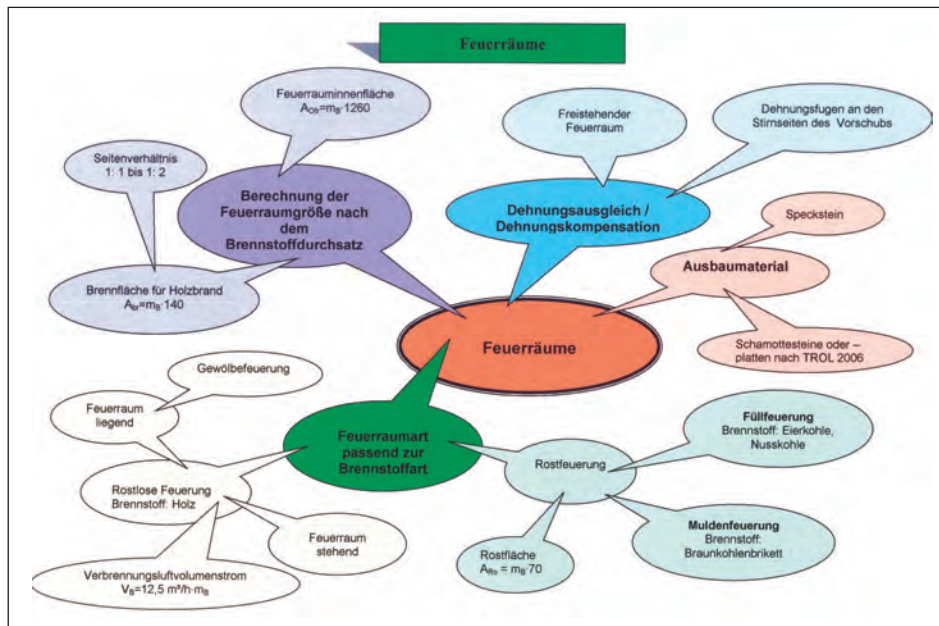


Abbildung 1 bis 4: Wärmeröhren (Arbeitsblatt)

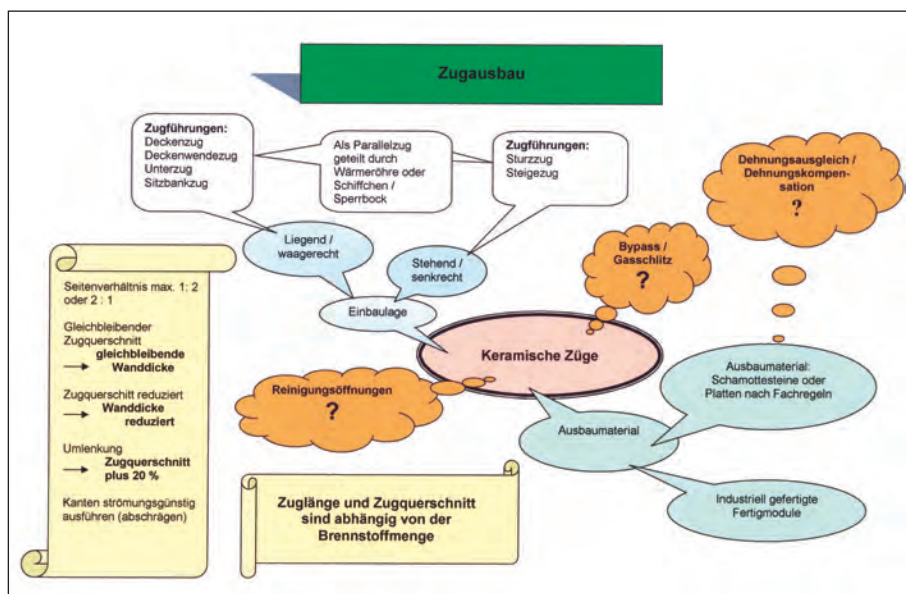
► gemauerte Feuerräume (Organigramm)



Die Feuerräume sind entweder handwerklich individuell erstellt oder industriell vorgefertigt. Als Ausbaumaterialien kommen Schamotte, Schwerschamotte oder auch Speckstein in Frage. Die Berechnung erfolgt nach TROL. Bei der Planung sind außerdem die Brennstoffauswahl und die Zufuhr der Verbrennungsluft zu berücksichtigen.

► keramische Züge

Die keramischen Heizgaszüge werden, wie die Feuerräume auch, nach TROL berechnet. Es sind besondere Dehnungsmaßnahmen erforderlich.



1.1.5 *Eigenschaften des Grundofens*

1. *hohes Gewicht*
2. *lange Speicherdauer*
3. *lange Aufheizzeit*
4. *träges Heizverhalten*
5. *niedrige spezifische Wärmeabgabe*
6. *großer Anteil an Strahlungswärme (ca. 50%)*

1.1.6 *Zulässige Brennstoffe*

Als Brennstoffe für eine Grundofenfeuerung kommen feste Brennstoffe wie Holz, Braunkohlenbrikett oder Eifform und Nusskohle in Betracht.

1.2 *Baustile*

1.2.1 *Zeitliche Zuordnung der Baustile*

Die Gründerzeit beginnt nach dem deutsch-französischen Krieg von 1870-1871. Da sie die alten Baustile wie Gotik, Renaissance oder Barock neu auflegt spricht man auch vom Historismus. Um 1905 beginnt mit dem Jugendstil (bis 1915) die Moderne. Art Deco und Kubismus sind Stile der zwanziger Jahre und enden 1933 mit der Machtergreifung der Nationalsozialisten.

1.2.2 *Zuordnung der Stilepoche*

Der analysierte Ofen ist dem „Kubismus“ zuzuordnen, einer Stilrichtung der „Moderne“ in den zwanziger Jahren. Er ist etwa 80 bis 85 Jahre alt.

1.2.3 *Kachelformen*

Blattkacheln werden seit der Gotik, besonders aber in der Renaissance hergestellt. Seit ca. 1400 gibt es Blattkacheln. Davor kommen als älteste Typen Becher- und Schüsselkacheln zum Einsatz. In der Gotik treten neben den Blattkacheln auch Nischenkacheln auf.

1.2.4 *Präsentationstechniken*

Zur Darstellung der Ergebnisse werden Organigramme mit Mindmap erstellt, Schaubilder als Schemata gefertigt sowie Skizzen und Zeichnungen mit dem Overheadprojektor präsentiert.

Lernsituation 2 – Fehlersuche

Kundenauftrag

Bei der Überprüfung des Kachelofens vom Kunden Schubert in Schwäbisch Hall wurden Mängel am Kachelmantel festgestellt. Außerdem wurde der Ofen offensichtlich falsch geheizt. (Die beiliegende Schemazeichnung zeigt einen Schnitt durch den Feuerraum im jetzigen Zustand).

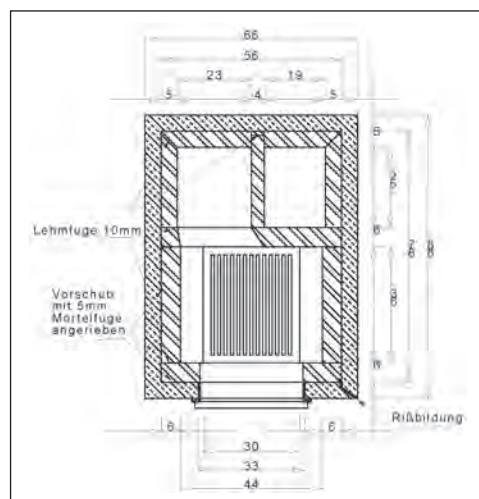
Bei dem unten abgebildeten Kachelofen im Stil der zwanziger Jahre treten erhebliche Risse im Kachelmantel auf. Der Ofen wurde vor 5 Jahren als antiquarischer Ofen neu gesetzt. Erste Risse zeigten sich bereits nach dem ersten Aufheizen im Bereich der pressgesetzten Fugen. Nach einem Zeitraum von 4 Jahren vergrößerten sich die Risse erheblich. An den Längsseiten des Ofens sind die Flächen leicht gewölbt. (Die beiliegende Schemazeichnung zeigt einen Schnitt durch den Feuerraum im jetzigen Zustand).

Nach Aussage des Kunden hatte der jetzt stramm sitzende Rost ursprünglich eine „große“, umlaufende Fuge. Der Rost sieht verbrannt aus und hat eine sehr spröde Struktur.

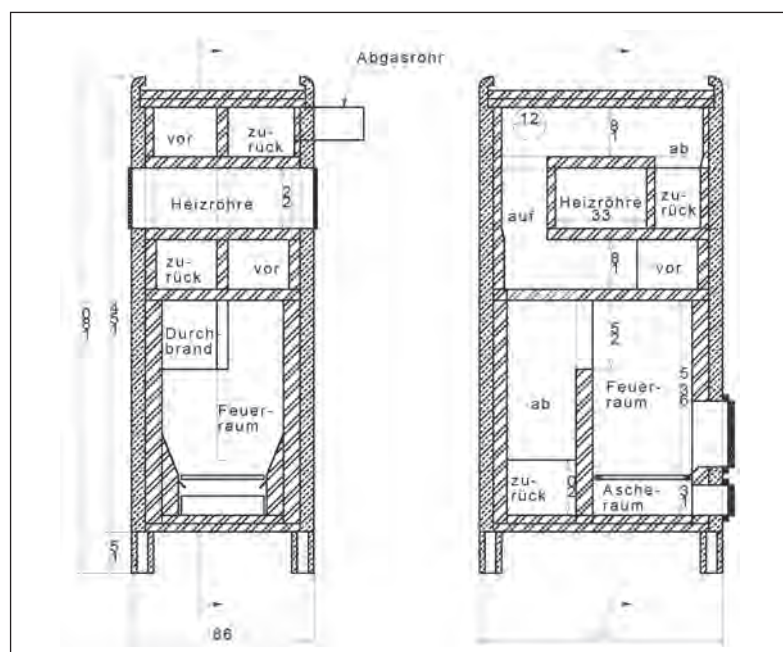
Weiter beklagt sich der Kunde, dass vor allem in der Übergangsphase häufig Rauch aus der Heiztüre austritt. In den letzten beiden Zügen hat sich Glanzruß angesetzt.

Herr Schubert fragt, ob sich diese Probleme im Zuge der notwendigen Reparaturen lösen lassen.

Situationsdarstellung:
Schnitt durch den Feuerraum



Schnitte durch den oben
beschriebenen Ofen



Aufgabenbeschreibung:

Analysieren Sie nun die Fehler und machen Sie Lösungsvorschläge.

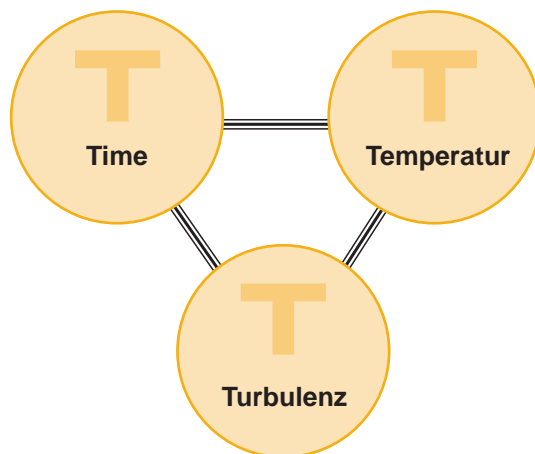
2.1	Einflussgrößen auf die Verbrennungsqualität
2.1.1	Erörtern Sie die Kriterien, die die Verbrennung in einem selbst gemauerten Feuerraum beeinflussen.
2.1.2	Beschreiben Sie, mit welchen Brennstoffen die behandelten Ofensysteme betrieben werden.
2.1.3	Erörtern Sie den Einfluss der Feuerraumgeometrie und der Verbrennungsluftführung auf die Verbrennungsqualität. Stellen Sie an Hand des Arbeitsblattes die Verbrennungsluftzufuhr in unterschiedlichen Feuerraumarten schematisch dar.
2.1.4	Überprüfen Sie Möglichkeiten, die Verbrennungsqualität in dem dargestellten Ofen zu verbessern.
2.1.5	Diskutieren Sie, welche Auswirkungen die unterschiedlichen Ausbaumaterialien auf die Verbrennung haben.
2.1.6	Erklären Sie dem Kunden bei der Übergabe beziehungsweise Inbetriebnahme des Ofens, warum das zu verheizende Holz trocken und in nicht zu große Scheite gespalten sein soll.
2.2	Schadensanalyse
2.2.1	Analysieren Sie die Situationsbeschreibung und die dazu gehörige Zeichnung. Erörtern Sie mögliche Fehler und skizzieren in der Zeichnung Möglichkeiten, diese zu beseitigen. Präsentieren Sie die Ergebnisse in einem Schaubild.
2.2.2	Informieren Sie sich, von welchen Faktoren die Ausdehnung eines festen Stoffes abhängig ist.
2.2.3	Erörtern Sie in welche Richtung sich die Feuerraumwand ausdehnt und legen Sie die günstigsten Punkte für die Dehnungskompensation fest.
2.2.4	Ermitteln Sie die Längendehnung a) des Schamotteausbaus und b) des Rostes. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der ursprünglichen Dehnungskompensation.
2.2.5	Begründen Sie die Vergrößerung des Rostes im Verlauf mehrerer Jahre (Zuwachs in der Länge und Breite und dem gleichzeitigen Verspröden des Werkstoffs).
2.3	Abgasführung
2.3.1	Überprüfen Sie die sichere Abgasführung. Erörtern Sie dabei auch mögliche örtliche Gegebenheiten wie Hanglage des Gebäudes, hohe Bäume im Umfeld des Hauses. Beschreiben Sie weitere Einflüsse auf die Abgasführung.
2.3.2	Kontrollieren Sie die Anordnung und Größe des Bypasses (Gasschlitz) und erörtern Sie ob ein fehlender Bypass die Ursache für die Rissbildung sein kann.
2.3.3	Begründen Sie den Einbau einer Anheizklappe und skizzieren Sie den wirkungsvollsten Einbauort.
2.3.4	Zur sicheren Abgasabführung gehört auch die Reinigung und Revision der Heizgaszüge. Ordnen Sie die notwendigen Reinigungsöffnungen an.

Lösungsvorschläge zur Lernsituation „Fehlersuche am Grundofen“

Da der Grundofen ein sehr individuelles Ofensystem ist und gerade bei der Fehlersuche und Schadensanalyse bei gleicher Schadenslage eine unterschiedliche Ursache vorliegen kann, sind weitere Lösungen durchaus möglich. Sie sind individuell zu prüfen.

2.1 Brennstoffauswahl und Einflüsse auf die Verbrennungsqualität
Bei der Kundenberatung und der Einweisung in Funktion und Bedienung des Ofens spielt die richtige Brennstoffauswahl eine entscheidende Rolle. Maßgebend für Brennstoff ist die Feuerraumkonstruktion.

2.1.1 Einflussgrößen auf die Verbrennung
Die Verbrennung wird von drei wesentlichen Kriterien beeinflusst.



Time steht für Abbrandzeit und wird bestimmt durch die Brennstoffaufbereitung und die Verbrennungsluftzufuhr.

Temperatur steht für die Verbrennungstemperatur und wird beeinflusst durch die Feuerraumgröße, das Ausbaumaterial und die Feuchtigkeit im Brennstoff.

Turbulenz steht für die Vermischung und wird durch die Zufuhr der Verbrennungsluft und die Anordnung des Ausbrandes beeinflusst.

Abbildung 1: Verbrennungseinflüsse

2.1.2 Brennstoffe
Der Grundofen kann nur mit Festbrennstoffen betrieben werden. Insbesondere wird Holz und Braunkohlenbrikett aber auch Eierbrikett und Nusskohle verfeuert. Torf und Koks spielen keine Rolle mehr als Brennstoff.

Holz wird als Scheitholz, als Holzbrikett oder auch als Reisigbüschel verbrannt. Es muss trocken gelagert werden und darf nur bis zu einer Restfeuchte von 20% verheizt werden. Da Holz einen sehr hohen (48%) Anteil an gebundenem Sauerstoff enthält, braucht es keinen Rost. Um eine gute Durchmischung und den notwendigen schnellen Abbrand zu erreichen, sollte der Luftüberschuss mindestens 2-fach, besser 2,5 bis 3-fach sein. Die bei dem schnellen Abbrand freigesetzte aber nicht sofort benötigte Wärme muss gespeichert werden. Ein Ofen mit Holz als Brennstoff benötigt daher einen mittelschweren bis schweren Ausbau.

Für die schwarzen Brennstoffe Braunkohlenbrikett, Eierbrikett (Eierkohle) und Nusskohle ist ein Feuerraum mit Rost notwendig. Der Abbrand ist begrenzt regelbar, dadurch kann für Kohle, vor allem bei Schüttgut, eine leichte Bauart angewendet werden. Für Brikettfeuerungen wird eine Muldenfeuerung mit zweiteiligem Feuergeschränk, für Eierbrikett und Nusskohle eine Füllfeuerung mit dreiteiligem Feuergeschränk benötigt. Damit bei einem dreiteiligen Feuergeschränk keine Glut herausfallen kann, muss die Heiztür mit einer zusätzlichen Schutztür versehen werden.

2.1.3 Feuerraumgeometrie und Verbrennungsluftführung

Abbildung 2: Stehender Feuerraum für Scheitholz. Die Verbrennungsluft wird als Sekundärluft über den Verbrennungsluftschieber der Heiztür zugeführt. Wichtig ist die diagonale Anordnung des Ausbrandes. Ein Ausbrand im vorderen Bereich des Feuerraumes hätte eine mangelhafte Durchmischung der Verbrennungsgase mit der Verbrennungsluft zur Folge.

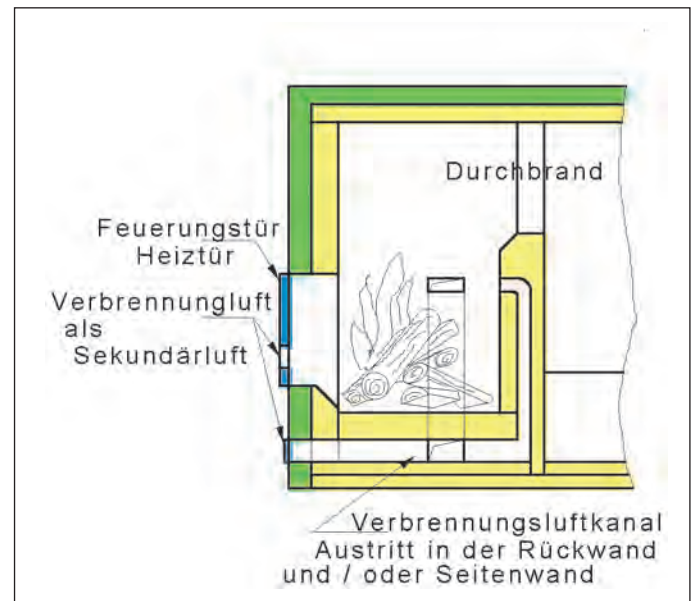


Abbildung 3: stehender Feuerraum mit zusätzlicher Verbrennungsluft an der Feuerraumrückwand oder -seite. Die Verbrennungsluft kann auch über Düsen im Durchbrand zugeführt werden.

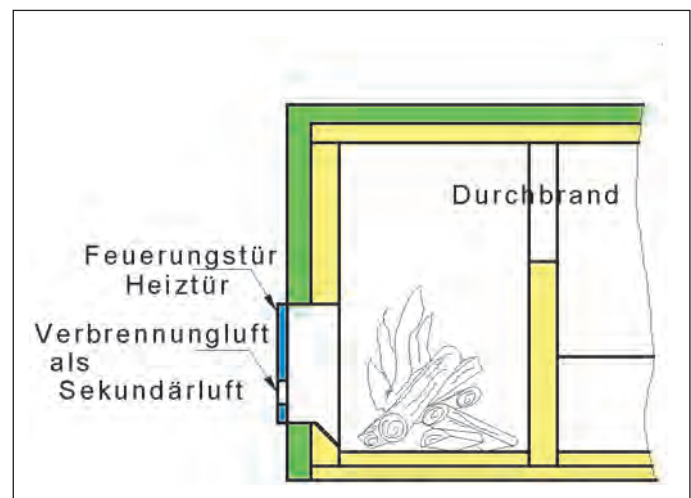


Abbildung 4: Rostlose Feuerräume können auch in liegender Bauweise, zum Beispiel als Gewölbefeuern, konstruiert werden. Die Feuerrauminnenfläche Verbrennung wird nach TROL wie für stehende Feuerräume errechnet. Die fehlende Höhe wird zur Brennfläche hinzu addiert. Für eine schadstoffarme Verbrennung ist die Zufuhr der Verbrennungsluft in den hinteren Teil des Feuerraumes sehr wichtig.

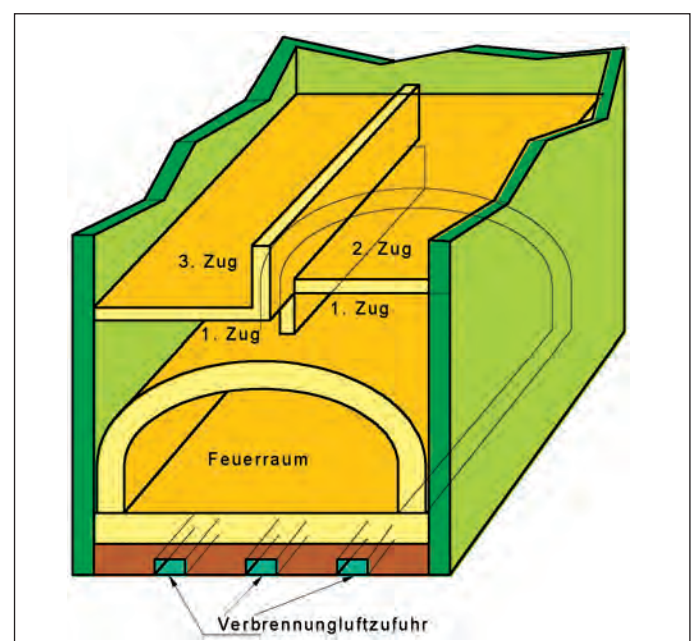


Abbildung 5: schwarze Brennstoffe benötigen einen Rost, der den Zutritt der Verbrennungsluft in den Glutbereich ermöglicht. Die Asche muss nach unten durchfallen können. Ein zu voller Aschekasten verhindert einen freien Zustrom der Verbrennungsluft. Die Verbrennung von Holz ist nur bedingt möglich. Die Holzscheite müssen sehr kurz gesägt werden.

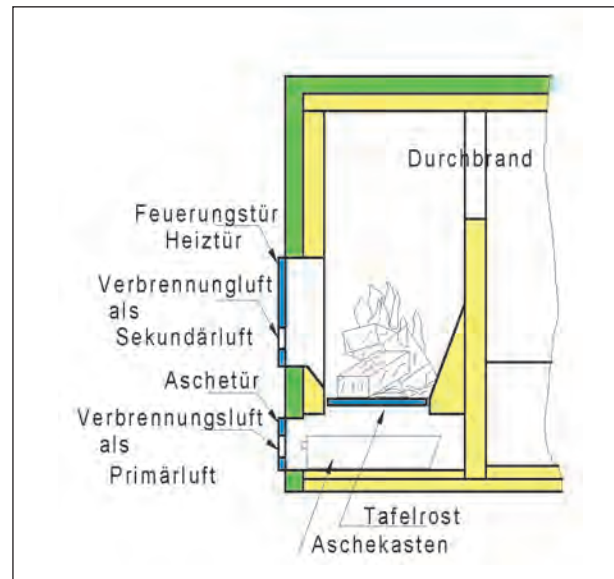
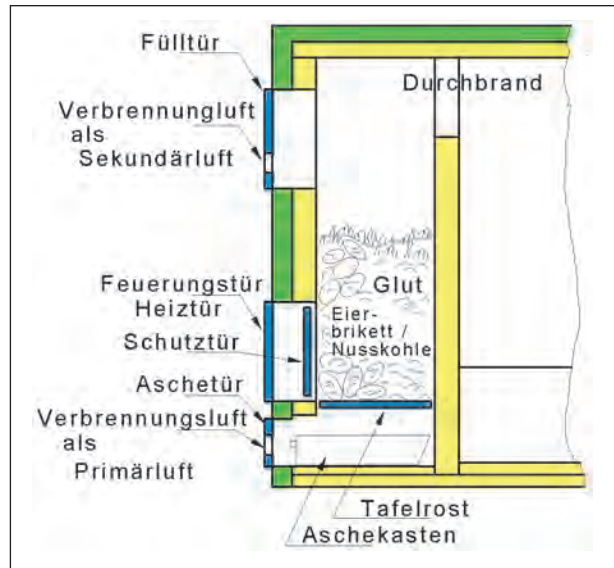


Abbildung 6: Füllfeuerungen haben eine Grundfläche, die der Rostgröße entspricht. Die Zufuhr der Primärluft erfolgt wie bei der Muldenfeuerung über den Rost. Die Sekundärluft wird, damit sie in die Flammenspitzen geleitet werden kann, über die Verbrennungsluftöffnung in der Fülltür zugeführt. Eine Füllfeuerung ist für den reinen Holzbrand nicht geeignet.



2.1.4 Möglichkeiten die Verbrennungsqualität zu verbessern

Ein Nachrüsten der Verbrennungsluftleitung ist nur bei einem Umsetzen des analysierten Ofens möglich. Dann ist es jedoch problemlos machbar. Gerade bei Öfen mit einer belüfteten Bodenfläche bietet es sich an, den Verbrennungsluftstutzen einschließlich der notwendigen Absperrklappe unter dem Ofen zu montieren. Wird ein entsprechendes Feuergeschränk eingesetzt, ist auch eine elektrische Ofensteuerung und eine externe Verbrennungsluftzufuhr von außen möglich. Da bei einem Grundofen keine Druckprobe gemacht werden kann, darf man aber nicht von einer Raumluftunabhängigen Anlage sprechen.

2.1.5 Auswirkung des Ausbaumaterials auf die Verbrennung

Das Ausbaumaterial soll die Wärme aus den Heizgasen schnell aufnehmen, an die Ofenoberfläche leiten und dort langsam an die Raumluft abgeben. Die durch die verzögerte Wärmeabgabe überschüssige Wärme muss gespeichert werden.

Durch eine zu große Wärmeabgabe auf Grund zu großer Heizflächen oder einer gegenüber der Berechnung angenommen größeren Wärmeleitfähigkeit, kommt es zu einer zu starken Abkühlung der Heizgase im Brennraum. Dabei kommt es zur Bildung von Kohlenstoffmonoxid. Eine zu hohe Verbrennungstemperatur führt zu Stickoxiden. Ursache kann eine zu große Fläche mit Faserdämmstoffen im Feuerraum sein.

2.1.6 Brennstoffaufbereitung

Das im Brennstoff, vor allem im Holz gebundene Wasser verdampft bei der Verbrennung. Dabei wird den Brenngasen Wärme entzogen. Es kommt zur Unterschreitung der Verbrennungstemperatur und somit zu Bildung von Kohlenstoffmonoxid.

Zu große Holzscheite (> 20cm Umfang) verbrennen zu langsam. Auch dadurch kommt es zu einer niedrigen Verbrennungstemperatur und damit verbunden zu einer schlechten Verbrennung. Die niedrigen Verbrennungstemperaturen können auch Ursache für Glanzrußbildung in den Heizgaszügen sein.

2.2 Schadensanalyse

2.2.1 Möglichkeit der Fehlerbeseitigung

Die Ursache der Rissbildung sind die fehlenden Dehnungsfugen am Innenausbau (Dehnungsausgleich).

Die Ausdehnung der Türzarge wird durch die vergrößerte Aussparung im Kachelmantel kompensiert. Zur Abdichtung gegen Falschlufteintritt werden die Fugen mit Keramikfaserschnur verfüllt.

2.2.2 Ausdehnung – maßgebende Faktoren

Maßgebend für die Ausdehnung eines festen Stoffes ist der Ausdehnungskoeffizient, die Temperaturdifferenz und die Maße (Länge, Breite, Höhe) des Stoffes.

2.2.3 Anordnung der Dehnungsfugen

Die Feuerraumwand dehnt sich in der Länge und in der Höhe aus. Die Ausdehnung in die Tiefe ist nicht relevant. Wichtige Punkte für die Dehnungskompensation sind die Stirnseiten der Feuerraum- und Zugwände sowie die Fugen zwischen Kachelwand/Schamottewand und dem Feuergeschränk.

Die Längendehnung des Schamottevorschubs wird an den Stirnseiten der Schamotteplatten eingeplant. Bei der Zugtrennung ist die gesamte Länge des Ofens zu berücksichtigen.

Die Dehnung des Rostes wird durch eine mindestens 5 mm breite umlaufende Fuge aufgefangen. (Vergl. TROL 2006)

2.2.4 Längendehnung

a) Längendehnung (a) des Schamotteausbaus

Ausdehnungskoeffizient (α) lt. Tabelle 0,0056 mm/m·K;

Länge der Schamottewand (l) 0,78 m;

Temperaturdifferenz ($\Delta\delta$) der Schamottewand ca. 800 K

$$\begin{aligned} a &= \alpha \cdot l \cdot \Delta\delta \\ a &= 0,0056 \text{ mm} \cdot 0,78 \text{ m} \cdot \\ & 800 \text{ K} \\ a &= 3,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Die Dehnungskompensation durch die vorhandenen Lehmfugen ist nicht ausreichend. Durch Schwundrisse sind maximal 10% der Lehmfuge als Dehnungskompensation anzurechnen. 10% von 30 mm Lehmfuge entsprechen 3 mm Dehnungsfuge.

b) Längendehnung (a) des Tafelrostes

Ausdehnungskoeffizient (α) lt. Tabelle 0,0105 mm/m·K;

Länge des Rostes (l) 0,34 m;

Temperaturdifferenz ($\Delta\delta$) des Rostes ca. 600 K

$$\begin{aligned} a &= \alpha \cdot l \cdot \Delta\delta \\ a &= 0,0105 \text{ mm} \cdot 0,34 \text{ m} \cdot \\ & 600 \text{ K} \\ a &= 2,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

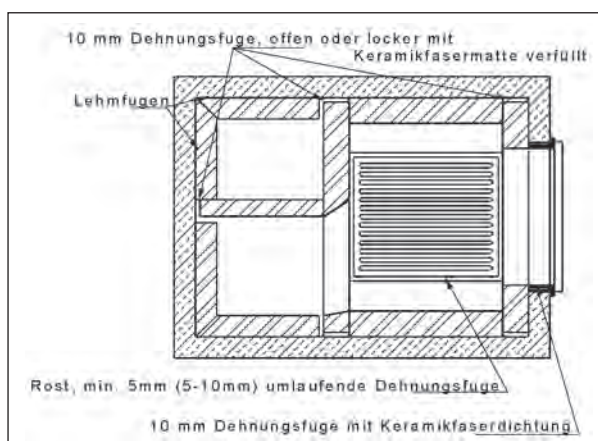
2.2.5 Nachwachsen des Rostes

Während des Verbrennungsablaufs nimmt das Gusseisen des Rostes Kohlenstoff aus dem Brennstoff auf. Dadurch vergrößert sich das Volumen des Rostes und die Dehnungsfuge verringert sich. Da das Gusseisen immer kohlenstoffhaltiger wird versprödet der Rost immer mehr.

Wird der Rost nicht bei Bedarf abgeschliffen ist die Dehnungskompensation aufgehoben. (Vergleiche auch Nachwachsen der Brennerringe in einem Ölverdampfungsbrenner). Als Folge drückt der Rost die Ofenverkleidung auseinander oder er wölbt sich und zerbricht.

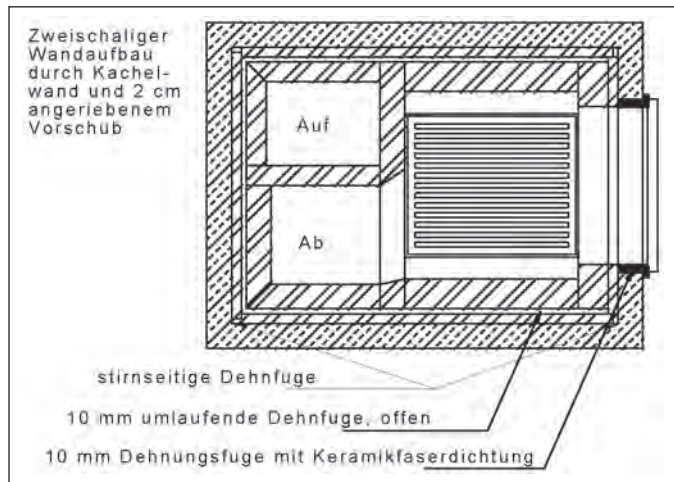
Schaubilder: Grundofenausbau – Dehnungskompensation

Als Dehnungskompensation bieten sich verschiedene Lösungen an. Mit entscheidend ist die Bauart des Grundofens.



Kompensation der Längendehnung durch Dehnungsfugen an den Stirnseiten der Ausmauerung

Abbildung 7: Lösungsvariante für einen mittelschweren Grundofen mit angeriebenem Vorschub im Feuerraum und in den Zügen.



Kompensation der Längendehnung durch eine umlaufende Dehnungsfuge zwischen Kachelmantel und Ausmauerung

Abbildung 8: Lösungsvariante für einen schwer gebauten Grundofen mit freistehendem Feuerraum

Die Feuerraumwand, bzw. der Vorschub der ersten Heizgaszüge müssen sich frei ausdehnen können. Der darüber angeordnete Zugausbau darf nicht auf der Feuerraumwand aufliegen, denn durch das Gewicht der Keramikfasermatten werden direkt aufgesetzte Schamottesteine zusammengedrückt, dadurch ist die Dehnungskompensation nicht gewährleistet.

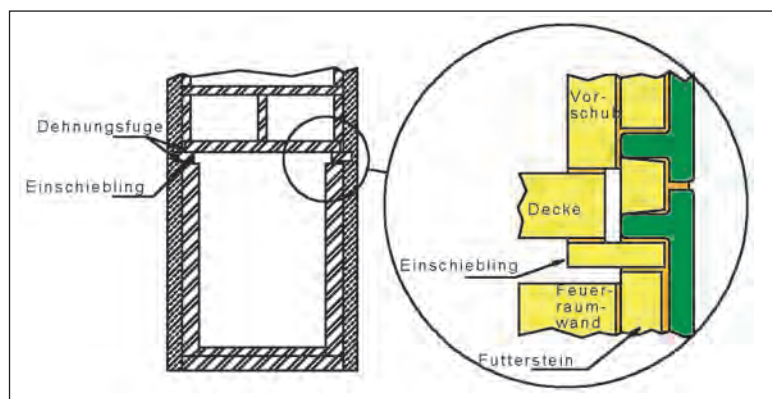


Abbildung 9: Dehnungskompensation in der Höhe

2.3 Abgasführung

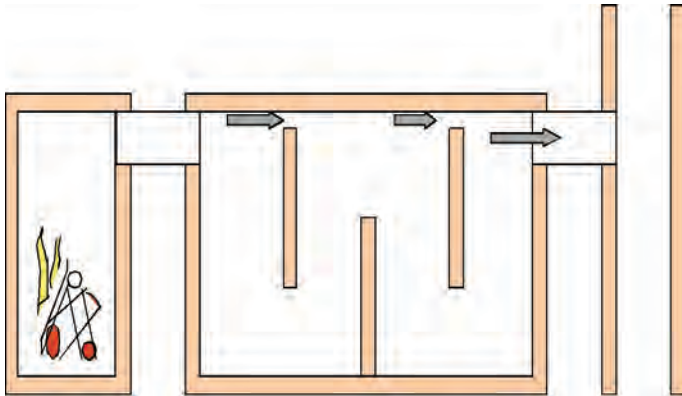
2.3.1 Einflüsse auf den Schornsteinzug

Um eine sichere Abgasführung zu gewährleisten muss das Zugsystem entsprechend der Brennstoffmenge ausgelegt werden. Bei ungünstigen Zugbedingungen sollte eine Anheizklappe eingebaut werden. Ungünstig wirkt sich beispielsweise eine niedrige Schornsteinhöhe aus. Auch eine Hanglage des Gebäudes, umstehende höhere Gebäude oder hohe Bäume können durch Fallwinde eine negative Auswirkung auf den Schornsteinunterdruck haben.

Bei einzügigen Schornsteinen kommt es nach einer längeren Heizpause immer wieder zu Zugstörungen beim ersten Anheizen. Etwa zehn Minuten nach dem Anheizen kommt es zu einem Zurückdrücken der Abgase. Dies ist unabhängig davon, ob der Ofen mit einer Anheizklappe ausgestattet ist. Auch ein so genanntes „Lockfeuer“ hilft nicht. Ursache ist die Feuchtigkeit an der Schornsteinwand. Mit dem Anstieg der Abgastemperatur verdampft das Wasser und das Abgasvolumen vervielfacht sich. Der Schornsteinquerschnitt ist nun faktisch zu klein. In diesem Fall sollte der Betreiber darauf hingewiesen werden, dass er vor der Heizperiode den Schornstein durch Belüften austrocknet.

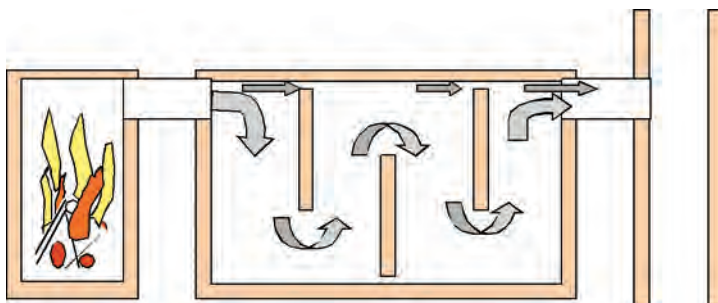
2.3.2 Bypass

In der Zeichnung der Situationsdarstellung ist kein Bypass vorhanden. Der Bypass soll Schwelgase steigend und auf dem kürzesten Weg zum Schornstein abführen. Sammeln sich die Schwelgase und kommt es durch Sauerstoffzufuhr zum Durchzünden, kann das zu einer Verpuffung führen. Die starke Rissbildung am dargestellten Ofen könnte auch durch eine Verpuffung verursacht worden sein.



Der Querschnitt des Bypasses ist nach TROL zu ermitteln. Der Bypass kann mit einer Anheizklappe kombiniert werden. Dazu ist die Klappe in entsprechender Größe zu kürzen. Die Anordnung ist der Ausführungszeichnung unter Punkt 4.4 zu entnehmen.

Abbildung 10: Wirkungsweise des Bypasses in der Anheizphase und in der Glutphase.



In der Anheizphase zieht das geringe Heizgasvolumen über den Bypass zum Schornstein. Dabei steigt die Abgastemperatur und die Auftriebskraft wird stärker. Sie reicht nun aus, um die Widerstände des Zugsystems zu überwinden.

Abbildung 11: Wirkungsweise des Bypasses in der Abbrandphase

2.3.3 Anheizklappe

In der Anheizphase ist die Auftriebskraft des Schornsteins auf Grund der noch niedrigen Abgastemperatur sehr gering. Besonders der Sturzzug bildet einen großen Widerstand. Die Anheizklappe bildet eine Kurzschlussstrecke zur Umgehung des Sturzzuges.

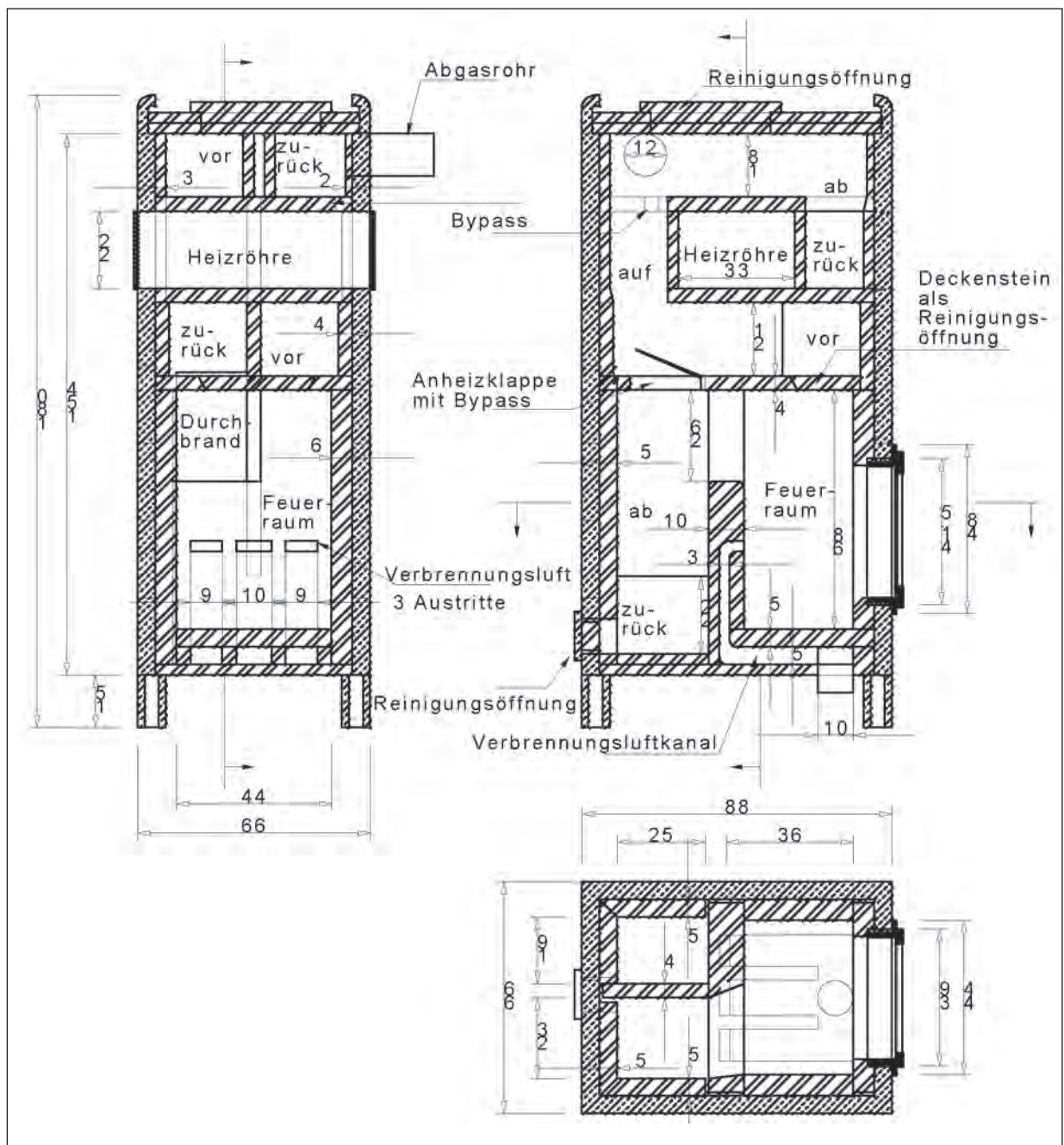
Eine dicht schließende Abspercklappe am Ende der Heizgaszüge ist nur bei einem als Backofen genutzten Holzbrandofen mit Gewölbe zulässig (vgl. Abb. 8).

2.3.4 Reinigungsöffnungen

Reinigungsöffnungen sind so anzubringen, dass alle Heizgaszüge einfach zu reinigen und zu kontrollieren sind. Ein verdeckter Einbau im Ascheraum, in der Feuerraumdecke (siehe Ausführungszeichnung) oder in der Wärmeröhre ist möglich.

Ausführungszeichnung:

Für einen mittelschweren Grundkachelofen mit rostloser Feuerung zur Verbrennung von Scheitholz. Die exakte Anordnung der Reinigungsöffnungen, der Anheizklappe sowie des Bypass sind beim Bau zu überprüfen.



Lernsituation 3 - Ofenplanung

Kundenauftrag

Da der vorhandene Ofen im Stil der zwanziger Jahre auf Grund der Schadensanalyse umgesetzt werden muss, entscheidet sich der Kunde Schubert für eine Renovierung des Ofens.

Die Kachelware und die äußere Form des Ofens sollen erhalten bleiben. Allerdings wünscht sich der Kunde eine Feuerungstür mit einem großen Sichtfenster. Der Innenausbau soll eine möglichst schadstoffarme Verbrennung bewirken und dem Stand der Technik entsprechen. Es besteht von Seiten des Kunden das Interesse am Einbau einer elektronischen Ofenregelung / Ofensteuerung.

Aufgabenbeschreibung

- | | |
|-----|---|
| 3.1 | Legen Sie die Auslegungs- und Planungsdaten für den Umbau des Ofens fest. |
| 3.2 | Berechnen Sie die Heizfläche des bestehenden Ofens. |
| 3.3 | Ermitteln Sie die Nennwärmeleistung nach TROL. |
| 3.4 | Bestimmen Sie die Feuerungsdaten: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Brennstoffmenge ▶ Brennstoffdurchsatz ▶ Abgasmassenstrom ▶ Verbrennungsluftvolumenstrom |
| 3.5 | Berechnen Sie die Feuerraumabmessungen und Planen den Einbau in den Ofenmantel: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Feuerrauminnenfläche ▶ Korrigierte Innenfläche ▶ Brennfläche: <ul style="list-style-type: none"> - minimale Brennfläche - maximale Brennfläche - tatsächliche Brennfläche ▶ Feuerraumhöhe: <ul style="list-style-type: none"> - minimale Feuerraumhöhe - maximale Feuerraumhöhe - tatsächliche Feuerraumhöhe |
| 3.6 | Berechnen Sie die keramischen Heizgaszüge: <ul style="list-style-type: none"> ▶ minimaler Zugquerschnitt ▶ maximaler Zugquerschnitt ▶ gewählter, mittlerer Zugquerschnitt: <ul style="list-style-type: none"> - Querschnitt erster Zug - Seitenlänge erster Zug - Querschnitt letzter Zug - Seitenlänge letzter Zug ▶ minimale Zuglänge ▶ tatsächliche Zuglänge ▶ Bypassquerschnitt und Seitenlängen des Bypasses |
| 3.7 | Ermitteln Sie den notwendigen freien Querschnitt der Verbrennungsluftöffnung <ul style="list-style-type: none"> ▶ Vergleichen Sie den Verbrennungsluftquerschnitt des Feuergeschränkes mit dem benötigten freien Querschnitt. ▶ Errechnen Sie den Durchmesser des Anschlussstutzens für den noch zu deckenden Verbrennungsluftbedarf. ▶ Überprüfen Sie Möglichkeiten, die fehlende Verbrennungsluft dem Feuerraum zuzuführen. |
| 3.8 | Präsentieren Sie dem Kunden den neuen Ofen in einer Perspektivzeichnung. |

3.9	Fertigen Sie die Ausführungszeichnung für den umzubauenden Ofen an.
3.10	Überprüfen Sie den Einbau einer elektronischen Ofenregelung <ul style="list-style-type: none"> ▶ Beschreiben Sie die Einbauvoraussetzungen ▶ Fertigen Sie ein Schaltschema für die Ofenregelung ▶ Präsentieren Sie eine Materialliste der Bauteile für die Ofenregelung
3.11	Überprüfen und diskutieren Sie den Einbau eines industriell gefertigten und geprüften Feuer- raumes für Grundöfen, erörtern Sie Vor- und Nachteile.

Lösung: Umsetzplanung – Berechnungsablauf

(Die Berechnungen können zur Vertiefung mit branchenüblicher Software durchgeführt werden)

3.1 Auslegungsdaten / Planungsdaten

*Bauart: mittelschwer; Wanddicke: im Feuerraum 11cm, im ersten Zug 10 cm; im letzten Zug 7 cm
spezifische Nennwärmeleistung ($q_{GO, spez.}$): 0,75 kW/m²*

Brennstoff: Holz/Scheitholz, gemischt; Heizwert (H_w): 4,0 kWh/kg

Speicherdauer (t_N): 8 h

angenommene Abbrandzeit (t_p): 1,1 h

angenommener feuerungstechnischer Wirkungsgrad (η): 76% (0,76)

angenommene Schornsteineintrittstemperatur: 180°C

Eintrittstemperatur im ersten Zug (t_{HGZ1}): 650°C

Luftüberschuss zur Festlegung des Abgasmassenstromfaktors:

Luftüberschuss (λ): 2,8 -fach (-)

Faktor (a_m): 4,13 (g/s) / (kg/h)

spezifischer Verbrennungsluftvolumenstrom $VB_{spez.}$: 12,5 (m³/h)/(kg/h)

gewähltes Feuergeschränk: Brula Grundofentür GT06

Sichtfenster: 32 cm / 36 cm = 1152 cm²

Ein Teil der Verbrennungsluft wird als Scheibenspülung über die Heiztür zugeführt. In der Anheiz- phase soll der Ofen eine zusätzliche, vorgewärmte Verbrennungsluft über die Feuerraumrückwand erhalten. Der Anschluss erfolgt an der Ofenunterseite. Die Leitung kann über eine Klappe im An- schlussrohr geschlossen werden.

3.2 Heizflächenberechnung (A_{GO}) für einen bestehenden Kachelgrundofen

Ofengröße: 3 x 4 x 7 Kacheln (22/22 cm)

aktive Heizfläche (A_{GO})

Mantel: $2 \cdot (66 \text{ cm} + 88 \text{ cm}) \times 154 \text{ cm} =$ 4,74 m²

Decke: $66 \text{ cm} \times 88 \text{ cm} =$ 0,58 m²

Boden, nur im Zugbereich: $35 \text{ cm} \times 66 \text{ cm} =$ 0,23 m²

Heizröhre: $2 \cdot (22 \text{ cm} + 33 \text{ cm}) \times 66 \text{ cm} = 7260 \text{ cm}^2 = 0,726 \text{ m}^2$

angerechnet: $0,5 \times 0,726 \text{ m}^2 =$ 0,36 m²

aktive Heizfläche (A_{GO}) 5,91 m²

3.3 Nennwärmeleistung (Q_N)

Nennwärmeleistung:

$$Q_N = A_{GO} \cdot q_{GO, spez}$$

$$Q_N = 5,91 \text{ m}^2 \times 0,75 \text{ kW/m}^2$$

$$Q_N = 4,43 \text{ kW}$$

Da das Sichtfenster nur während der Abbrandphase Wärme abgibt, mindert sich die Nennwärmeleistung. Während der Abbrandphase ergibt sich durch die Abstrahlung des Sichtfensters eine erhöhte Wärmeabgabe.

Nennwärmeleistung, durch Sichtfenster gemindert:

Aktive Heizfläche	5,91 m ²
abzüglich Sichtfenster	<u>0,12 m²</u>
verminderte Heizfläche ($A_{GO,red.}$)	<u>5,79 m²</u>

reduzierte Nennwärmeleistung

$$Q_{N, red.} = A_{GO, red.} \cdot q_{GO, spez}$$

$$Q_{N, red.} = 5,79 \text{ m}^2 \times 0,75 \text{ kW/m}^2$$

$$Q_{N, red.} = 4,34 \text{ kW}$$

3.4 Feuerungsauslegung

Brennstoffmenge (m_B):

$$m_B = \frac{Q_N \cdot t_N}{H_u \cdot t_F}$$

$$m_B = \frac{4,34 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h}}{4,0 \text{ kWh/kg} \cdot 0,76}$$

$$m_B = \underline{\underline{11,4 \text{ kg}}}$$

Brennstoffdurchsatz (\dot{m}_B):

$$\dot{m}_B = \frac{m_B}{t_F}$$

$$\dot{m}_B = \frac{11,4 \text{ kg}}{1,1 \text{ h}}$$

$$\dot{m}_B = \underline{\underline{10,4 \text{ kg/h}}}$$

Abgasmassenstrom (\dot{m}_{Abg}):

$$\dot{m}_{Abg} = a_m \cdot \dot{m}_B$$

$$\dot{m}_{Abg} = 4,13 \text{ (g/s)/(kg/h)} \cdot 10,4 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_{Abg} = \underline{\underline{43,0 \text{ g/s}}}$$

Verbrennungsluftvolumenstrom (\dot{V}_B):

$$\dot{V}_B = \dot{V}_{B, spez.} \cdot \dot{m}_B$$

$$\dot{V}_B = 12,5 \text{ (m}^3/\text{h)/(kg/h)} \cdot 10,4 \text{ kg/h}$$

$$\dot{V}_B = \underline{\underline{130,0 \text{ m}^3}}$$

3.5 Feuerraumberechnung

Feuerrauminnenfläche (A_{OFR}):	$A_{OFR} = \dot{m}_B \cdot 1260 \text{cm}^2 / (\text{kg} / \text{h})$ $A_{OFR} = 10,4 \text{kg} / \text{h} \cdot 1260 \text{cm}^2 / (\text{kg} / \text{h})$ $\underline{A_{OFR} = 13104 \text{cm}^2}$
Feuerrauminnenfläche abzüglich Sichtfenster ($A_{OFR, ges.}$):	$A_{OFR, ges.} = A_{OFR} - 0,7 \cdot A_{Glas}$ $A_{OFR, ges.} = 13104 \text{cm}^2 - 0,7 \cdot 1152 \text{cm}^2$ $A_{OFR, ges.} = 13104 \text{cm}^2 - 806 \text{cm}^2$ $\underline{A_{OFR, ges.} = 12298 \text{cm}^2}$
Brennfläche (A_{FR}):	$A_{FR} = \dot{m}_B \cdot 140 \text{cm}^2 / (\text{kg} / \text{h})$ $A_{FR} = 10,4 \text{kg} / \text{h} \cdot 140 \text{cm}^2 / (\text{kg} / \text{h})$ $\underline{A_{FR} = 1456 \text{cm}^2}$
Brennfläche, minimal:	$\underline{A_{FR, min} = 1310 \text{cm}^2}$
Brennfläche, maximal:	$\underline{A_{FR, max} = 1820 \text{cm}^2}$
Brennfläche, tatsächlich:	$A_{FR, tats.} = l_{FR} \cdot b_{FR}$ $A_{FR, tats.} = 44 \text{cm} \cdot 31 \text{cm}$ $\underline{A_{FR, tats.} = 1364 \text{cm}^2}$
Feuerraumhöhe (h_{FR}):	$h_{FR} = \frac{(A_{OFR} - 2 \cdot A_{FR})}{U_{FR}}$ $h_{FR} = \frac{12298 \text{cm}^2 - 2 \cdot 1364 \text{cm}^2}{150 \text{cm}}$ $\underline{h_{FR} = 63,8 \text{cm}}$
Feuerraum, minimal ($h_{FR} - 5\%$):	$\underline{h_{FR, min} = 60,6 \text{cm}}$
Feuerraumhöhe, maximal ($h_{FR} + 7\%$):	$\underline{h_{FR, max} = 68,3 \text{cm}}$

3.6 Berechnung der keramischen Heizgaszüge

Für die Zugberechnung der Grundöfen ist die Auslegung nach Diagramm 1 und 3 nicht praktikabel. Die Berechnung erfolgt daher über die Ermittlung des minimalen und des maximalen Zugquerschnitts. Die Zuglänge wird über den Faktor „Querschnitt / Zuglänge“ ermittelt. Diese Berechnungsvariante ermöglicht die optimale Anpassung an vorhandene Gegebenheiten.

$$\begin{aligned} \text{Minimaler Zugquerschnitt } (A_{Z,\min}): \quad A_{Z,\min} &= 2,7 \cdot \sqrt{\vartheta_{HG} \cdot \dot{m}_{Abg}} \\ A_{Z,\min} &= 2,7 \cdot \sqrt{650 \cdot 43,0} \\ A_{Z,\min} &= 2,7 \cdot \sqrt{27950} \\ A_{Z,\min} &= 2,7 \cdot 167,1 \\ \underline{\underline{A_{Z,\min} &= 451,4\text{cm}^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximaler Zugquerschnitt } (A_{Z,\max}): \quad A_{Z,\max} &= 11,8 \cdot \sqrt{\vartheta_{HG} \cdot \dot{m}_{Abg}} \\ A_{Z,\max} &= 11,8 \cdot 167,1 \\ \underline{\underline{A_{Z,\max} &= 1972\text{cm}^2}} \end{aligned}$$

Der gewählte, mittlere Zugquerschnitt muss zwischen dem minimalen und dem maximalen Zugquerschnitt liegen. Dadurch kann der Querschnitt an örtliche Gegebenheiten angepasst werden. Gewählt wird hier der minimale Zugquerschnitt. Er ist der Ausgangswert für weitere Berechnungen.

$$\text{Querschnitt erster Zug } (A_{Z,1}): \quad A_{Z,1} = 1,3 \cdot A_{Z,\text{mit}}$$

$$\begin{aligned} \text{Seitenlänge erster Zug:} \quad b_{Z,1} &= 23\text{cm} & t_{Z,1} &= A_{Z,1} : b_{Z,1} \\ & & t_{Z,1} &= 592\text{cm}^2 : 23\text{cm} \\ & & \underline{\underline{t_{Z,1} &= 26\text{cm}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Querschnitt letzter Zug } (A_{Z,\text{letzt}}): \quad A_{Z,\text{letzt}} &= 0,8 \cdot A_{Z,\text{mit}} \\ A_{Z,\text{letzt}} &= 0,8 \cdot 455\text{cm}^2 \\ \underline{\underline{A_{Z,\text{letzt}} &= 364\text{cm}^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seitenlänge letzter Zug:} \quad h_{Z,\text{letzt}} &= 18\text{cm} & b_{Z,\text{letzt}} &= A_{Z,\text{letzt}} : h_{Z,\text{letzt}} \\ & & b_{Z,\text{letzt}} &= 364\text{cm}^2 : 18\text{cm} \\ & & \underline{\underline{b_{Z,\text{letzt}} &= 20,2\text{cm}}} \end{aligned}$$

Faktor „Querschnitt : Länge“ $f_{A/l}$ laut Diagramm (TROL)
Eintrittstemperatur $t_{HGZ1} = 650^\circ\text{C}$; $f(A/l) = 73,5$

$$\begin{aligned} \text{Minimale Zuglänge } (l_{Z,\min}): \quad l_{Z,\min} &= \frac{A_Z}{f_{A/l}} \\ l_{Z,\min} &= \frac{455}{73,5} \\ \underline{\underline{l_{Z,\min} &= 6,2\text{m}}} \end{aligned}$$

tatsächliche Zuglänge ($l_{Z,tats.}$)	$l_{Z,tats.} = 5,62m$	
Bypassquerschnitt (A_{By}):	$A_{By} = 0,07 \cdot A_Z$ $A_{By} = 0,07 \cdot 455$ $A_{By} = 32cm$	
Bypass Seitenlängen:	$l_{By} = 8,0cm$	$b_{BY} = A_{By} : l_{By}$ $b_{BY} = 32,0 : 8,0$ $b_{BY} = 4,0cm$

3.7 Freier Querschnitt der Verbrennungsluftleitung

benötigter Querschnitt der Verbrennungsluftleitung (A_{vbl}):
 vorausgesetzte Einströmgeschwindigkeit (w): 1,5m/s
 Verbrennungsluftvolumenstrom (\dot{V}_B): 130m³/h
 Zeitfaktor : 3600s/h

Querschnitt der Verbrennungsluftleitung: $A = \frac{\dot{V}}{w \cdot 3600}$

$$A = \frac{130}{1,5 \cdot 3600}$$

$$A = 0,0207m^2 \quad \text{oder} \quad A = 207cm^2$$

Durch das Feuergeschränk stehen 130cm² freie Fläche zur Verfügung. 77cm² freie Fläche benötigt die zusätzliche Verbrennungsluftleitung.

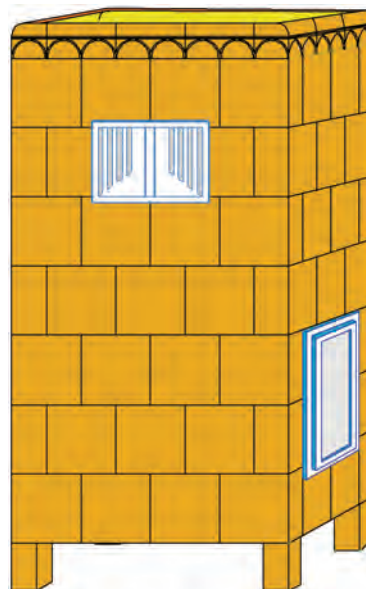
Durchmesser des Anschlussstutzens (d_{vbl}): $d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 77cm^2}{3,14}}$$

$$d = 9,9cm \quad \text{oder} \quad d = 99mm$$

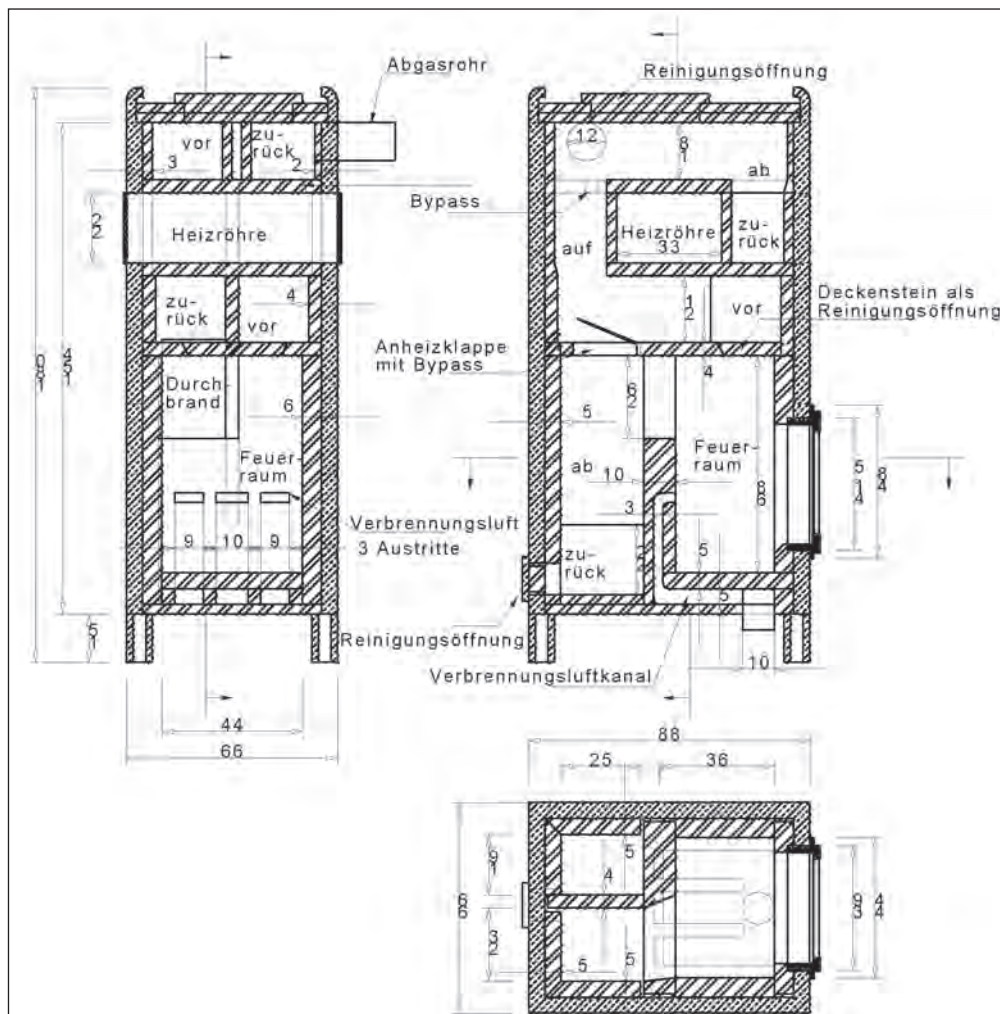
3.8 Ansicht in einer Kabinettperspektive

Gegebenenfalls sind den Schülern Hinweise und Beispiele für Perspektivdarstellungen auf einem Arbeitsblatt an die Hand zu geben.



3.9 Ausführungszeichnung

Freistehender Grundkachelofen im Stil der zwanziger Jahre. Renoviert, mit Holzbrandfeuerung und gesonderter Verbrennungsluftzufuhr. Feuergeschränk mit Sichtfenster.



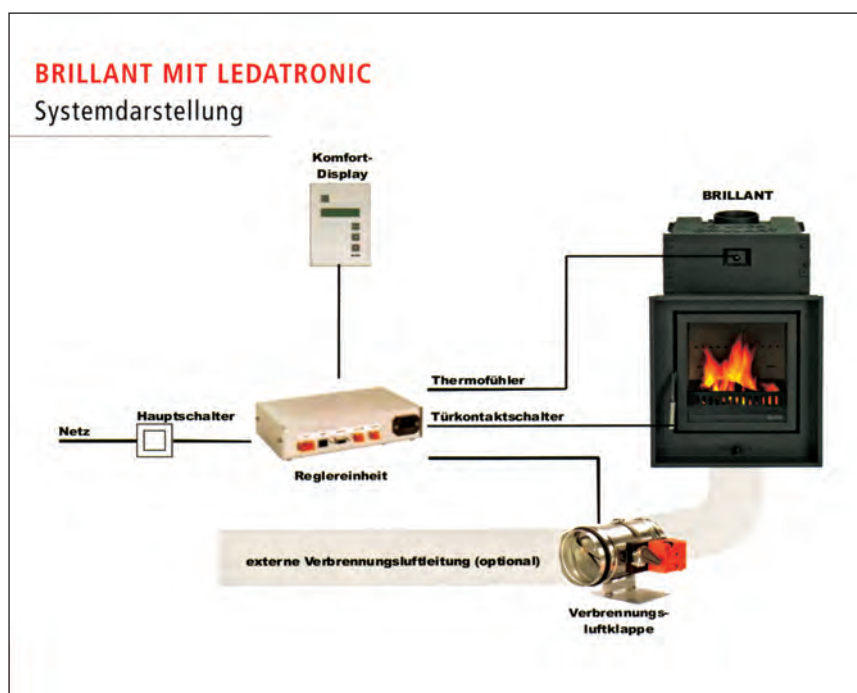
3.10 Ofensteuerung / Ofenregelung

Prinzipiell ist der Einbau einer Ofensteuerung im Grundofen möglich. Auch beim Ofen Schubert ist der Einbau eines Feuergeschränks mit der Option einer Ofensteuerung oder Regelung zu realisieren. Allerdings ist in diesem Fall mit einer nachteiligen optischen Wirkung zu rechnen (unverhältnismäßig großer Einbaurahmen). Probleme könnte auch die Einbautiefe bereiten.

Einbauvoraussetzungen

Als Voraussetzung für den Einbau einer Ofensteuerung ist die Verwendung eines geeigneten Feuergeschränks zu sehen. In Frage kommen zum Beispiel Leda LGT 2001 oder Brunner HKD 5.1/12. Der Anschluss einer externen Verbrennungsluftleitung sollte obligatorisch sein.

Schalt- und Einbauschema einer Ofensteuerung Beispiel Ledatronik 2 mit Unterdruckkontroller



Materialliste / Bauteile der Ofenregelung

- Displaygehäuse als Unterputzversion
- LT2-Regelcomputer im Gehäuse
- Verbrennungsluftklappe mit Stellmotor
- Thermoelement mit 3 m Thermoleitung
- Gerätestecker für Netzanschluss
- Datenleitung 7 m
- Montageadapter für Thermoelement
- 30 cm Flexrohr (ausziehbar auf 1 m)
- 2 Rohrschellen

3.11 Grundofenfeuerung mit vorgefertigten Bauteilen

Diese Feuerräume sind zeitsparend einzubauen. Die Verbrennungsqualität ist bei den meisten Herstellern durch eine Prüfung auf anerkannten Prüfständen nachgewiesen. Dadurch ist in der Regel der Einbau in Baugebieten mit eingeschränktem Verbrennungsverbot zulässig.

Nachteilig wirkt sich gelegentlich die Bindung an Form und Maße aus.

Fertigfeuerräume werden von mehreren Herstellern angeboten und bieten damit eine individuelle Planungsgrundlage.



Beispiel: Datenblatt für einen geprüften Grundofen - Feuerraum

OI Grundofenfeuerräume (Fortsetzung)

OI Grundofen-Planungshilfe
Überschlägige Grundofendimensionierung entsprechend den Fachregeln. Vor dem Bau des Grundofens muss die ausführliche Berechnung nach den Fachregeln vorgenommen werden (z.B. nach HAPROF)

Technische Daten	SJK	SJL	Smart	SNK	SNL	SHK	SHL	MNK	MNL	MHK	MHL	BJK	BNK	
Brennstoffmenge	max kg	10	15	8	10	15	10	15	20	15	20	10	15	
	min kg	4	5	3	4	5	4	5	8	5	8	4	5	
Heiztechnische Daten:														
geeignet für Heizflächen Größe von	max ca. W/m ²	5	7,5	5	5	7,5	5	7,5	7,5	10	7,5	10	5	7,5
mittlere spez. Wärmeabgabe	max ca. kW/m ²	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
mittlere stündliche Wärmeabgabe	max ca. kW	4	6	4	4	6	4	6	6	8	6	8	4	6
Nachheizfläche:														
Zuglänge	ca. m	4,3	5,5	4,3	4,3	5,5	4,3	5,5	5,5	6,5	5,5	6,5	4,3	5,5
Querschnitt erster Heizgaszug	max ca. cm ²	400	670	400	400	670	400	670	670	700	670	700	570	670
Querschnitt letzter Heizgaszug	ca. cm ²	225	324	225	225	324	225	324	350	350	324	350	350	350
erforderlicher Schornsteinquerschnitt ²⁾ /Durchmesser	ca. cm ² (cm)	ø 16	ø 18	ø 16	ø 16	ø 18	ø 16	ø 18	ø 20	ø 18	ø 20	ø 16	ø 18	
Maße des Grundofenfeuerraumes:														
Höhe Korpus	mm	711	711	961	836	836	961	961	836	836	961	961	711	836
Breite Korpus	mm	460	460	460	460	460	460	550	550	550	550	730	730	
Gesamttiefe einschließlich Türgriff	mm	653	833	653	653	833	653	833	653	833	653	833	653	
max Holzschichtlänge	cm	33	55	33	33	55	33	55	33	55	33	55	55	
Gewichte:														
Gewicht Schamotte + Dämmplatten	kg	129	163	151	129	163	151	192	137	171	164	205	118	138
Gewicht Brennraum mit Tür o. Schamotte	kg	54	57	59	54	57	59	62	59	62	65	68	64	68
Gesamtgewicht	kg	183	220	210	183	220	210	254	196	233	229	273	183	206
Freier Querschnitt der Verbrennungsluftöffnung														
	cm ²	150	150	150	150	150	150	170	170	170	170	205	205	
Daten für die Schornsteinbemessung nach DIN 4705 und Zugberechnung														
Abgasmassenstrom	ca. g/s	18	27,4	15	18	27,4	18	27,4	27,4	36,4	27,4	36,4	18	27,4
Abgastemperatur	°C	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
am Feuerraum zum Zug	°C	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
nach dem keramischen Zug (Sollwert)	°C	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mindestförderdruck (Schornsteinzug)	Pa	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
bei Nennwärmeleistung	Pa	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
bei 0,8-facher Nennwärmeleistung	Pa	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

²⁾ Anhaltswert, gültig bei Schornsteinausführungsart Typ 2 (zweischalig) und wirksamer Schornsteinhöhe von 6-8 m.

Die Prüfungen der OI-Feuerräumen wurden mit einem fertigen Zug 18x18 cm durchgeführt. Sie können als System zum Einsatz kommen wenn die Ofenberechnung dies ermöglicht. Eine Anheizklappe ist bei den großen Feuerraumtüren zum rauchfreien Nachlegen immer erforderlich!