

Überprüfung der Abstandsregeln  
zwischen Schornsteinen und Bauteilen  
mit brennbaren Baustoffen

**T 2408**

T 2408

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



12.9

**BERICHT AUS DEM**

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK**

**WB 68/1991**

**Überprüfung der Abstandsregeln zwischen  
Schornsteinen und Bauteilen mit brennbaren  
Baustoffen**

**C. Schmidt  
M. Beckert  
H. Erhorn**

**Im Auftrage des  
Instituts für Bautechnik (IfBt), Berlin**

# Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Institutsleiter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Karl A. Gertis

Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten · Forschung, Prüfung und Beratung auf dem Gebiet der Bauphysik

IBP-Bericht WB 68/1991

Überprüfung der Abstandsregeln zwischen Schornsteinen und Bauteilen mit brennbaren Baustoffen.

Untersuchungen durchgeführt  
im Rahmen des Forschungsvorhabens  
"Abstandsregeln zwischen Schornsteinen und Bauteilen"  
(Projekt-Nr.: 103 276 "Abstandsregeln")

Das Vorhaben wurde gefördert durch das  
Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin  
(Geschäftszeichen: IV 1-5-245/80)

Der Bericht umfaßt:

30 Seiten

46 Tabellen

23 Bilder

Stuttgart, 31. Oktober 1991

Gruppenleiter



Dipl.-Ing. Claus Schmidt

Abteilungsleiter



Dipl.-Ing. Hans Erhorn

Institutsleiter



Prof. Dr. Dr. h. c. Karl A. Gertis

IBP-Bericht WB 68/1991

Überprüfung der Abstandsregeln zwischen Schornsteinen und Bauteilen mit brennbaren Stoffen.

von

Claus Schmidt

M. Beckert

Hans Erhorn

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)  
(Institutsleiter: Prof. Dr. Dr. h. c. Karl A. Gertis)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2. Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>3. Teiluntersuchung A</b>	<b>5</b>
3.1 Untersuchte Schornsteinsysteme	5
3.2 Zulässige Oberflächentemperaturen	7
3.3 Mindestabstände brennbarer Baustoffe von der Schornsteinaußenoberfläche	9
3.4 Versuchseinrichtung	10
3.4.1 Versuchsdurchführung und Randbedingungen	12
3.5 Versuchsergebnisse	13
3.5.1 Bewertung der Versuchsergebnisse	18
<b>4. Teiluntersuchung B</b>	<b>21</b>
4.1 Untersuchte Materialien	22
4.2 Versuchsdurchführung	22
4.3 Versuchsergebnisse	24
4.3.1 Bewertung der Versuchsergebnisse	27
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>28</b>
<b>6. Literatur</b>	<b>29</b>

## 1. Einleitung

Die Wärmeerzeugung zu Heizzwecken und zur Warmwasserbereitung in Gebäuden erfolgt, abgesehen von Fernwärmeversorgungen und Elektroheizungen, in der Regel in einer eigenen Feuerstätte (Heizkessel), wo fossile Brennstoffe wie Holz, Erdöl oder Erdgas verfeuert werden. Diese Feuerstätten sind üblicherweise in einem gesonderten Raum, dem Heizraum aufgestellt. Der Heizraum befindet sich dabei in den meisten Fällen im Keller oder bei nicht unterkellerten Gebäuden im Erdgeschoß. Der Hausschornstein hat die Aufgabe, die bei der Verbrennung entstehenden Rauchgase schadlos aus dem Gebäude, meist über Dach abzuführen. Damit der Schornstein dieser Aufgabe gerecht werden kann, muß er eine Reihe von Anforderungen erfüllen, die in [1] festgelegt sind. Eine der wesentlichen Anforderungen ist, daß Schornsteine weder die Brand- noch die Standsicherheit von Gebäuden gefährden dürfen. Daher müssen sie gewährleisten, daß sich tragende Bauteile, im Hinblick auf ihre Standsicherheit, nicht gefährlich erwärmen. In der Regel ist die räumliche Nähe von Schornsteinen mit brennbaren Materialien nicht zu vermeiden. Typische Beispiele sind der nutzungsbedingte Einbau von Mobiliar oder der Schornstein, der eine Holzbalkendecke durchdringt. Um die Brandsicherheit von Gebäuden zu gewährleisten, wurden in [1] die maximal zulässigen Temperaturen für freie Schornsteinoberflächen sowie für Oberflächen benachbarter Bauteile aus brennbaren Materialien festgelegt. Zur Einhaltung der Oberflächentemperaturen benachbarter Bauteile werden in [1] Mindestabstände angrenzender Bauteile von der Schornsteinoberfläche gefordert.

Ziel der vorliegenden Untersuchung, die sich in zwei Teile aufspaltet, ist es, in Teil A zunächst die in [1] angegebenen Abstände zu überprüfen sowie in einem weiterführenden Teil B das Entzündungsverhalten häufig verwendeter Baustoffe zu ermitteln.

## 2. Aufgabenstellung

Die Gesamtuntersuchung gliedert sich in zwei Teiluntersuchungen A und B auf:

- In Teil A sind die in [1] festgelegten Abstände brennbarer Materialien von der Schornsteinoberfläche zu überprüfen und zu bewerten. Hierzu wird ein Versuchsstand konzipiert und eingerichtet, der es erlaubt für verschiedene Schornsteintypen unterschiedliche Aufbauten und Abstände meßtechnisch zu untersuchen.
- Teil B der Untersuchung befaßt sich mit der Bestimmung von Entzündungstemperaturen häufig verwendeter Baustoffe, wenn diese über längere Zeiträume höheren Temperaturen unterhalb der Entzündungstemperatur ausgesetzt sind. Dies kommt in der Praxis häufig bei Baustoffen vor, die sich in der Nähe oder direkt auf der Schornsteinaußenoberfläche befinden können. Üblicherweise sind die Entzündungstemperaturen der Baustoffe nur bei kurzzeitiger Einwirkung von hohen Temperaturen bekannt.

## 3. Teiluntersuchung A

### 3.1 Untersuchte Schornsteinsysteme

Hausschornsteine werden in Abhängigkeit ihres Wärmedurchlaßwiderstandes in eine von vier Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen eingruppiert und erhalten darüber durch die Deutsche Gesellschaft für Warenkennzeichnung (DGWK) einen Registrierbescheid. Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen, mit Angabe der Bereichsgrenzen der Wärmedurchlaßwiderstände gemäß [1].

In der vorliegenden Untersuchung wird je ein Schornstein aus einer der vier Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen untersucht, wobei mög-

lichst Schornsteine zu wählen sind, welche die untere Anforderungsgrenze der jeweiligen Gruppe gerade noch erfüllen konnten.

Darüber hinaus soll ein Schornstein mit begrenzter Temperaturbeständigkeit gemäß [1] untersucht werden. Schornsteine mit begrenzter Temperaturbeständigkeit müssen nur widerstandsfähig gegen Abgas von Gasfeuerstätten mit Abgastemperaturen von nicht mehr als 350 °C, also nicht widerstandsfähig gegen Rußbrände im Inneren des Schornsteins sein.

Im einzelnen werden die in Tabelle 2 zusammengestellten fünf Schornsteine ausgewählt:

- Versuchsschornstein 1:

Dreischaliger Schornstein der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe I mit rechteckigem lichten Querschnitt (20 cm x 20 cm), bestehend aus einem Schamotteinnenrohr, Dämmstoffschicht und einer Leichtbetonaußenschale nach DIN 18147, Teil 2.

- Versuchsschornstein 2:

Einschaliger Schornstein der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe II mit rechteckigem lichten Querschnitt (20 cm x 20 cm) bestehend aus Zellenformstücken nach DIN 18150.

- Versuchsschornstein 3:

Einschaliger Schornstein der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe III mit rechteckigem lichten Querschnitt (20 cm x 20 cm), bestehend aus vollwandigen Einzelformstücken nach DIN 18150.

- Versuchsschornstein 4:

Schornstein mit begrenzter Temperaturbeständigkeit der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe II mit rechteckigem lichten Querschnitt (20 cm x 20 cm), bestehend aus vollwandigem Fibersilikat.

- Versuchsschornstein 5:

Stahlschornstein für verminderte Anforderungen der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe IV mit rundem lichten Querschnitt (Durchmesser 15 cm). Gemäß [1] sind Stahlschornsteine für verminderte Anforderungen nur dann zulässig, wenn dafür eine baurechtliche Genehmigung vorliegt.

### 3.2 Zulässige Oberflächentemperaturen

Nach [1] muß für Schornsteine der Nachweis der Dichtigkeit, der Widerstandsfähigkeit gegen Kehrbeanspruchung, der Widerstandsfähigkeit gegen Wärme und Rußbrände im Inneren sowie der brandschutztechnischen Wärmedämmung erbracht werden. Hierzu dient eine spezielle Prüfeinrichtung, der sogenannte "Prüfschornstein A". Bild 1 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch diesen Prüfschornstein gemäß [1]. Die Prüfung besteht im wesentlichen darin, den Prüfling mittels eines Ölbrenners einer definierten, zeitlich veränderlichen Temperaturbelastung, wie sie in Bild 2 wiedergegeben ist, auszusetzen. Dadurch sollen verschiedene Betriebsphasen sowie der Rußbrand im Inneren eines Schornstein simuliert werden. Die Betriebsphasen im Einzelnen sind wie folgt durchzuführen:

Betriebsphase 1: Die Abgastemperatur, gemessen in 1 m Höhe über dem Abgaseintritt, steigt innerhalb von 5 Minuten von Raumtemperatur auf 350 °C an. Diese Temperatur ist dann bis zum Erreichen des stationären Zustandes zu halten. Der stationäre Zustand gilt als erreicht, wenn sich die Schornsteinaußenoberflächentemperatur in dieser Höhe in 30 Minuten um nicht mehr als 2 K ändert.

**Betriebsphase 2:** Die Abgastemperatur, gemessen in 1 m Höhe über dem Abgaseintritt, steigt innerhalb von 5 Minuten von Raumtemperatur auf 500 °C an. Diese Temperatur ist ebenfalls bis zum Erreichen des stationären Zustandes zu halten.

**Rußbrandphase :** Die Abgastemperatur, gemessen in 1 m Höhe über dem Abgaseintritt, steigt innerhalb von 10 Minuten von Raumtemperatur auf 1000 °C an. Diese Temperatur ist 30 Minuten zu halten.

Für Schornsteine mit begrenzter Temperaturbeständigkeit entfallen dabei die Betriebsphase 2 und der Rußbrand aus den in Ziffer 3.1 genannten Gründen.

Der Nachweis der brandschutztechnischen Wärmedämmung gilt als erfüllt, wenn bei der Prüfung die in Tabelle 3 in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebsphase angegebenen Temperaturerhöhungen an der freien Schornsteinaußenoberfläche nicht überschritten werden. Für die Rußbrandphase gilt dabei, daß die mittlere Oberflächentemperaturerhöhung 140 K nicht überschreiten darf und lediglich an Stellen mit Wärmebrückeneinfluß (Ecken etc.) die Erhöhung 160 K betragen kann. Für Schornsteine mit begrenzter Temperaturbeständigkeit gelten erhöhte Anforderungen, da diese bereits bei der Betriebsphase 1 die Werte einhalten müssen, welche bei allgemeinen Schornsteinen erst bei der Betriebsphase 2 gefordert werden.

Abweichend hiervon können gemäß [1] bei Stahlschornsteinen für verminderte Anforderungen auf der freien Außenoberfläche höhere Temperaturen hingenommen werden, wenn die Brandsicherheit des Gebäudes durch seine Beschaffenheit und Nutzung sichergestellt ist.

Die Oberflächentemperaturen angrenzender brennbarer Bauteile dürfen nach [1] die in Tabelle 3 angegebenen Werte nicht überschreiten. Für sämtliche Schornsteinarten gilt demnach, daß die Oberflächentemperaturen angrenzender Bauteile während des Regelbetriebes 85 °C nicht überschreiten dürfen. Lediglich während eines Rußbran-

des darf die Oberflächentemperatur auf 160 °C ansteigen, da hier von einer begrenzten Dauer der erhöhten Temperatur ausgegangen wird.

### 3.3 Mindestabstände brennbarer Baustoffe von der Schornsteinaußenoberfläche

Da die Einhaltung der Oberflächentemperaturen angrenzender Bauteile nach Ziffer 3.2 nicht Gegenstand einer Prüfung ist, werden in [1] Mindestabstände festgelegt, welche brennbare Baustoffe von der Schornsteinoberfläche einhalten müssen, um die notwendige Brandsicherheit des Gebäudes zu gewährleisten.

Die erforderlichen Abstände, wie sie in Tabelle 4 zusammengefaßt sind, lassen sich nach der Fläche, die an den Schornstein angrenzt, in vier Gruppen einteilen:

Gruppe A: Großflächig, nicht nur streifenförmig an den Schornstein angrenzende Bauteile, wie Holzverkleidungen oder ähnliches, müssen einen Mindestabstand von 5 cm von der Schornsteinaußenoberfläche einhalten, wobei gewährleistet sein muß, daß der entstehende Luftspalt ständig gut durchlüftet ist.

Gruppe B: Streifenförmig an den Schornstein grenzende Bauteile, wie Holzbalkendecken, Dachbalken etc., müssen ebenfalls einen Mindestabstand von 5 cm einhalten, wobei bei einer guten Durchlüftung des Luftspaltes der Abstand auf 2 cm reduziert werden kann.

Gruppe C: Für Bauteile, die nur in geringer Streifenbreite an den Schornstein grenzen, wie Fußleisten etc., ist kein Abstand erforderlich.

Gruppe D: Bei Stahlschornsteinen für verminderte Anforderungen ist unabhängig von der Art der angrenzenden Fläche immer ein

Mindestabstand von 40 cm von der Schornsteinaußenoberfläche einzuhalten.

### 3.4 Versuchseinrichtung

Das Prinzip des neu eingerichteten Versuchsstandes ist im wesentlichen identisch mit dem Prüfschornstein A (Ziffer 3.2), jedoch wurde er um die Aufbauten zur Ermittlung der Oberflächentemperaturen angrenzender Bauteile ergänzt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß die zulässigen Oberflächentemperaturen gemäß Tabelle 3 in Abhängigkeit der Abgastemperatur nach der Temperaturkurve in Bild 2 angegeben werden. Bild 3 zeigt einen schematischen Längsschnitt des Versuchsstandes wie er für die Versuchsschornsteine 1, 2, 3 und 4 eingesetzt wird.

Die angrenzenden Bauteile sind wie folgt aufgebaut:

- An den Schornstein grenzt in einer Höhe von 1,78 m eine Holzbalkendecke, wie in Bild 4 dargestellt. Der Aufbau dieser Decke und des Fußbodens entspricht [2]. Zur Lastabtragung wurden Holzbalken mit einem Querschnitt von 160 X 120 mm und einer Rohdichte von  $500 \text{ kg/m}^3$  gewählt. Die Balken haben einen Achsabstand von 53 cm und im Bereich des Schornsteins von 58 cm. Die Balkenzwischenräume sind vollständig mit Mineralfasermatten ausgefüllt. Um verschiedene praktische Ausführungen der Durchführung eines Schornsteines durch eine derartige Holzbalkendecke im gleichen Versuchsaufbau untersuchen zu können, wurde der vorgeschriebene Abstand von 5 cm an zwei Schornsteinseiten mit Normalbeton verfüllt, während an den anderen Oberflächen ein Luftraum mit 5 cm Breite belassen wurde. Den unteren Raumabschluß bildet eine 12,5 mm starke Gipskartonplatte. Auf einer 13 mm dicke Spanplatte, die auf den Balken aufliegt, wurde ein schwimmender Fußbodenaufbau nach DIN 4102, Teil 4 aufgebracht. Der Fußbodenaufbau besteht von unten nach oben aus einer 15 mm dicken Mineralfaserplatte, einer 22 mm dicken Spanplatte und einem Teppichboden.

Die Bilder 6, 7 und 8 zeigen photographische Aufnahmen des Versuchsstandes unterhalb der Holzbalkendecke, einen Schnitt durch die Holzbalkendecke sowie der Deckendurchführung während des Aufbaus des Versuchsschornsteins 1.

- Die Aufbauten oberhalb der Decke sind in dem Querschnitt A-A in Bild 5 dargestellt. Da Schornsteine einen Raum meist in einer Raumecke durchlaufen, wurde eine derartige Ecke durch zwei Spanplatten, die an zwei Seiten an den Schornstein grenzen und im Versuchsstand einen Überstand von 1 m aufweisen, nachgebildet. Der Abstand der Spanplatten von der Schornsteinoberfläche beträgt 5 cm. Als Abstandshalter zwischen Spanplatte und Schornsteinoberfläche wurden gemäß Bild 3 Kant-hölzer (50 x 50 mm) im Abstand von 0,53 m angebracht, so daß zwischen Schornsteinoberfläche und Spanplatte nicht belüftbare Luftkammern entstanden. Vergleicht man diese Konstruktion mit Tabelle 4, so erkennt man, daß die entstandenen Luftkammern eigentlich dauernd belüftet sein müßten. Hierauf wurde jedoch bewußt verzichtet, um zu prüfen, ob eine solche baupraktische Anordnung zu problematischen Oberflächentemperaturen an den Bauteilen führen kann.

Zur Nachbildung einer Fußbodenleiste wurde direkt auf dem Fußboden zusätzlich an der Außenseite der Spanplatte eine Dachlatte (20 x 60 mm) angebracht.

An der rechten Schornsteinaußenoberfläche (Bild 5) wurde in einem Abstand von 2 cm ebenfalls eine Spanplatte über die gesamte Höhe oberhalb des Fußbodens angebracht. Diese Spanplatte wurde außen zusätzlich mit einer 10 cm dicken Wärmedämmschicht versehen ( $1/\Lambda = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ). Durch diese Anordnung war es möglich, eine Art Einbauschränk, der mit wärmedämmenden Materialien, wie Kleidungsstücken etc. angefüllt ist, zu simulieren. Der Luftspalt zwischen Schornsteinaußenoberfläche und Spanplatte konnte wahlweise belüftet oder unbelüftet sein.

In den Bildern 9 und 10 sind photographische Aufnahmen der hier beschriebenen Aufbauten oberhalb der Holzbalkendecke während des Aufbaues des Versuchsschornsteins 1 wiedergegeben.

Tabelle 5 enthält eine Zusammenstellung der schematischen Querschnitte durch den Versuchsschornstein mit Angabe der wichtigsten Bauteilabmessungen für die Meßebenen I bis XIV gemäß Bild 11 für die Versuchsschornsteine 1, 2, 3 und 4.

Bei einem Stahlschornstein für verminderte Anforderungen gilt gemäß Tabelle 4 ein Mindestabstand von 40 cm, so daß bei dem Versuchsschornstein 5 der Versuchsaufbau, wie in den Bildern 12 und 13 gezeigt, abgeändert wurde. Wie man erkennt, wurde der Deckenaufbau prinzipiell beibehalten, lediglich der kürzeste Abstand zum Versuchsschornstein wurde auf 40 cm vergrößert und war ständig gut durchlüftet. Oberhalb der Holzbalkendecke sollte eine gedämmte Raumecke simuliert werden, die in einem Abstand von ebenfalls 40 cm den Schornstein außen an zwei Seiten umgibt. Die Dicke der Wärmedämmung wurde zu 10 cm gewählt. Eine Zusammenstellung der schematischen Querschnitte durch diesen Versuchsschornstein für die Meßebenen I bis VI gemäß Bild 12 ist in Tabelle 6 enthalten.

#### 3.4.1 Versuchsdurchführung und Randbedingungen

Während einer Messung wurden in den einzelnen Meßebenen mittels Thermoelementen die Oberflächentemperaturen der interessierenden Bauteile und darüberhinaus in bestimmten Ebenen zusätzlich die Abgastemperatur sowie die Oberflächentemperaturen an der Schornsteininnen- und außenoberfläche kontinuierlich erfaßt. Insgesamt wurden ca. 100 Temperaturen während eines Versuches mittels einer Meßwerterfassungsanlage kontinuierlich gemessen, kontrolliert und anschließend ausgewertet. Die genaue Lage der Meßstellen in den einzelnen Ebenen ist in den Ergebnistabellen 10 bis 32 angegeben.

Die Durchführung der Versuche orientierte sich, wie oben bereits erwähnt, an der Temperaturkurve gemäß Bild 2. Dabei wurden für die Versuchsschornsteine 1, 2 und 3 die Betriebsphasen 1 und 2 sowie die Rußbrandphase jeweils mit und ohne Belüftung des Spaltes zwischen Schornsteinaußenoberfläche und simuliertem Kleiderschrank durchgeführt. Beim Versuchsschornstein 5 (Stahlschornstein) entfiel jeweils der unbelüftete Fall. Für den Versuchsschornstein 4 (Schornstein mit begrenzter Temperaturbeständigkeit) wurden davon abweichend eine Messung bei einer Abgastemperatur von 200 °C, der Trocknungsphase, und der Betriebsphase 1 durchgeführt.

Die den Versuchen zugrundeliegenden Randbedingungen und versuchstechnischen Parameter für die unterschiedlichen Versuchsschornsteine sind in den Tabellen 7, 8 und 9 zusammengestellt. Wie man erkennt, konnte nicht in allen Fällen bei den Betriebsphasen 1 und 2 der stationäre Zustand erreicht werden, da aufgrund zu hoher Temperaturen an den Bauteiloberflächen die Versuche aus Sicherheitsgründen vorzeitig abgebrochen werden mußten.

### 3.5 Versuchsergebnisse

Die Meßergebnisse der durchgeführten Versuche sind in den Tabellen 10 bis 32 für alle Versuchsschornsteine zusammengestellt. Die angegebenen Werte stellen die aufgetretenen Maximalwerte an dem jeweiligen Meßpunkt dar. Zur leichteren Identifizierung der Lage der Meßpunkte sind diese in den einzelnen Meßebenen zusammengefaßt. Folgende Zuordnung der Tabellen zu den Versuchsschornsteinen gilt:

Versuchsschornstein 1 : Tabelle 10 bis 14

Versuchsschornstein 2 : Tabelle 15 bis 19

Versuchsschornstein 3 : Tabelle 20 bis 24

Versuchsschornstein 4 : Tabelle 25 bis 29

Versuchsschornstein 5 : Tabelle 30 bis 32

Für die Versuchsschornsteine 1 bis 4 traten die kritischsten Temperaturen jeweils an der Spanplatte in der Meßebene IV an den Meßpunkten 32 und 34 auf (siehe Tabellen 11, 16, 21 und 26). In Bild 4 erkennt man, daß dies die Stellen sind, bei denen die auf der Decke aufliegende Spanplatte direkt an die Schornsteinoberfläche stößt. Auf den jeweils gegenüberliegenden Seiten ist diese Spanplatte durch die 5 cm dicke Normalbetonschicht von der Schornsteinoberfläche getrennt. Temperaturen in der gleichen Größenordnung und auch teilweise darüber wurden in der Ebene VI an den Meßstellen 42 und 43 gemessen. Diese Temperaturen sind jedoch unkritischer, da hier Minerfaserdämmstoff und kein Holz an die Schornsteinoberfläche grenzt. Aus diesem Grund wurden die Temperaturmeßstellen 32 und 34 als Kontrolltemperaturen dafür verwendet, ob ein Versuch aus Sicherheitsgründen vorzeitig abgebrochen werden mußte.

#### Versuchsschornstein 1 (Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe III):

Für den Versuchsschornstein 1 wurden an der Meßstelle 34 bei den Versuchen 1 bis 4 Temperaturen zwischen 160 °C und 171 °C gemessen. Diese Werte wurden bei den Versuchen 1 und 2 nach ca. 5 h erreicht, und bei den Versuchen 3 und 4 nach ca. 3 h Versuchsdauer. Extrapoliert man den in Bild 14 dargestellten zeitlichen Verlauf dieser Temperatur, so erkennt man, daß bei einer Weiterführung des Versuches 2 Temperaturen zwischen 160 °C und 170 °C und im Versuch 4 über 200 °C aufgetreten wären. Die Oberflächentemperatur an der freien Schornsteinaußenoberfläche (Meßpunkt 62; Ebene VIII) hingegen zeigte am Versuchsende bereits einen annähernd stationären Verlauf. In den Rußbrandphasen 5 und 6 stiegen die Temperaturen am Meßpunkt 34 sogar bis auf 177 °C an. Vergleicht man in den einzelnen Versuchen die Temperatur im Meßpunkt 34 in Ebene IV mit denen in den Meßpunkten 43 und 41 in Ebene VI, so erkennt man, daß zwar die Temperatur zwischen Schornsteinoberfläche und dem schmalen Mineralfaserstreifen über den in Meßpunkt 34 gemessenen Werten liegen kann, jedoch die Temperaturen zwischen Spanplatte und Mineralfaserstreifen lediglich Temperaturen zwischen 88 °C und 91 °C aufweisen. Das heißt, daß bereits eine nur 2 cm dicke thermische Trennung von der Schornsteinoberfläche genügt, die Situation angrenzender Bauteile in einer derartig aufgebauten Holzbalkendecke

erheblich zu entschärfen. Weitere kritische Temperaturen traten im Bereich der Fußbodenleiste in Ebene VII auf. Dort betragen die maximalen Temperaturen in den Meßpunkten 56 und 57 beim 3. und 4. Versuch 142 °C bzw. und 149 °C. In den Versuchen 5 und 6 wurden an diesen Stellen sogar 156 °C und 160 °C erreicht. Betrachtet man weiterhin die Temperaturen der an die Schornsteinoberfläche grenzenden Kanthölzer in den Meßebenen VII, X und XIII, erkennt man, daß auch hier in der Regel bei nahezu allen Versuchen Temperaturen weit über 100 °C auftreten können. Auf der Seite des Luftspaltes zur gedämmten Spanplatte hin zeigte sich, daß in den Fällen 1, 3 und 5 für den belüfteten Luftspalt die Innenoberflächentemperaturen der Spanplatte zum Luftspalt hin (Meßstelle 79 in Ebene X und 94 in Meßebene XIII) die zulässigen 85° C bzw. 160 °C nicht überschritten. In den unbelüfteten Fällen 2 und 4 jedoch wurden Oberflächentemperaturen in der Meßebene XIII mit 98 °C bzw. 95 °C gemessen.

Die Temperaturen der freien Schornsteinoberflächen in Meßebene VIII (Meßpunkt 62) betragen für die Versuche 3 und 4 106 °C bzw. 108 °C und für die Versuche 5 und 6 (Rußbrand) 110 °C und 111 °C. Bei einer Labortemperatur, die für diese Versuche zwischen 0 und 3 °C lag, bedeutet das eine Temperaturerhöhung an der Schornsteinaußenoberfläche zwischen 106 K und 107 K in der Betriebsphase 2 und zwischen 107 K und 108 K in der Rußbrandphase. Die zulässige Temperaturerhöhung gemäß Tabelle 3 beträgt für die Betriebsphase 2 nur 80 K und für die Rußbrandphase 140 - 160 K.

#### Versuchsschornstein 2 (Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe II):

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich, konnten bei diesem Schornstein in der Betriebsphase 1 die Versuche 1 und 2 bis zum stationären Zustand durchgeführt werden, während in der Betriebsphase 2 die Versuche 3 und 4 nach 8 h bzw. 9 h abgebrochen werden mußten. Bild 15 zeigt den zeitlichen Verlauf der Kontrolltemperatur im Meßpunkt 34 für die Versuche 3 und 4. Extrapoliert man auch hier die Verläufe, zeigt sich, daß im stationären Zustand Oberflächentemperaturen zwischen 160 °C und 180 °C zu erwarten gewesen wären, während an der freien Schornsteinaußenoberfläche nahezu stationäre Zustände

erreicht waren. Vergleicht man die Kontrolltemperaturen an den Meßpunkten 32 und 34 mit den Werten des Versuchsschornsteines 1, erkennt man, daß bei Abgastemperaturen von 350 °C die Temperaturen im Versuchsschornstein 2 in der Betriebsphase 1 und 2 hier im stationären Zustand nur noch Temperaturen von 140 °C bzw. 143 °C erreichen. Bei den Versuchen 3 und 4 wurden allerdings immer noch kritische Temperaturen von ca. 160 °C erreicht, wobei - wie oben erwähnt - diese Temperaturen verglichen mit Schornstein 1 erst nach der dreifachen Versuchsdauer anstatt nach 8 bis 9 Stunden erreicht wurden. Betrachtet man diese Oberflächentemperaturen für die Rußbrandphasen der Versuche 5 und 6, erkennt man, daß hier die Oberflächentemperaturen lediglich noch auf 109 °C bzw. 124 °C gegenüber 177 °C bei Schornstein 1 ansteigen konnten. Die Oberflächentemperaturen an der Fußbodenleiste (Meßpunkt 57; Ebene VII) im Luftspalt betrug in den unbelüfteten Fällen 2 und 4 121 °C bzw. 134 °C. In den belüfteten Fällen lagen diese Temperaturen nur geringfügig über den Temperaturen der Fußbodenleiste an der freien Schornsteinaußenoberfläche (Meßpunkt 56). Für die belüfteten Fälle lagen die Temperaturen an den Fußbodenleisten jeweils unter den Werten, die an den Kanthölzern in dieser Ebene gemessen wurden (Meßpunkte 51 und 55). Auch hier gilt, daß für die Fälle 5 und 6 die Temperaturen weitaus unkritischer waren. Die Temperaturen an den Kanthölzern in den Meßebenen VII, X und XIII betragen für die Versuche 1 und 2 zwischen 102 und 111 °C und für die Versuche 3 und 4 zwischen 121 °C und 132 °C. Im Luftspalt stellten sich an der Spanplatteninnenoberfläche für die unbelüfteten Fälle 4 und 6 am Meßpunkt 79 (Ebene X) 81 °C und 83 °C ein. Für die belüfteten Fälle blieb diese Temperatur bei unkritischen Werten unter 60 °C.

Die Erwärmung der freien Schornsteinoberflächentemperaturen über Labortemperatur im Meßpunkt 62 (Ebene VIII) betrug maximal 58 K in den Versuchen 3 und 4. Extrapoliert man den Kurvenverlauf in Bild 15, erkennt man, daß auch im stationären Zustand keine Temperaturerhöhung über 80 K zu erwarten ist.

### Versuchsschornstein 3 (Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe I):

Bei diesem Schornstein konnten, wie Tabelle 4 zeigt, alle Versuche in der vorgesehenen Weise bis zum stationären Zustand durchgeführt werden. Die Kontrolltemperaturen 32 und 34 (Ebene IV) erreichten hier in den Versuchen 3 und 4 Maximalwerte von 140 °C und 157 °C. Auch die Temperatur im Meßpunkt 56 (Ebene VII) an der Fußbodenleiste stieg in den Versuchen 3 und 4 weit über 85 °C. Gleiches gilt für die Oberflächentemperaturen an den Kanthölzern in Ebene VII am Meßpunkt 5. Die Spanplatteninnenoberflächentemperatur im Luftspalt (Meßpunkt 79, Ebene X) erreichte im 3. und 4. Versuch noch Temperaturen von 88 °C bzw. 91 °C.

### Versuchsschornstein 4 (Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe II):

Von Interesse sind hier hauptsächlich die Ergebnisse der Versuche 3 und 4 (Abgastemperatur 350 °C), die bei diesem Schornstein ebenfalls bis zum stationären Zustand durchgeführt werden konnten. Vergleicht man die Ergebnisse mit denen des Schornsteins 2, erkennt man, daß obwohl der Versuchsschornstein 4 gemäß Tabelle 2 annähernd den gleichen Wärmedurchlaßwiderstand besitzt, an den Stellen, an denen Bauteile direkt an die Schornsteinoberfläche grenzen, etwas höhere Werte als beim Schornstein 2 auftreten können. Beispielsweise betrug die Kontrolltemperatur 34 (Ebene IV) beim Schornstein 2 im Versuch 1 und 2 140 °C bzw. 143 °C, während die Werte in den entsprechenden Versuchen 3 und 4 des Schornsteins 4 160 °C erreichten. Bei den Oberflächentemperaturen an der freien Schornsteinaußenoberfläche oder an Bauteilen, die nicht direkt auf der Schornsteinoberfläche aufgebracht waren, zeigten sich für die Schornsteine 2 und 4, annähernd die gleichen Temperaturverhältnisse (vgl. Meßpunkt 62 ; Ebene VIII und Meßpunkt 79 ; Ebene X). Der Grund für die höheren Temperaturen beim Schornstein 4 liegt in der sehr glatten Oberflächenbeschaffenheit dieses Schornsteintypes, was einen sehr guten thermischen Kontakt zwischen Schornsteinaußenoberfläche und angrenzendem Bauteil ermöglicht.

### Versuchsschornstein 5 (Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe IV):

Für den Stahlschornstein ergab sich in der Betriebsphase 2 (500 °C) an den Holzbalken der Deckendurchführung im Meßpunkt 9 der

Ebene I sowie an der Spanplattenoberfläche im Meßpunkt 38 der Ebene V, eine maximale Oberflächentemperatur von 43 °C. In der Rußbrandphase stieg die Temperatur im Meßpunkt von 38 °C auf 85 °C an.

### 3.5.1 Bewertung der Versuchsergebnisse

Tabelle 33 enthält eine vergleichende Zusammenstellung ausgewählter Meßpunkte mit Angabe der gemessenen Temperaturen für die Versuchsschornsteine 1 bis 4. In der Zusammenstellung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit für jene Versuche keine Werte eingetragen, für die gemäß Tabelle 3 auch keine maximalen Temperaturen festgelegt sind. Folgende Punkte sind besonders zu erwähnen:

1. Der Versuchsschornstein 1 der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe III erfüllt nicht die Anforderung, daß die maximale Temperaturerhöhung an der freien Schornsteinaußenoberfläche 80 K nicht überschreiten darf.
2. Bei allen vier Schornsteinen treten die kritischsten gemessenen Oberflächentemperaturen zwischen Schornsteinaußenoberfläche und angrenzender Stirnseite der Spanplatte in der Holzbal-kendecke auf. Keiner der Schornsteine kann die Anforderung der maximal zulässigen 85 °C in der Betriebsphase 2 bzw. in der Betriebsphase 1 bei Schornstein 4 erfüllen. Die gemessenen Temperaturen überschreiten diesen Grenzwert erheblich, zum Teil sogar um mehr als das Doppelte. Innerhalb der Holzbalkendecke wurden an dem Balken, der von der Schornsteinoberfläche durch einen nicht belüfteten 5 cm breiten Luftspalt getrennt war (Meßpunkt 25), ebenfalls bei allen Schornsteinen die zulässigen 85 °C in den Betriebsphasen 1 und 2 deutlich überschritten. Gleiches gilt für Oberflächentemperaturen an der Fußbodenleiste (Meßpunkt 57) und den Abstandshaltern aus Kantholz (Meßpunkt 71).

3. Im Falle der Rußbrandphase (1000 °C) werden die maximal zulässigen 160 °C nur vom Versuchsschornstein 1 am Meßpunkt 34 überschritten. Das heißt, die Rußbrandphase ist aufgrund der kurzen Zeitdauer unkritischer als die stationären Versuche mit Abgastemperaturen von 350 °C und 500 °C.
4. An der gedämmten Spanplatte, die einen Abstand von 2 cm von der Schornsteinaußenoberfläche aufweist, ergaben sich bei allen 4 Versuchsschornsteinen in den belüfteten Fällen keine unzulässig hohen Temperaturen, während in den unbelüfteten Fällen auch hier Temperaturen über 85 °C auftreten konnten, wenn man berücksichtigt, daß bei den Schornsteinen 1, 2 und 4 noch kein stationärer Zustand eingetreten war.
5. Beim Stahlschornstein für verminderte Anforderungen wurde an keiner Stelle eines angrenzenden Bauteils in keiner Betriebsphase unzulässig hohe Temperaturen ermittelt.

Aus den genannten 5 Punkten läßt sich eine Bewertung bezüglich der maximal zulässigen Oberflächentemperaturen und Abstände angrenzender brennbarer Bauteile wie folgt vornehmen:

- Die in [1] festgelegten Abstände brennbarer Bauteile von der Schornsteinoberfläche führen in der Regel zu Oberflächentemperaturen unterhalb der maximal zulässigen Temperaturen, wenn der Abstand zwischen Schornstein und Bauteil ständig gut durchlüftet ist, wobei ein Mindestabstand von 2 cm als ausreichend anzusehen ist. Dies gilt unabhängig von der Art des Schornsteines.
- Bauteile, die von der Schornsteinoberfläche durch eine nicht belüftete Luftkammer getrennt sind, erreichen je nach gewählter Konstruktion und Schornsteintyp in der Regel Oberflächentemperaturen, welche die maximal zulässigen Temperaturen erheblich überschreiten können (siehe Holzbalken in

einer Holzbalkendecke). Ein Abstand von 5 cm von der Schornsteinaußenoberfläche ist hier nicht ausreichend.

- Bei Bauteilen die streifenförmig ohne Abstand an die Schornsteinoberfläche grenzen, können Temperaturen an der Bauteiloberfläche erreicht werden, die zulässige Oberflächentemperaturen in gefährlichem Maße überschreiten können (siehe Fußbodenleiste). In diesen Fällen ist die sich einstellende Temperatur am Bauteil entscheidend vom Wärmedurchlaßwiderstand des Schornsteins abhängig. Auf Grund dieser Ergebnisse sollte dort, wo ein direkter Kontakt brennbarer Materialien mit der Schornsteinoberfläche nicht vermeidbar ist, eine thermische Trennung des Bauteils durch einen mindestens 2 cm breiten Dämmstreifen vorgesehen werden.
- Bei Stahlschornsteinen für verminderte Anforderungen ist der geforderte Abstand von 40 cm als ausreichend anzusehen.

Angesichts dieser Bewertung stellt sich die Frage warum in der Praxis nahezu keine Fälle bekannt sind, bei denen eine Brandursache auf zu geringe Bauteilabstände von der Schornsteinoberfläche zurückzuführen sind. Folgendes sollte hierbei bedacht werden:

- Bei heutigen modernen Heizkesseln liegen die Abgastemperaturen weit unterhalb der für die Betriebsphase 2 geforderten 500 °C.
- Treten dennoch derartig hohe Abgastemperaturen wie 350 °C oder 500 °C auf, so ist in den allermeisten Fällen davon auszugehen, daß diese Temperaturen nicht über die untersuchten langen Zeiträume von mehreren Stunden auf den Schornstein einwirken.
- Der Fall der hier zugrundegelegten Holzbalkendecke, deren Zwischenräume vollständig mit Mineralwolle ausgefüllt sind, existiert meist nur in neuen oder sanierten Gebäuden. Diese Gebäude besitzen in der Regel aber auch eine moderne Heizanlage. Gleichzeitig sollte jedoch nicht vergessen werden, daß verstärkt ein Trend zu beobachten ist, zusätzlich zur normalen

Heizanlage eine mit Holz oder Kohle befeuerte Feuerstätte (Kachelöfen etc.) im Wohnraum aufzustellen.

- Die Entzündungstemperaturen der meisten Baustoffe liegen, wie in Teil B dieser Untersuchung gezeigt werden wird, weit über der in [1] geforderten maximalen Oberflächentemperatur von 85 °C.

#### 4. Teiluntersuchung B

Um eine Aussage über die Brandsicherheit von Bauteilen, die an Schornsteine grenzen, zu treffen, ist es wichtig, die Selbstentzündungstemperatur dieser Baustoffe zu kennen. Aus diesem Grund waren in Teil B der Untersuchung die Selbstentzündungstemperaturen von bestimmten Baustoffen unter praxisnahen Bedingungen zu ermitteln. Unter praxisnahen Bedingungen ist zu verstehen, daß die zu untersuchenden Materialien über längere Zeiträume Temperaturen weit über Raumtemperatur, jedoch unterhalb der Selbstentzündungstemperatur ausgesetzt werden, wie dies für Baustoffe, die sich in der räumlichen Nähe von Schornsteinen befinden, häufig vorkommen kann.

Eine vor Versuchsbeginn durchgeführte Literaturlauswertung führte zu folgenden Erkenntnissen:

Weitreichende Untersuchungen von [3] ergaben Selbstentzündungstemperaturen bei Buche zwischen 145° C und 150 °C und bei Fichte von 140 °C. Diese Untersuchungen wurden jedoch unter Laborbedingungen durchgeführt und sind hinsichtlich baupraktischen Anforderungen nur bedingt anwendbar. Nach [4] wurden an gut wärmegeämmten Holzwürfeln mit 6 cm Kantenlänge im Trockenschrank Entzündungstemperaturen bei Buchenholz von 180 °C und bei Fichtenholz von 160 °C festgestellt. Für die anderen hier zu untersuchenden Baustoffe ergab die Literaturlauswertung keine verwertbaren Ergebnisse. Manche Hersteller geben zum Beispiel bei Polyurethan Hartschaum und bei Polyisocyanurat Hartschaum eine obere Grenze der Temperaturbestän-

digkeit mit 200 °C an. Diese Grenze liegt bei Polystyrolpartikel-schaum und Polystyrolextruderschaum bei 80 °C.

#### 4.1 Untersuchte Materialien

Für die Untersuchung wurden vier Gruppen von Baustoffen ausgewählt, die häufig in der Nähe von Schornsteinen vorkommen können:

Materialgruppe 1 : Hölzer

Materialgruppe 2 : Dämmstoffe

Materialgruppe 3 : Fußbodenbeläge

Materialgruppe 4 : Kunststoffe für Folien, Elektroinstallationen

#### 4.2 Versuchsdurchführung

Proben der in Tabelle 34 zusammengestellten Materialien wurden in einen Trockenschrank gegeben und verschiedenen Temperaturstufen ausgesetzt. Die Starttemperatur wurde mit 80 °C festgelegt und dann jeweils nach einer Woche um 20 K erhöht. Insgesamt wurden so sieben Temperaturstufen bis zum Erreichen von 200 °C untersucht. Wie Vorversuche ergaben, konnte mit der gewählten Versuchsanordnung erreicht werden, daß die Probentemperatur, bedingt durch die Trockenschrankregelung, lediglich um  $\pm 2$  K um die Solltemperatur schwankte.

Von jedem zu untersuchenden Material wurden jeweils acht Proben angefertigt. Die Proben hatten, ausgenommen die Fußbodenbeläge, die Folien, die Kunststoffmantelleitung und die Spanplatten die Form von Würfeln mit einer Kantenlänge von 5 cm. Bei den Materialgruppen der Hölzer und der Wärmedämmstoffe sowie der Kunststoffmantelleitung, die in der Praxis häufig verputzt ist, wurden zusätzlich Proben angefertigt, die vollständig in eine Gipsschicht eingebettet waren.

Folgende Probenarten sind zu unterscheiden:

- Dauerproben:

Die Dauerproben befanden sich während des gesamten Versuchszeitraumes im Trockenschrank. Ihre Temperatur wurde mittels Thermoelementen in Abständen von 5 Minuten erfaßt und auf einer Datenerfassungsanlage festgehalten. Um ein gegenseitiges Beeinflussen der Proben durch eventuelle Entzündungen der Nachbarproben zu verhindern, wurden die Proben mit Mineralwolle umgeben. Bild 16 zeigt die Versuchsanordnung der Proben auf einem Gitterrost im Trockenschrank. Bei einer Selbstentzündung führte die exotherme Reaktion zu einem kurzzeitigen raschen Temperaturanstieg an der Probe, so daß auf diese Weise die jeweilige Temperaturstufe und der genaue Zeitpunkt der Selbstentzündung festgehalten werden konnte.

- Dauerproben in Gips:

Diese Proben waren, wie oben bereits erwähnt, mit einer ca. 1 cm starken Gipsschicht umgeben, so daß die Sauerstoffzufuhr so gut wie abgeschlossen war. Die Temperatur wurde wie bei den anderen Dauerproben ebenfalls ständig erfaßt.

- Beobachtungsproben:

Um die Dauerproben während des laufenden Versuches möglichst wenig zu beeinflussen, befanden sich im Trockenschrank zusätzlich Beobachtungsproben. Diese Proben waren ebenfalls während der gesamten Versuchsdauer im Trockenschrank. Sie dienten dazu die Materialien in regelmäßigen Abständen einer visuellen Kontrolle unterziehen zu können. Sie waren daher nicht von Mineralwolle umgeben und auch nicht mit einem Temperaturfühler ausgerüstet.

- Wochenproben:

Im Gegensatz zu den Dauerproben verblieben diese Proben jeweils nur eine Woche im Trockenschrank. Sie wurden, falls innerhalb dieser Woche keine Selbstentzündung auftrat, beim Übergang zur nächst höheren Temperaturstufe durch neue Proben ersetzt. Damit war es möglich, einen Vergleich zwischen Pro-

ben, die über längere Zeiträume erhöhten Temperaturen und Proben, die maximal eine Woche einer der jeweiligen Temperaturstufe ausgesetzt waren, durchzuführen.

Bild 17 zeigt eine photographische Aufnahme der Dauer-, Wochen- und Beobachtungsproben vor Versuchsbeginn.

#### 4.3 Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse der Dauer- und Wochenproben sind in den Tabellen 37 bis 46 und die der Beobachtungsproben in den photographischen Aufnahmen in den Bildern 18 bis 23 dargestellt. Für jede Temperaturstufe sind die Ergebnisse der Dauerproben denen der Wochenproben gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Proben in Gips konnten dagegen nur am Versuchsende durch Zerstören der Gipschicht festgehalten werden.

##### - **Materialgruppe 1 : Hölzer**

Wie man aus Tabelle 35 erkennt, ergaben sich bei Fichtenholz sichtbare Veränderungen durch eine leichte Verfärbung sowohl bei der Wochen- als auch bei der Dauerprobe erst ab einer Temperatur von 140 °C. Bild 22 zeigt eine photographische Aufnahme am Ende dieser Temperaturstufe. Ab der Temperaturstufe mit 160 °C wurde festgestellt, daß bei beiden Probenarten die Probentemperaturen um 12 bis 15 K konstant über der Trockenschranktemperatur lagen, was auf eine exotherme Reaktion, hervorgerufen durch einen Verkohlungsprozeß des Holzes, zurückgeführt werden mußte. Bei einer Schranktemperatur von 180 °C entzündete sich die Wochenprobe, während die Dauerprobe lediglich eine starke Verkohlung erkennen ließ. Erst ab 200 °C kam es auch bei der Dauerprobe zur Selbstentzündung. Bei der Gipsprobe zeigte sich ebenfalls ab der Temperaturstufe mit 200 °C ein starker Anstieg der Probentemperatur auf ca. 280 °C, wobei diese erhöhte Temperatur ca. 20 Stunden gehalten wurde und anschließend auf Schranktemperatur absank. Während dieser Zeitdauer verkohlte die Probe vollständig.

Tabelle 36 und 37 fassen die Ergebnisse für Buchenholz und Spanplatte zusammen. Wie man erkennt, sind die Ergebnisse im wesentlichen identisch mit denen für Fichtenholz.

#### - Materialgruppe 2 : Dämmstoffe

Bei den Polystyrolschäumen zeigte sich gemäß Tabelle 38, daß ab Temperaturen von 100 °C bis zu 140 °C Veränderungen in Form einer Volumenverminderung, verbunden mit einer Verfestigung des Materiales auftrat (siehe Bilder 18, 19, 20, 21 und 22). Ab 160 °C verflüssigte sich das Restmaterial, wie aus Bild 23 ersichtlich wird. Eine weitere Erhöhung der Temperatur erbrachte keine zusätzlichen Veränderungen, insbesondere erfolgte keinerlei Selbstentzündung. Darüberhinaus konnten keine Unterschiede zwischen Dauerprobe und Wochenprobe festgestellt werden. Analog ergab die Dauerprobe in Gips am Versuchsende nach dem Abkühlen ein erstarrtes Restmaterials, welches ein glasiges Aussehen hatte.

Bei den Hartschäumen Polyurethan (PUR) und Polyisocyanurat (PIR) konnten, wie aus Tabelle 39 zu entnehmen ist, ab einer Temperaturstufe von 120 °C leichte Verfärbungen an der Dauer- und Wochenprobe festgestellt werden, die sich bei 140 °C noch verstärken, danach jedoch bis 180 °C nahezu unverändert blieben. Ab einer Probertemperatur von 200 °C traten an den Proben leichte Formänderungen auf. Hier war ebenfalls kein Unterschied zwischen Wochen- und Dauerprobe festzustellen und es trat auch keine Selbstentzündung der Proben auf. Die beschriebenen Veränderungen sind den Bildern 21, 22 und 23 zu entnehmen.

Die Holzfaserdämmplatte verhält sich gemäß Tabelle 40 analog den in Materialgruppe 1 beschriebenen Holzmaterialien. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß eine Selbstentzündung der Dauerprobe bei 200 °C nicht auftrat, während sie bei der Wochenprobe erst bei 200 °C und nicht - wie oben beschrieben - bereits bei 180 °C festgestellt werden konnte. Dies Ergebnis

läßt erwarten, daß eine Selbstentzündung der Dauerprobe erst bei ca. 220 °C eingetreten wäre. Die Dauerprobe in Gips zeigte keinerlei Veränderungen am Versuchsende auf.

- **Materialgruppe 3 : Fußbodenbeläge**

Teppichböden aus Polyamid und Wolle zeigen gemäß Tabelle 41 bereits ab 80 °C leichte Verfärbungen, die mit zunehmender Temperatur deutlicher werden. Ab einer Temperatur von 140 °C bildet sich ein spröder Schaumrücken auf der Probe. Danach ergibt sich bei der Dauerprobe keine Veränderung mehr, während die Wochenprobe sich ab 180 °C selbst entzündet.

Fußbodenbeläge oder Dämmstoffe aus Kork zeigen, wie aus Tabelle 42 zu entnehmen ist, bei den Dauerproben weder eine Selbstentzündung noch eine andere visuell feststellbare Veränderung. Bei der Wochenprobe kommt es ab 200 °C zu einer Selbstentzündung des Materials.

Linoleumfußböden verhalten sich ähnlich unkritisch wie Kork. Hier tritt lediglich ab 140 °C eine leichte Versprödung des Materials auf. Zu einer Selbstentzündung kommt es weder bei der Dauer-, noch bei der Wochenprobe (Tabelle 43).

Fußbodenbeläge aus PVC weisen laut Tabelle 44, ähnlich wie Teppichböden aus Wolle oder Polyamid, bereits ab 80 °C leichte Farbänderungen auf, die sich mit zunehmender Temperatur bis zur Schwarzfärbung verstärken. Ab 160 °C kommt es zu Verformungen des Materials. Eine Selbstentzündung wurde nicht festgestellt. Die Farbänderungen sind den Bildern 20 und 21 zu entnehmen.

- **Materialgruppe 4 : Kunststoffe für Folien, Elektroinstallatio-  
nen**

Polyäthylenfolien zeigen bereits bei Temperaturen von 80 °C Form- und Volumenänderungen, so daß ab 100 °C eine Verflüssigung des Materials auftritt. Eine weitere Temperaturerhöhung auf 120 °C führte zur Verdampfung der Folie (Tabelle 45).

Folien aus PVC verhalten sich analog den Fußböden aus PVC und brauchen hier nicht weiter erläutert zu werden (Tabelle 44).

Kunststoffmantelleitungen für Elektroinstallationen lassen ebenfalls ab 80 °C leichte Farbänderungen erkennen, die sich mit zunehmender Temperatur verstärken. Ab 140 °C tritt eine Versprödung des Materials ein, welche ebenfalls mit weiterer Temperaturerhöhung zunimmt.

Bei keinem der hier untersuchten Kunststoffe trat eine Selbstentzündung, weder an der Wochen- noch an der Dauerprobe auf.

#### 4.3.1 Bewertung der Versuchsergebnisse

Eine vergleichende Bewertung der Ergebnisse der Teiluntersuchung B mit den gemäß Tabelle 3 festgelegten maximal zulässigen Temperaturen an den Oberflächen angrenzender Bauteile führt zu folgenden Aussagen:

1. Für alle hier untersuchten Baustoffe ist eine maximale Oberflächentemperatur von 85 °C während der Betriebsphase 2 bzw. 160 °C in der Rußbrandphase bezüglich der Brandsicherheit als ausreichend anzusehen. Selbstentzündungen konnten nur bei den Holzmaterialien sowie den Teppichböden und dem Kork festgestellt werden, wobei die maximale Temperatur, der ein Stoff ausgesetzt wurde, bei 200 °C lag. Wenn Selbstentzündungen auftraten, dann immer erst ab einer Temperatur von 180 °C.
2. Holzmaterialien, die nur kurzzeitig erhöhten Temperaturen im Bereich ihrer Entzündungstemperatur ausgesetzt werden, können sich bereits bei 180 °C selbst entzünden, während sich das gleiche Material, wenn es über längere Zeiträume erhöhten Temperaturen unterhalb der Entzündungstemperatur ausgesetzt ist, erst ab 200 °C entzündet.

3. Alle untersuchten Baustoffe, ausgenommen Kork, weisen unterhalb 160 °C, unabhängig davon, wie lange der Baustoff erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist, Farbänderungen auf. Bei den meisten Materialien kam es darüberhinaus zu einer Formänderung und oft zu einer Versprödung oder Verkohlung. Einige Kunststoffe verflüssigten sich ab einer bestimmten Temperaturstufe und führten bei Polyäthylenfolie ab 120 °C sogar zur Verdampfung.

## 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit, die sich in zwei Teiluntersuchungen A und B aufgliedert, werden im Teil A zunächst die Oberflächentemperaturen angrenzender Bauteile sowie die Temperaturerhöhungen an der freien Schornsteinaußenoberfläche meßtechnisch an fünf verschiedene Schornsteintypen, die unterschiedlichen Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen angehören, ermittelt und mit den in [1] festgelegten Werten verglichen und bewertet.

Für den zweiten Teil B der Untersuchung waren für eine Auswahl von Baustoffen, welche in der räumlichen Nähe von Schornsteinen vorkommen können, die Selbstentzündungstemperaturen unter praxisnahen Bedingungen zu ermitteln.

Folgende wesentliche Punkte sind abschließend festzuhalten:

- Mit Ausnahme des Versuchsschornsteines 1, welcher der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppe III angehört, konnten alle Versuchsschornsteine die Anforderung an die maximal zulässige Temperaturerhöhung an der freien Schornsteinaußenoberfläche erfüllen.
- Schornsteine der Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen I bis III zeigen, daß ein 2 cm breiter, ständig gut durchlüfteter Luftspalt genügt um die Anforderungen an die Oberflächentemperaturen angrenzender Bauteile zu erfüllen.

- Bei Holzbalkendecken und ähnlichen nur streifenförmig an den Schornstein grenzenden Bauteile ist ein 5 cm breiter, nicht belüfteter Luftspalt in der Regel nicht ausreichend, um die Anforderungen zu erfüllen. Die jeweils erreichte Oberflächentemperatur hängt hier stark vom Schornsteintyp und der jeweiligen Konstruktion ab.
- Streifenförmig ohne Abstand an den Schornstein grenzende Bauteile können bei einem Schornstein der unteren Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen zu Oberflächentemperaturen führen, die weit über den gemäß [1] zulässigen Temperaturen liegen.
- Bei Stahlschornsteinen für verminderte Anforderung erweist sich der geforderte, gut durchlüftete Abstand von 40 cm als ausreichend.
- Die Selbstentzündungstemperaturen der hier untersuchten Baustoffe ergaben Werte, die alle über der maximal zulässigen Oberflächentemperatur von 160 °C im Falle des Rußbrandes lagen. Damit bestätigte sich die Festlegung dieser Maximaltemperatur hinsichtlich der Vermeidung einer Brandgefahr.
- Bei den Holzmaterialien und bei Kork ergab sich eine Erhöhung der Selbstentzündungstemperatur, wenn diese Stoffe über längere Zeiträume höheren Temperaturen unterhalb der Selbstentzündungstemperaturen ausgesetzt waren.
- Die Temperaturbeständigkeit ist bei nahezu allen Materialien bei den zulässigen 85 °C in der Betriebsphase 2 gegeben. Bei höheren Temperaturen, wie sie in einer Rußbrandphase auftreten dürfen, zeigen die meisten Materialien dagegen Veränderungen in Farbe, Form und Volumen. Manche Stoffe, wie beispielsweise Holz, beginnen weit unterhalb der Selbstentzündung zu verkohlen. Stoffe aus Polystyrolschäumen beginnen sich bei 160 °C zu verflüssigen, während Polyäthylen bereits bei 120 °C verdampft.

## 6. Literatur

- [1] DIN 18160, Hausschornsteine. Anforderungen, Planung und Ausführung, (Februar 1987).
- [2] DIN 4102, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, - Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, (Mai 1981).
- [3] Topf, P.: Untersuchungen über die thermische Zersetzung von Holz in oxidierender Atmosphäre bei Temperaturen bis 180 °C. Ein Beitrag zur Aufklärung der Selbstentzündung von Holz. Dissertation TH München (1970).
- [4] Heinrich, H.J. und Kaesche-Krischer, B.: Beitrag zur Aufklärung der Selbstentzündung von Holz. Brennstoff-Chemie (1962), S. 142/148.
- [5] Götz; Hoor; Mähler und Natterer: Holzbau - Atlas, Institut für internationale Architektur, Dokumentation, München.
- [6] Kühlmann, G.: Untersuchung der thermischen Eigenschaften von Holz und Spanplatten in Abhängigkeit von Feuchtigkeit und Temperatur im hygroskopischen Bereich, Holz als Roh- und Werkstoff, 20 Jg, Heft 7, Juli 1962.

Tabelle 1

Einteilung der Hausschornsteine in Wärmedurchlaßwiderstandsgruppen in Abhängigkeit ihrer Wärmedurchlaßwiderstände gemäß [1].

Wärmedurchlaßwiderstand des Hausschornsteins  [m <sup>2</sup> K/W]	Wärmedurchlaßwiderstands- gruppe
≥ 0,65	I
0,22 bis 0,64	II
0,12 bis 0,21	III
< 0,12	IV

Tabelle 2

Zusammenstellung der bei der Untersuchung eingesetzten Schornsteine mit Angabe des Aufbaus, der Materialien und Dichten sowie deren Wärmedurchlaßwiderstandgruppe und des geprüften Wärmedurchlaßwiderstandes.

Nr.	Schornsteinart	Skizze	Aufbau	Dicke [cm]	Wärmedurchlaßwiderstand	
					Gruppe	1/A [m <sup>2</sup> K/W]
1	System- schorn- stein, dreischalig		Leichtbeton Mineralfaserplatte Schamotterrohr Abgasquerschnitt	4 4 2 20 x 20	I	0,71
2	einschalig aus Zellen- formstein gemäß DIN 18150		Leichtbeton Zelle Abgasquerschnitt	12,5 6 x 3,5 20 x 20	II	0,22
3	einschalig aus vollwan- digen Form- stücken ge- mäß DIN 18150		Leichtbeton Abgasquerschnitt	8 20 x 20	II	0,12
4	Schornstein mit begrenz- ter Tempera- turbestän- digkeit		Fibersilikat Abgasquerschnitt	4	III	0,28
5	Stahlschorn- stein für verminderte Anforderungen		Stahlrohr Werkstoffnr. 1.4571 Abgasquerschnitt	0,15 φ 15	IV	

Tabelle 3

Zusammenstellung der zulässigen Oberflächentemperaturen freier Schornsteinaußenoberflächen und angrenzender, brennbarer Bauteile in Abhängigkeit von der Schornsteinart bei unterschiedlichen Betriebsphasen gemäß [1].

Schornsteinart	Betriebsphase	Abgas- temperatur	zulässige Temperatur- erhöhung an der freien Schornstein- außenober- fläche	zulässige Temperaturen an den Ober- flächen an- grenzender brennbarer Bauteile
		[°C]	[K]	[°C]
Allgemeine Hausschornsteine	2	500	80	85
	Ruß- brand	1000	140 - 160	160
Stahlschornsteine für verminderte Anforderungen	2	500	-	85
	Ruß- brand	1000	-	160
Schornsteine mit be- grenzter Temperatur- beständigkeit	1	350	80	85

Tabelle 4

Zusammenstellung der erforderlichen Abstände brennbarer Bauteile von der Außenoberfläche der Schornsteine gemäß [1].

Beschreibung der angrenzenden Flächen	allgemeiner Hausschornstein	Stahlschornstein
großflächig, nicht nur streifenförmig, angrenzende Bauteile aus brennbaren Baustoffen	5 cm bei ständig guter Durchlüftung	40 cm
streifenförmig angrenzende Bauteile aus brennbaren Baustoffen (Holzbalkendecke, Dachbalken)	5 cm bei Nichtdurchlüftung bzw. 2 cm bei ständig guter Durchlüftung	
mit geringer Streifenbreite angrenzende Bauteile aus brennbaren Baustoffen (Fußleisten, Fußböden)	kein Abstand erforderlich	

Tabelle 5

Zusammenstellung des Aufbaus für die Versuchsschornsteine 1, 2, 3 und 4 für die verschiedenen Meßebenen I bis XIV mit Angabe der Bauteilabmessungen.

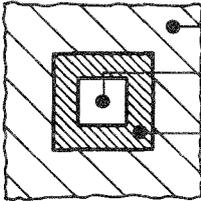
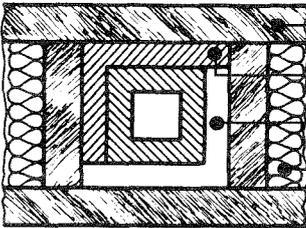
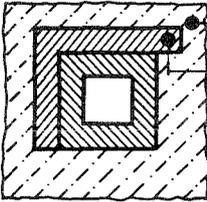
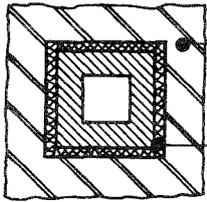
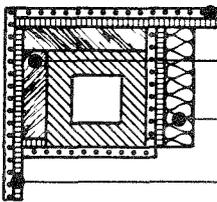
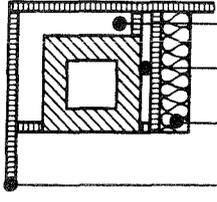
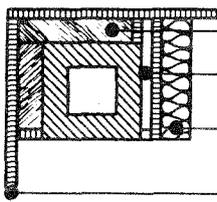
Meßebene	Skizze	Aufbau	Abmessung [mm]	
			Dicke	Höhe
I		Gipskartonplatte Abgasquerschnitt Schornstein schematisch	- 200x200 variabel	12,5 4700 4700
II; III		Holzbeamten Normalbeton Luftspalt Mineralfaserplatten	120 50 50 -	160 173 160 160
IV		Spanplatte Normalbeton	- 50	13 173
V; VI		Spanplatte in Ebene V Mineralfaserplatte in Ebene VI Mineralfaserplatte	- - 10	22 15 47
VII		Dachlatte gehobelt Kantholz Mineralfaserdämmplatte Spanplatte	20 50 100 13	60 50 2650 2650
VIII; IX; XI; XII		Luftspalt Luftspalt Mineralfaserdämmplatte Spanplatte	50 20 100 13	480 2650 2650 2650
X; XIII; XIV		Kantholz Luftspalt Mineralfaserdämmplatte Spanplatte	50 20 100 13	50 2650 2650 2650

Tabelle 6

Zusammenstellung des Aufbaus für den Versuchsschornstein 5 für die verschiedenen Meßebenen I bis VI mit Angabe der Bauteilabmessungen.

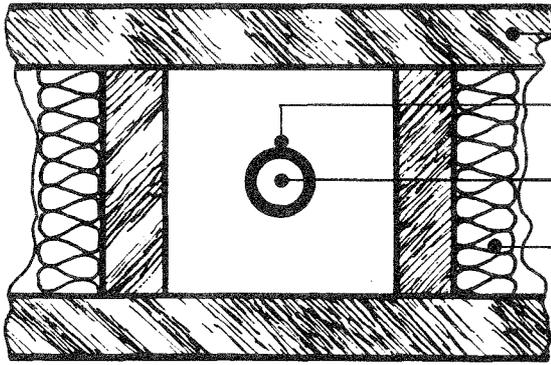
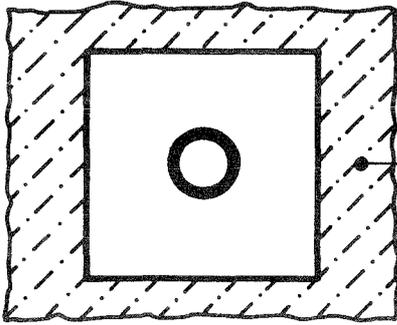
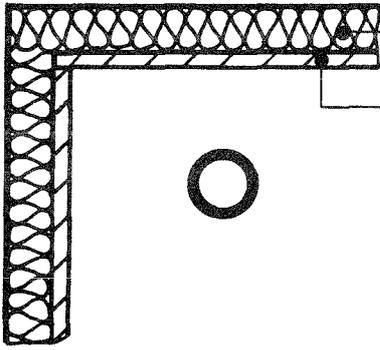
Meßebene	Skizze	Aufbau	Abmessung [mm]	
			Dicke	Höhe
I		<ul style="list-style-type: none"> <li>Holzbalcken</li> <li>Stahlrohr</li> <li>Abgasquerschnitt</li> <li>Mineralfasermatten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>120</li> <li>1,5</li> <li><math>\phi</math> 150</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>160</li> <li>4150</li> <li>4150</li> <li>160</li> </ul>
II		<ul style="list-style-type: none"> <li>Spanplatte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>13</li> </ul>
III; IV V; VI		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mineralfaserdämmplatte</li> <li>Spanplatte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100</li> <li>13</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2650</li> <li>2650</li> </ul>

Tabelle 7

Zusammenstellung der den Versuchen zugrundeliegenden Randbedingungen der Versuchsschornsteine 1, 2 und 3.

Versuchsschornstein	Randbedingung		Versuchsnummer					
			1	2	3	4	5	6
Versuchsschornstein	Sollwert der Abgastemperatur am Eintritt	°C	350		500		1000	
	Spalt belüftet	J/N	J	N	J	N	J	N
1	Versuchsdauer	h	5	5	3	3	3	3
	Stationär	J/N	N	N	N	N	N	N
	Labortemperatur	°C	-1	-3	0	1	3	3
2	Versuchsdauer	h	10	11	9	8	5	4
	Stationär	J/N	J	J	N	N	N	N
	Labortemperatur	°C	19	16	27	18	23	26
3	Versuchsdauer	h	28	28	12,5	15	7	6
	Stationär	J/N	J	J	J	J	N	N
	Labortemperatur	°C	20	15	25	21	10	16

Tabelle 8

Zusammenstellung der den Versuchen zugrundeliegenden Randbedingungen des Versuchsschornsteins 4.

Versuchsschornstein	Randbedingung		Versuchsnummer			
			1	2	3	4
Versuchsschornstein	Sollwert der Abgastemperatur am Eintritt	°C	200		350	
	Spalt belüftet	J/N	J	N	J	N
4	Versuchsdauer	h	10	10	4	4
	Stationär	J/N	J	J	J	J
	Labortemperatur	°C	12	8	11	9

Tabelle 9

Zusammenstellung der den Versuchen zugrundeliegenden Randbedingungen des Versuchsschornsteins 5.

Versuchsschornstein	Randbedingung		Versuchsnummer		
			1	2	3
	Sollwert der Abgastemperatur am Eintritt	°C	350	500	1000
5	Versuchsdauer	h	3	6	1
	Stationär	J/N	J	J	N
	Labortemperatur	°C	4	12	15

Tabelle 10

Zusammenstellung der in den Meßebenen I, II und III aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchschornsteines 1. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 1		Versuch							
		1	2	3	4	5	6		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
		Nr	Lagebeschreibung						
I		2	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	101	102	110	109	122	121
		3	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	55	59	53	56	66	62
		4	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	108	111	113	110	121	119
		5	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	117	116	130	134	131	133
		6	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	68	69	66	70	80	80
		7	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	<u>126</u>	<u>124</u>	<u>138</u>	<u>141</u>	<u>137</u>	<u>140</u>
		II		8	Füllbeton-Holzbalken	69	75	62	65
11	Füllbeton-Holzbalken			43	51	37	36	68	63
13	Füllbeton-Holzbalken			69	52	61	64	83	79
19	Lufttemperatur im Luftspalt			99	102	96	98	113	112
22	Lufttemperatur im Luftspalt			94	97	89	90	106	105
24	Lufttemperatur im Luftspalt			103	105	100	103	113	113
20	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			82	86	73	74	97	96
23	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			99	102	94	97	<u>113</u>	<u>112</u>
25	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt	<u>102</u>	<u>105</u>	<u>99</u>	<u>102</u>	111	111		
III		9	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	100	<u>107</u>	98	98	117	112
		10	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	53	61	47	47	75	70
		14	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	<u>106</u>	88	<u>103</u>	<u>102</u>	<u>119</u>	<u>113</u>
		18	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	138	128	138	147	158	157
		21	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	100	104	89	91	113	113
		17	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	147	129	154	159	156	158

Tabelle 11

Zusammenstellung der in den Meßebenen IV, V und VI aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 1. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 1		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
IV		26	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	-	-	-	-	-	-
		28	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	-	-	-	-	-	-
		30	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	-	-	-	-	-	-
		31	Spanplatte - Füllbeton	61	69	53	53	85	81
		27	Spanplatte - Füllbeton	32	40	29	26	60	54
		29	Spanplatte - Füllbeton	60	68	53	52	83	76
		32	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	155	156	157	165	177	177
		33	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	104	108	91	89	119	118
		34	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	160	162	166	171	173	175
V		12	Abgastemperatur	369	355	519	513	991	963
		15	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	327	310	435	429	831	789
		16	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	379	363	513	506	851	880
VI		42	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	137	-	142	149	160	159
		36	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	-	-	-	-	-	-
		38	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	63	-	55	58	82	78
		43	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	160	160	169	177	182	183
		45	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	95	95	84	84	107	105
		40	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	145	150	150	158	161	164
		41	Spanplatte - Mineralwolle	60	-	53	57	78	75
		35	Spanplatte - Mineralwolle	21	-	19	20	48	43
		37	Spanplatte - Mineralwolle	49	-	45	48	67	66
		44	Spanplatte - Mineralwolle	68	70	63	66	83	81
		46	Spanplatte - Mineralwolle	36	35	29	39	48	46
		39	Spanplatte - Mineralwolle	78	85	72	75	92	95





Tabelle 14

Zusammenstellung der in den Meßebenen XIII und XIV aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 1. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 1		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
XIII		86	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>110</u>	<u>127</u>	<u>115</u>	<u>135</u>	<u>111</u>	<u>121</u>
		89	Schornsteinoberfläche - Kantholz	74	93	76	97	75	90
		90	Kantholz - Spanplatte	62	56	59	48	60	56
		87	Kantholz - Spanplatte	40	46	35	42	44	48
		91	Spanplattenaußenoberfläche	31	29	29	27	32	31
		88	Spanplattenaußenoberfläche	22	25	20	24	24	27
		92	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	110	132	119	138	109	189
		93	Luftspalttemperatur	42	88	46	91	47	85
		94	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	60	98	63	95	61	91
XIV		98	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	107	137	116	141	97	108
		99	Luftspalttemperatur	45	99	48	104	53	88
		100	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	65	107	66	105	65	91
		95	Abgastemperatur	356	344	483	477	740	732
		96	Schornsteininnenoberfläche	292	286	392	387	531	517
		97	Schornsteininnenoberfläche	303	298	405	401	535	512

Tabelle 15

Zusammenstellung der in den Meßebenen I, II und III aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 2. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 2		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
I		2	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	95	93	102	99	71	84
		3	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	63	60	63	59	48	56
		4	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	<u>101</u>	<u>99</u>	110	109	75	88
		5	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	87	82	103	100	78	90
		6	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	64	60	72	68	55	64
		7	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	96	93	<u>114</u>	<u>110</u>	<u>83</u>	<u>95</u>
		II		8	Füllbeton-Holzbalken	102	103	98	99
11	Füllbeton-Holzbalken			79	77	66	65	53	61
13	Füllbeton-Holzbalken			<u>108</u>	<u>107</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	68	80
19	Lufttemperatur im Luftspalt			88	85	90	89	66	76
22	Lufttemperatur im Luftspalt			88	85	90	88	69	76
24	Lufttemperatur im Luftspalt			93	90	96	95	68	79
20	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			91	88	95	94	69	81
23	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			84	80	84	83	63	72
III		9	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	122	121	120	122	78	92
		10	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	92	92	80	80	60	70
		14	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	<u>126</u>	<u>126</u>	122	122	77	91
		18	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	117	113	<u>127</u>	<u>127</u>	<u>94</u>	<u>109</u>
		21	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	98	95	100	99	74	85
		17	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	125	123	136	136	95	108

Tabelle 16

Zusammenstellung der in den Meßebenen IV, V und VI aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 2. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 2		Versuch							
		1	2	3	4	5	6		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
		Nr	Lagebeschreibung						
IV		26	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	131	130	131	133	84	100
		28	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	94	93	82	83	61	71
		30	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	133	132	131	130	84	100
		31	Spanplatte - Füllbeton	106	106	97	98	70	81
		27	Spanplatte - Füllbeton	80	79	65	65	53	62
		29	Spanplatte - Füllbeton	110	110	100	100	69	81
		32	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	117	114	128	129	98	114
		33	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	92	90	92	91	71	81
		34	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	<u>140</u>	<u>143</u>	<u>160</u>	<u>161</u>	<u>109</u>	<u>124</u>
V		12	Abgastemperatur	352	342	496	492	1014	1010
		15	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	302	295	409	411	759	804
		16	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	297	299	429	431	787	807
VI		42	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	141	137	<u>152</u>	<u>155</u>	<u>102</u>	<u>120</u>
		36	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	89	85	83	83	63	75
		38	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	<u>144</u>	<u>141</u>	147	145	101	119
		43	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	115	110	133	131	100	119
		45	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	77	70	84	76	66	74
		40	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	137	144	158	159	107	123
		41	Spanplatte - Mineralwolle	91	88	88	88	64	76
		35	Spanplatte - Mineralwolle	63	60	58	55	48	56
		37	Spanplatte - Mineralwolle	98	93	92	88	66	80
		44	Spanplatte - Mineralwolle	76	72	83	79	67	82
		46	Spanplatte - Mineralwolle	58	52	63	55	52	59
		39	Spanplatte - Mineralwolle	84	90	94	87	66	79

Tabelle 17

Zusammenstellung der in den Meßebenen VII, VIII und IX aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 2. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

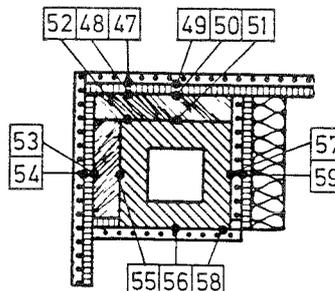
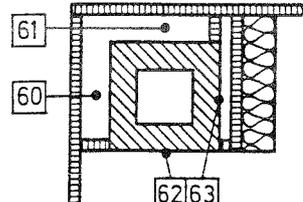
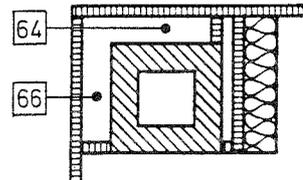
Schornstein 2		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
VII		55	Schornsteinoberfläche - Kantholz	111	106	<u>123</u>	124	87	103
		52	Schornsteinoberfläche - Kantholz	63	59	66	62	53	63
		51	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>114</u>	110	122	118	89	<u>107</u>
		56	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	92	85	112	106	87	102
		58	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	57	47	67	52	55	60
		57	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	99	<u>121</u>	119	<u>134</u>	85	<u>108</u>
		53	Kantholz - Spanplatte	63	59	65	61	53	63
		48	Kantholz - Spanplatte	29	25	37	27	35	38
		50	Kantholz - Spanplatte	52	45	55	45	48	57
		54	Spanplatte - Fußbodenleiste	44	39	51	43	43	50
		47	Spanplatte - Fußbodenleiste	26	22	35	24	33	26
		49	Spanplatte - Fußbodenleiste	29	36	45	35	41	47
		59	Spanplatte - Fußbodenleiste	61	91	74	89	55	82
		VIII		60	Luftspalttemperatur	65	61	79	73
61	Luftspalttemperatur			58	55	72	64	62	75
62	Schornsteinoberflächen-temperatur zum Labor			64	58	85	76	69	81
63	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt			58	86	78	102	68	96
IX		64	Luftspalttemperatur	73	71	88	82	73	90
		66	Luftspalttemperatur	78	73	95	90	71	85



Tabelle 19

Zusammenstellung der in den Meßebenen XII, und XIV aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 2. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 2		Versuch							
		1	2	3	4	5	6		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
		Nr	Lagebeschreibung						
XIII		86	Schornsteinoberfläche - Kantholz	105	102	122	121	85	101
		89	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>110</u>	<u>110</u>	<u>129</u>	<u>128</u>	<u>87</u>	<u>105</u>
		90	Kantholz - Spanplatte	64	60	70	64	60	69
		87	Kantholz - Spanplatte	62	61	71	64	56	67
		91	Spanplattenaußenoberfläche	39	33	48	38	42	49
		88	Spanplattenaußenoberfläche	42	39	53	43	44	52
		92	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	-	-	-	-	-	-
		93	Luftspalttemperatur	47	89	63	94	52	93
		94	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	55	93	72	97	57	94
		XIV		98	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	87	123	104	127
99	Luftspalttemperatur			52	101	69	103	60	101
100	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt			69	112	84	109	64	101
95	Abgastemperatur			340	332	482	480	832	852
96	Schornsteininnenoberfläche			284	280	385	384	577	615
97	Schornsteininnenoberfläche			284	284	387	384	585	616

Tabelle 20

Zusammenstellung der in den Meßebenen I, II und III aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 3. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 3		Versuch							
		1	2	3	4	5	6		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
		Nr	Lagebeschreibung						
I		2	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	<u>77</u>	<u>70</u>	93	<u>106</u>	68	79
		3	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	61	52	65	76	46	54
		4	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	76	66	91	103	65	77
		5	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	74	64	<u>94</u>	102	<u>75</u>	86
		6	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	56	47	67	73	50	59
		7	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	74	65	91	101	72	<u>84</u>
		II		8	Füllbeton-Holzbalken	<u>84</u>	<u>74</u>	96	<u>112</u>
11	Füllbeton-Holzbalken			72	63	75	89	54	63
13	Füllbeton-Holzbalken			82	73	93	110	64	75
19	Lufttemperatur im Luftspalt			80	70	97	107	71	<u>82</u>
22	Lufttemperatur im Luftspalt			79	69	94	104	68	79
24	Lufttemperatur im Luftspalt			80	70	95	106	67	78
20	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			80	71	98	108	<u>72</u>	<u>82</u>
23	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			77	66	91	101	67	77
III		9	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	92	81	109	128	76	88
		10	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	76	67	80	95	58	67
		14	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	91	79	103	123	71	83
		18	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	102	93	128	139	<u>103</u>	<u>113</u>
		21	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	85	75	103	112	80	90
		17	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	<u>105</u>	<u>96</u>	<u>129</u>	<u>143</u>	98	108

Tabelle 21

Zusammenstellung der in den Meßebenen IV, V und VI aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 3. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 3		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
IV		26	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	102	91	123	144	89	100
		28	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	77	67	82	98	59	68
		30	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	-	-	-	-	-	-
		31	Spanplatte - Füllbeton	87	76	99	117	72	82
		27	Spanplatte - Füllbeton	73	64	75	90	55	64
		29	Spanplatte - Füllbeton	84	74	94	111	66	76
		32	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	109	100	<u>140</u>	151	<u>122</u>	<u>132</u>
		33	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	85	74	103	111	86	95
		34	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	<u>112</u>	<u>104</u>	139	<u>157</u>	107	120
V		12	Abgastemperatur	350	351	494	517	983	993
		15	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	361	348	465	498	803	810
		16	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	366	353	456	489	782	800
VI		42	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	<u>114</u>	103	<u>146</u>	<u>166</u>	<u>116</u>	<u>127</u>
		36	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	72	62	81	95	58	69
		38	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	100	88	121	139	88	100
		43	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	109	102	146	156	149	157
		45	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	73	62	90	92	83	89
		40	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	109	<u>106</u>	137	163	107	123
		41	Spanplatte - Mineralwolle	85	74	106	122	77	88
		35	Spanplatte - Mineralwolle	56	46	62	68	40	50
		37	Spanplatte - Mineralwolle	52	43	57	66	41	48
		44	Spanplatte - Mineralwolle	68	59	89	95	79	88
		46	Spanplatte - Mineralwolle	55	44	69	67	58	63
		39	Spanplatte - Mineralwolle	79	75	96	119	70	87

Tabelle 22

Zusammenstellung der in den Meßebenen VII, VIII und IX aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 3. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

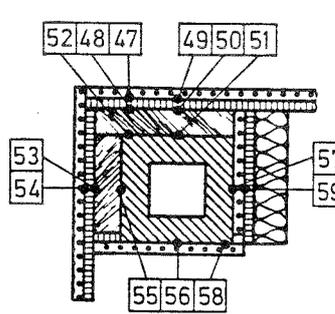
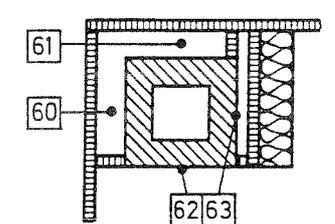
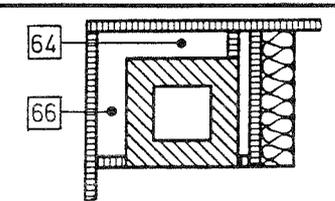
Schornstein 3		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
VII		55	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>98</u>	89	<u>131</u>	145	<u>108</u>	<u>119</u>
		52	Schornsteinoberfläche - Kantholz	55	46	65	73	50	58
		51	Schornsteinoberfläche - Kantholz	90	80	113	130	86	98
		56	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	84	76	115	123	130	136
		58	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	51	36	63	55	66	69
		57	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	91	<u>96</u>	117	<u>150</u>	94	117
		53	Kantholz - Spanplatte	52	44	65	70	50	58
		48	Kantholz - Spanplatte	30	24	35	36	26	31
		50	Kantholz - Spanplatte	48	40	58	64	42	51
		54	Spanplatte - Fußbodenleiste	33	25	41	41	34	40
		47	Spanplatte - Fußbodenleiste	28	22	33	34	25	29
		49	Spanplatte - Fußbodenleiste	35	28	42	45	32	37
		59	Spanplatte - Fußbodenleiste	56	66	70	108	55	84
VIII		60	Luftspalttemperatur	47	40	61	63	52	60
		61	Luftspalttemperatur	49	43	65	70	53	63
		62	Schornsteinoberflächen-temperatur zum Labor	53	44	69	70	65	73
		63	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	51	71	66	105	59	92
IX		64	Luftspalttemperatur	58	54	76	83	63	73
		66	Luftspalttemperatur	52	47	67	72	57	65

Tabelle 23

Zusammenstellung der in den Meßebenen X, XI und XII aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 3. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 3		Versuch							
		1	2	3	4	5	6		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
		Nr	Lagebeschreibung						
X		71	Schornsteinoberfläche - Kantholz	66	61	82	90	72	80
		74	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>70</u>	<u>65</u>	<u>91</u>	<u>99</u>	<u>75</u>	<u>85</u>
		70	Kantholz - Spanplatte	40	33	51	54	42	47
		73	Kantholz - Spanplatte	45	39	61	64	48	54
		75	Spanplattenaußenoberfläche	30	22	36	37	31	36
		72	Spanplattenaußenoberfläche	32	25	41	41	34	39
		76	Schornsteinaußenoberfläche zum Labor	67	59	88	91	89	97
		77	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	60	82	80	127	68	103
		78	Luftspalttemperatur	33	60	41	96	35	80
		79	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	37	62	46	99	38	81
		67	Abgastemperatur Spanplatte	356	354	489	507	936	911
		65	Schornsteininnenoberfläche	360	351	476	508	838	797
		68	Schornsteininnenoberfläche	357	347	459	491	751	732
XI		80	Luftspalttemperatur	54	47	72	76	56	62
		81	Luftspalttemperatur	53	47	71	78	53	62
		82	Luftspalttemperatur	38	63	46	98	40	83
XII		83	Luftspalttemperatur	56	50	74	80	60	64
		84	Luftspalttemperatur	55	50	75	81	57	64

Tabelle 24

Zusammenstellung der in den Meßebenen XIII und XIV aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 3. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

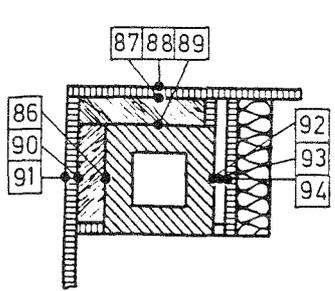
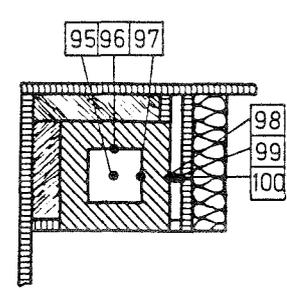
Schornstein 3		Versuch		1	2	3	4	5	6
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
Ebene		Nr	Lagebeschreibung						
XIII		86	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<u>68</u>	<u>63</u>	<u>88</u>	95	<u>69</u>	<u>76</u>
		89	Schornsteinoberfläche - Kantholz	66	62	<u>88</u>	<u>96</u>	68	75
		90	Kantholz - Spanplatte	45	39	61	65	45	50
		87	Kantholz - Spanplatte	42	35	56	58	42	46
		91	Spanplattenaußenoberfläche	32	25	41	42	32	36
		88	Spanplattenaußenoberfläche	29	22	37	38	30	34
		92	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	70	92	95	140	77	105
		93	Luftspalttemperatur	43	68	54	108	45	86
		94	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	49	75	64	118	51	89
XIV		98	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	75	99	101	149	74	100
		99	Luftspalttemperatur	53	79	66	122	52	89
		100	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	56	84	75	130	56	91
		95	Abgastemperatur	359	354	481	505	830	772
		96	Schornsteininnenoberfläche	340	337	449	480	586	538
		97	Schornsteininnenoberfläche	339	334	446	475	613	551

Tabelle 25

Zusammenstellung der in den Meßebenen I, II und III aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 4. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 4		Versuch					
		1	2	3	4		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]			
		Nr	Lagebeschreibung				
I		2	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	<u>71</u>	<u>70</u>	<u>104</u>	<u>110</u>
		3	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	63	56	78	75
		4	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	69	64	94	95
		5	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	67	65	94	95
		6	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	59	57	82	82
		7	Schornsteinoberfläche - Gipskartonplatte	69	66	102	105
		II		8	Füllbeton-Holzbalcken	76	73
11	Füllbeton-Holzbalcken			68	62	74	72
13	Füllbeton-Holzbalcken			74	68	85	85
19	Lufttemperatur im Luftspalt			79	76	109	108
22	Lufttemperatur im Luftspalt			80	75	108	106
24	Lufttemperatur im Luftspalt			81	76	111	110
20	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			79	76	109	107
23	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt			76	73	103	100
25	Balkenoberflächentemp. im Luftspalt	<u>80</u>	<u>76</u>	<u>110</u>	<u>109</u>		
III		9	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	<u>86</u>	<u>84</u>	<u>115</u>	<u>114</u>
		10	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	77	71	86	87
		14	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	82	76	101	101
		18	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	101	98	141	138
		21	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	91	88	126	122
		17	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt	102	97	142	142

Tabelle 26

Zusammenstellung der in den Meßebenen IV, V und VI aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 4. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 4		Versuch		1	2	3	4
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]			
		Nr	Lagebeschreibung				
IV		26	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	84	83	114	113
		28	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	77	71	91	89
		30	Schornsteinoberfläche - Füllbeton	85	79	109	108
		31	Spanplatte - Füllbeton	78	77	101	100
		27	Spanplatte - Füllbeton	71	66	80	78
		29	Spanplatte - Füllbeton	76	70	89	88
		32	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	109	<u>107</u>	158	154
		33	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	97	94	137	132
		34	Schornsteinoberfläche - Spanplatte	<u>112</u>	<u>107</u>	<u>160</u>	<u>160</u>
V		12	Abgastemperatur	201	202	351	355
		15	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	211	190	354	355
		16	Schornsteinoberflächen-temperatur innen	211	203	325	342
VI		42	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	105	104	171	166
		36	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	92	83	131	127
		38	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	110	101	166	165
		43	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	120	118	180	175
		45	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	100	96	145	138
		40	Schornsteinoberfläche - Mineralwolle	<u>123</u>	<u>121</u>	<u>181</u>	<u>188</u>
		41	Spanplatte - Mineralwolle	69	67	101	98
		35	Spanplatte - Mineralwolle	57	51	70	68
		37	Spanplatte - Mineralwolle	74	68	101	99
		44	Spanplatte - Mineralwolle	64	61	90	85
		46	Spanplatte - Mineralwolle	55	51	72	68
		39	Spanplatte - Mineralwolle	83	83	117	120

Tabelle 27

Zusammenstellung der in den Meßebenen VII, VIII und IX aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 4. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

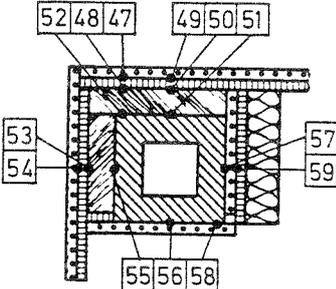
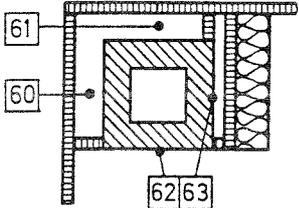
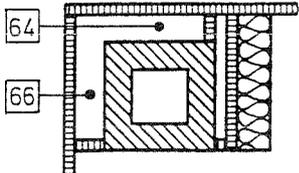
Schornstein 4		Versuch					
		1	2	3	4		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]			
		Nr	Lagebeschreibung				
VII		55	Schornsteinoberfläche - Kantholz	92	<b>90</b>	<b>153</b>	<b>149</b>
		52	Schornsteinoberfläche - Kantholz	74	65	107	103
		51	Schornsteinoberfläche - Kantholz	<b>94</b>	87	145	143
		56	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	79	76	120	115
		58	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	66	61	96	92
		57	Schornsteinoberfläche - Fußbodenleiste	80	102	110	154
		53	Kantholz - Spanplatte	42	39	57	55
		48	Kantholz - Spanplatte	39	33	47	45
		50	Kantholz - Spanplatte	48	44	63	61
		54	Spanplatte - Fußbodenleiste	32	29	41	40
		47	Spanplatte - Fußbodenleiste	31	26	37	34
		49	Spanplatte - Fußbodenleiste	37	32	48	44
		59	Spanplatte - Fußbodenleiste	57	69	74	96
		VIII		60	Luftspalttemperatur	46	43
61	Luftspalttemperatur			46	42	67	65
62	Schornsteinoberflächen-temperatur zum Labor			47	42	66	64
63	Schornsteinoberflächen-temperatur im Luftspalt			39	52	53	82
IX		64	Luftspalttemperatur	58	53	83	82
		66	Luftspalttemperatur	57	54	87	85

Tabelle 28

Zusammenstellung der in den Meßebenen X, XI und XII aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 4. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 4		Versuch		1	2	3	4
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]			
Ebene		Nr	Lagebeschreibung				
X		71	Schornsteinoberfläche - Kantholz	85	82	136	135
		74	Schornsteinoberfläche - Kantholz	79	75	115	115
		70	Kantholz - Spanplatte	39	36	59	58
		73	Kantholz - Spanplatte	46	42	68	67
		75	Spanplatteaußenoberfläche	28	23	38	38
		72	Spanplatteaußenoberfläche	32	26	41	40
		76	Schornsteinaußenoberfläche zum Labor	48	43	65	62
		77	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	44	66	59	99
		78	Luftspalttemperatur	21	39	24	59
		79	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	26	48	32	71
		67	Abgastemperatur Spanplatte	201	203	351	349
		65	Schornsteininnenoberfläche	198	187	331	331
		68	Schornsteininnenoberfläche	205	197	323	336
XI		80	Luftspalttemperatur	46	45	69	73
		81	Luftspalttemperatur	47	47	70	75
		82	Luftspalttemperatur	26	49	31	74
XII		83	Luftspalttemperatur	56	55	86	88
		84	Luftspalttemperatur	52	53	76	84

Tabelle 29

Zusammenstellung der in den Meßebenen XIII und XIV aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 4. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

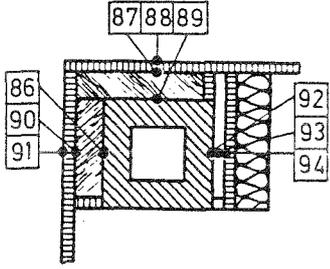
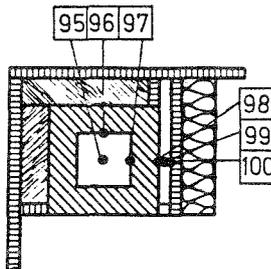
Schornstein 4		Versuch		1	2	3	4
		Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]			
Ebene		Nr	Lagebeschreibung				
XIII		86	Schornsteinoberfläche - Kantholz	90	89	144	145
		89	Schornsteinoberfläche - Kantholz	63	68	91	104
		90	Kantholz - Spanplatte	40	37	60	58
		87	Kantholz - Spanplatte	40	38	58	58
		91	Spanplattenaußenoberfläche	28	24	39	38
		88	Spanplattenaußenoberfläche	27	25	36	36
		92	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	57	79	80	121
		93	Luftspalttemperatur	31	55	38	83
		94	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	39	63	53	95
XIV		98	Schornsteinaußenoberfläche zum Luftspalt	62	87	88	133
		99	Luftspalttemperatur	35	66	46	101
		100	Spanplatteninnenoberfläche zum Luftspalt	46	73	62	111
		95	Abgastemperatur	206	203	349	349
		96	Schornsteininnenoberfläche	193	186	322	323
		97	Schornsteininnenoberfläche	194	190	316	323

Tabelle 30

Zusammenstellung der in den Meßebenen I und II aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 5. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 5		Versuch				
		1	2	3		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur der Meßstelle [°C]		
		Nr	Lagebeschreibung			
I		4	Balkenoberflächen - temperatur	17	35	70
		5	Balkenoberflächen - temperatur	16	36	74
		6	Balkenoberflächen - temperatur	16	30	70
		7	Balkenoberflächen - temperatur	17	35	78
		8	Balkenoberflächen - temperatur	20	37	79
		9	Balkenoberflächen- temperatur	<u>22</u>	<u>43</u>	<u>85</u>
		10	Stahlrohroberflächen- temperatur außen	190	274	441
		11	Stahlrohroberflächen- temperatur außen	191	276	487
		12	Stahlrohroberflächen- temperatur außen	195	284	-
		13	Stahlrohroberflächen- temperatur außen	210	281	470
		46	Lufttemperatur Luftspalt	9	25	46
		47	Lufttemperatur Luftspalt	10	23	38
		0	Abgastemperatur	351	500	924
		II		14	Spanplatte Fußboden Stirnseite	20
15	Spanplatte Fußboden Stirnseite			19	36	66
16	Spanplatte Fußboden Stirnseite			18	34	60
17	Spanplatte Fußboden Stirnseite			20	39	71
18	Spanplatte Fußboden Stirnseite			20	39	71
19	Spanplatte Fußboden Stirnseite			<u>23</u>	<u>42</u>	<u>77</u>

Tabelle 31

Zusammenstellung der in den Meßebenen III und IV aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 5. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 5		Versuch				
		1	2	3		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur der Meßstelle [°C]		
		Nr	Lagebeschreibung			
III		20	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	18	36	72
		21	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	18	35	66
		22	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	16	36	59
		23	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	18	38	68
		102	Spanplatte - Mineralwolle	16	33	53
		103	Spanplatte - Mineralwolle	17	36	56
		108	Spanplatte - Mineralwolle	6	17	15
		109	Spanplatte - Mineralwolle	5	14	15
IV		24	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	185	251	410
		25	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	191	260	412
		26	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	192	264	413
		27	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	189	263	408
		48	Lufttemperatur Luftspalt	12	25	39
		49	Lufttemperatur Luftspalt	11	24	33
		28	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	23	44	56
		29	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	20	40	52
		30	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	18	35	50
		31	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	21	40	56
		104	Spanplattenoberfläche - Mineralwolle	20	39	48
		105	Spanplattenoberfläche - Mineralwolle	20	38	48
		110	Mineralwolleoberfläche außen	7	20	17
		111	Mineralwolleoberfläche außen	6	17	17
1	Abgastemperatur	352	492	742		

Tabelle 32

Zusammenstellung der in den Meßebenen V und VI aufgetretenen Temperaturen am Versuchsende für die Versuche 1 bis 6 des Versuchsschornsteines 5. Die hervorgehobenen Zahlen geben die in der jeweiligen Ebene aufgetretenen maximalen Oberflächen- bzw. Schichttemperaturen der angrenzenden Bauteile wieder.

Schornstein 5		Versuch				
		1	2	3		
Ebene		Meßpunkt		Temperatur der Meßstelle [°C]		
		Nr	Lagebeschreibung			
V		35	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	<u>24</u>	41	53
		36	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	22	40	50
		37	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	21	38	47
		38	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	<u>24</u>	<u>43</u>	<u>54</u>
		106	Spanplatte - Mineralwolle	21	38	46
		107	Spanplatte - Mineralwolle	-	-	-
		112	Mineralwolleoberfläche außen	9	22	19
		113	Mineralwolleoberfläche außen	8	20	18
		32	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	179	242	372
		33	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	188	257	387
		34	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	171	242	368
		100	Lufttemperatur Luftspalt	9	22	35
		101	Lufttemperatur Luftspalt	9	22	33
		2	Abgastemperatur	338	475	742
VI		42	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	<u>23</u>	39	46
		43	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	20	37	43
		44	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	22	39	42
		45	Spanplattenoberfläche luftspaltseitig	22	<u>42</u>	<u>47</u>
		39	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	40	46	348
		40	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	62	56	310
		41	Stahlrohroberflächen-temperatur außen	22	25	320
		3	Abgastemperatur	110	127	693

Tabelle 33

Vergleichende Zusammenstellung der maximal aufgetretenen Temperaturen ausgewählter Meßpunkte für die Versuchsschornsteine 1, 2, 3 und 4.

Schornstein	Betriebsphase		1		2		Rußbrand	
	Sollwert Abgastemperatur		350		500		1000	
	Spalt belüftet J/N		J	N	J	N	J	N
	Meßpunkt		Temperatur an der Meßstelle [°C]					
	Nr	Lagebeschreibung						
1	62	freie Außenoberfläche des Versuchsschornsteins in Meßebene VIII	-	-	106*	108*	110	111
2			-	-	85*	76*	69	81
3			-	-	69	70	65	73
4			66	64*	-	-	-	-
1	34	Schornsteinaußenoberfläche - Stirnseite der Spanplatte im Fußboden in Meßebene IV	-	-	166*	171*	173	175
2			-	-	160*	161*	109	124
3			-	-	139	157	107	120
4			160	160*	-	-	-	-
1	25	Holzbalkenoberfläche im Luftspalt zwischen Schornstein und Balken in Ebene II	-	-	99*	102*	111	111
2			-	-	101*	100*	71	83
3			-	-	100	112	71	82
4			110	109*	-	-	-	-
1	57	Schornsteinaußenoberfläche - Fußbodenleiste im Luftspalt Ebene VII	-	-	136*	149*	153	160
2			-	-	119*	134*	85	108
3			-	-	117	150	94	117
4			110	154*	-	-	-	-
1	71	Schornsteinaußenoberfläche - Kantholz in Meßebene X	-	-	95*	121*	98	114
2			-	-	132*	131*	94	110
3			-	-	82	90	72	80
4			136	135*	-	-	-	-
1	79	Innenoberflächentemperatur der Spanplatte im Luftspalt in Meßebene X	-	-	40*	82*	43	80
2			-	-	59*	81*	49	83
3			-	-	46	99	38	81
4			32	71*	-	-	-	-

\*) Versuch wurde aus Sicherheitsgründen vor Erreichen des stationären Zustandes abgebrochen

Tabelle 34

Zusammenstellung der in Teil B untersuchten Materialien und Materialgruppen.

Materialgruppe	Material
Holz	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Fichtenholz</li><li>2. Buchenholz</li><li>3. Spanplatten</li></ol>
Dämmstoffe	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Polystyrolpartikel</li><li>2. Polystyrolextruderschaum</li><li>3. Polyurethanhartschaum</li><li>4. Polyisocyanuratschaum</li><li>5. leichte Holzfaserdämmplatte</li></ol>
Fußbodenbeläge	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Teppichboden aus Wolle</li><li>2. Teppichboden aus Polyamid</li><li>3. PVC-Fußbodenbelag</li><li>4. Linoleum</li><li>5. Korkplatten</li></ol>
Kunststoffolien und Elektroinstallationen	<ol style="list-style-type: none"><li>1. PVC-Folie</li><li>2. Polyäthylenfolie</li><li>3. Kunststoffmantelleitung</li></ol>

Tabelle 35

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Fichtenholz bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Fichtenholz		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140° C	deutliche Verfärbung erkennbar	Verfärbung entspricht Dauerprobe
160° C	weitere Verfärbung Probentemperatur über Schranktemperatur	Verfärbung entspricht Dauerprobe Probentemperatur über Schranktemperatur
180° C	Rißbildung leichte Verkohlungen feststellbar Probentemperatur über Schranktemperatur	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
200° C	bei Erhöhung auf 200° C erfolgt die Entzündung	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	Es erfolgt keine Entzündung, jedoch war am Ende eine starke Zersetzung der Probe festzustellen Probentemperatur über der Schranktemperatur	

Tabelle 36

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Buchenholz bei einer stufenweisen, wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Buchenholz		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140°C	deutliche Verfärbung erkennbar	Verfärbung entspricht Dauerprobe
160°C	weitere Verfärbung Probestemperatur über Schranktemperatur	Verfärbung entspricht Dauerprobe Probestemperatur über Schranktemperatur
180°C	starke Verkohlungen feststellbar Probestemperatur über Schranktemperatur	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
200°C	bei Erhöhung auf 200°C erfolgt die Entzündung	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	Die Probestemperatur steigt nach Erhöhung auf 200°C weiter bis auf ca. 280°C. Diese Temperatur blieb ca. 20 Stunden konstant. In dieser Zeit verkohlte die Probe.	

Tabelle 37

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Spanplattenholz bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Spanplatte		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140°C	leichte Verfärbung erkennbar	Verfärbung entspricht Dauerprobe
160°C	Probentemperatur über Schranktemperatur weitere Verfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe Probentemperatur über Schranktemperatur
180°C	starke Verkohlungen feststellbar Probentemperatur über Schranktemperatur	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
200°C	bei Erhöhung auf 200°C erfolgt die Entzündung	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	Die Probentemperatur steigt nach Erhöhung auf 200°C weiter bis auf ca. 350°C an. Diese Temperatur blieb ca. 8 Stunden konstant. In dieser Zeit verkohlte die Probe.	

Tabelle 38

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Polystyrol Hartschäumen bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Polystyrol-Partikelschaum, Polystyrol-Extruderschaum		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	starke Volumenverkleinerung Verfestigung	Zustand entspricht Dauerprobe
120°C	weitere Volumen- verkleinerung mit Verfestigung "glasiges Aussehen"	Zustand entspricht Dauerprobe
140°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
160°C	Verflüssigung	Zustand entspricht Dauerprobe
180°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
200°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
Dauer- probe in Gips	nach dem Abkühlen verfestigter, glasiger Zustand	

Tabelle 39

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Polyurethan- und Polyisocyan- Hartschaum bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Polyurethan Hartschaum (PUR), Polyisocyanuratschaum (PIR)		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120°C	leichte Verfärbung	Zustand entspricht Dauerprobe
140°C	starke Dunkelfärbung	Zustand entspricht Dauerprobe
160°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
180°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
200°C	leichte Formänderung	Zustand entspricht Dauerprobe
Dauerprobe in Gips	dunkle Verfärbung	

Tabelle 40

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur einer leichten Holzfaserdämmplatte bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

leichte Holzfaserdämmplatte		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140°C	leichte Braunverfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe
160°C	zunehmende Dunkelfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe
180°C	starke Dunkelfärbung	starke Dunkelfärbung
200°C	leichte Verkohlung feststellbar	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	keine Veränderungen	

Tabelle 41

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Teppichböden aus Polyamid und Wolle bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Teppichboden aus Polyamid und Wolle		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	leichte Verfärbungen	Verfärbung entspricht Dauerprobe
100°C	keine weiteren Veränderungen	Verfärbung entspricht Dauerprobe
120°C	deutliche Verfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe
140°C	starke Farbveränderung sehr spröder Schaumrücken	Zustand entspricht Dauerprobe
160°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
180°C	keine weiteren Veränderungen	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
200°C	keine weiteren Veränderungen	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	keine Probe angefertigt	

Tabelle 42

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Kork bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Kork		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
160°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
180°C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
200°C	keine Veränderungen	nach kurzer Zeit erfolgt Entzündung
Dauerprobe in Gips	keine Veränderungen	

Tabelle 43

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Linoleum bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Linoleum		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
100° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
120° C	keine Veränderungen	keine Veränderungen
140° C	leichte Versprödung	Zustand entspricht Dauerprobe
160° C	Versprödung leichte Dunkelfärbung	Zustand entspricht Dauerprobe
180° C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
200° C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
Dauerprobe in Gips	keine Probe angefertigt	

Tabelle 44

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von PVC Folien und Fußbodenbelägen bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

PVC Folien und Fußbodenbeläge		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	leichte Verfärbungen	Verfärbung entspricht Dauerprobe
100°C	deutlich sichtbare Verfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe
120°C	dunkle Verfärbung	Verfärbung entspricht Dauerprobe
140°C	starke Versprödung Schwarzfärbung	Zustand entspricht Dauerprobe
160°C	Verformungen	Zustand entspricht Dauerprobe
180°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
200°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
Dauerprobe in Gips	keine Probe angefertigt	

Tabelle 45

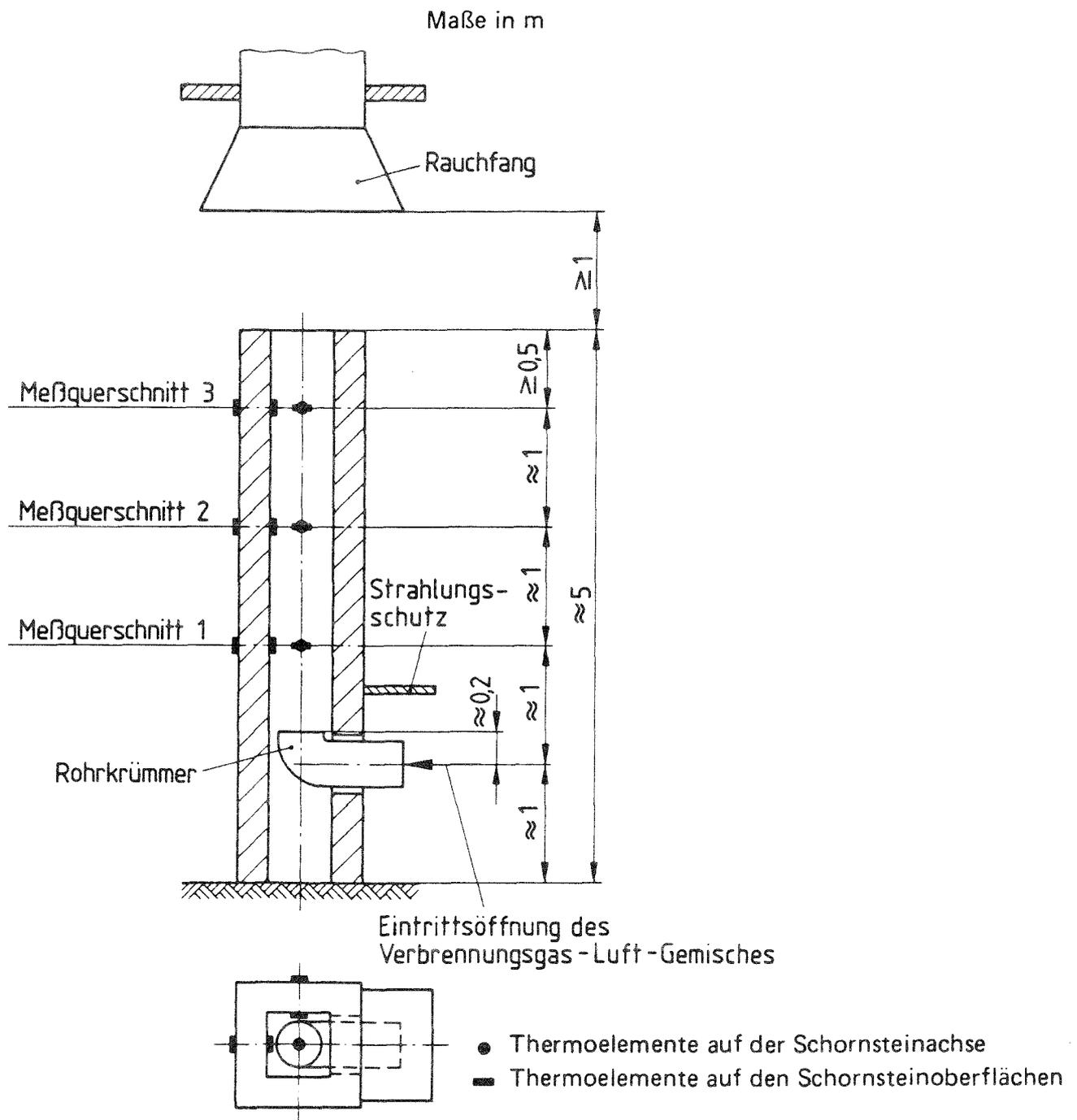
Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur einer Polyäthylen Folie bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Polyäthylen Folie		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	Form- und Volumenveränderung	Zustand entspricht Dauerprobe
100°C	Verflüssigung	Zustand entspricht Dauerprobe
120°C	Verdampfen der Folie	Zustand entspricht Dauerprobe

Tabelle 46

Zusammenstellung der Veränderungen bei der Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur von Kunststoffmantelleitungen bei einer stufenweisen wöchentlichen Temperaturerhöhung von 80° C bis auf 200° C für Dauer- und Wochenproben.

Kunststoff-Mantelleitung		
Temperatur	Dauerprobe	Wochenproben
80°C	leichte Farbveränderung	Zustand entspricht Dauerprobe
100°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
120°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
140°C	stärkere Dunkelfärbung leichte Versprödung	Zustand entspricht Dauerprobe
160°C	deutliche Dunkelfärbung Formveränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
180°C	keine weiteren Veränderungen	Zustand entspricht Dauerprobe
200°C	starke Versprödung	Zustand entspricht Dauerprobe
Dauerprobe in Gips	Zustand entspricht Dauerprobe	



**Bild 1:** Schematische Darstellung eines Längsschnittes des Prüf-schornsteins A gemäß [1].

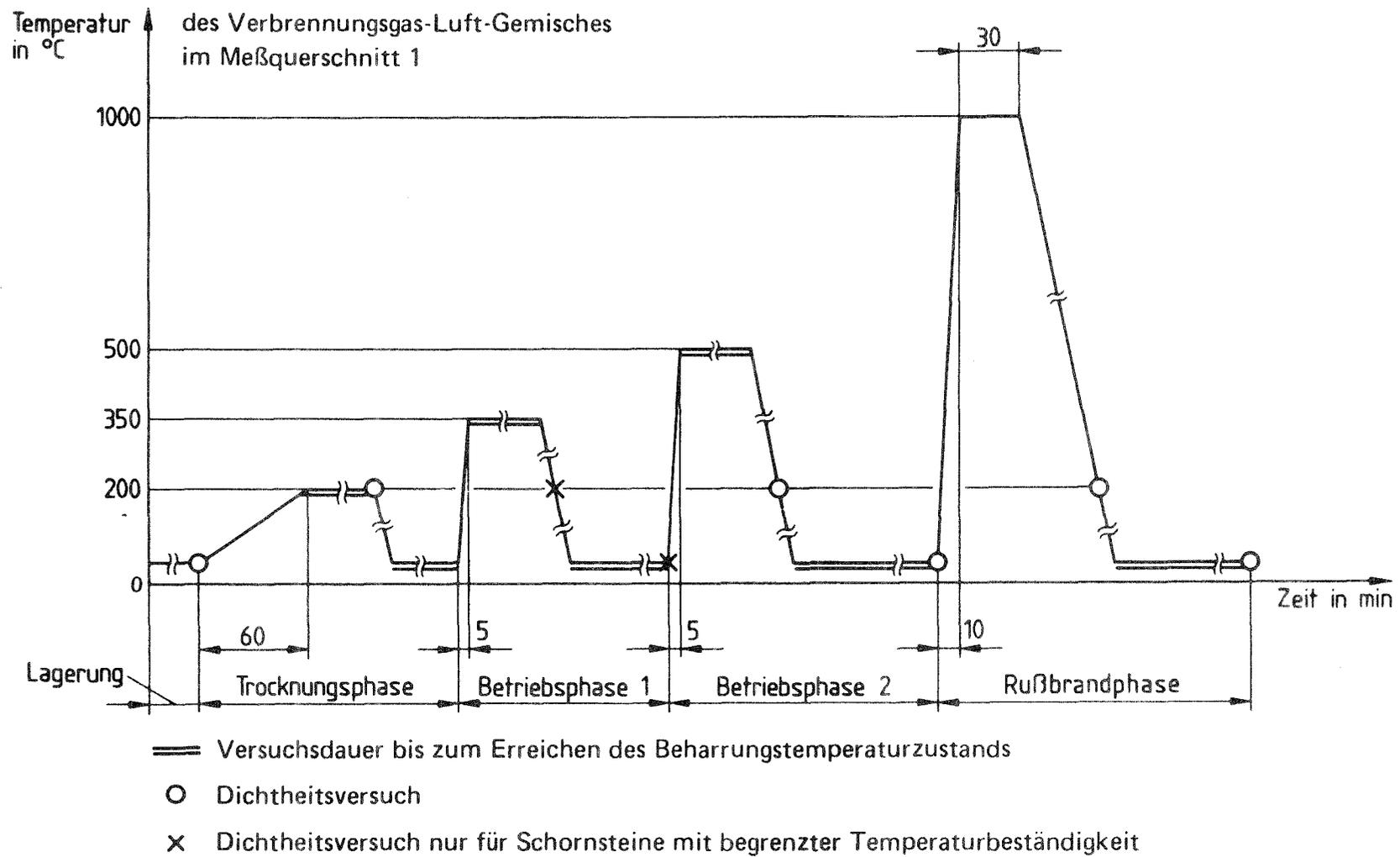


Bild 2: Temperatur-Zeitkurve des Prüfschornsteins A gemäß [1] mit Angabe der Betriebsphasen.

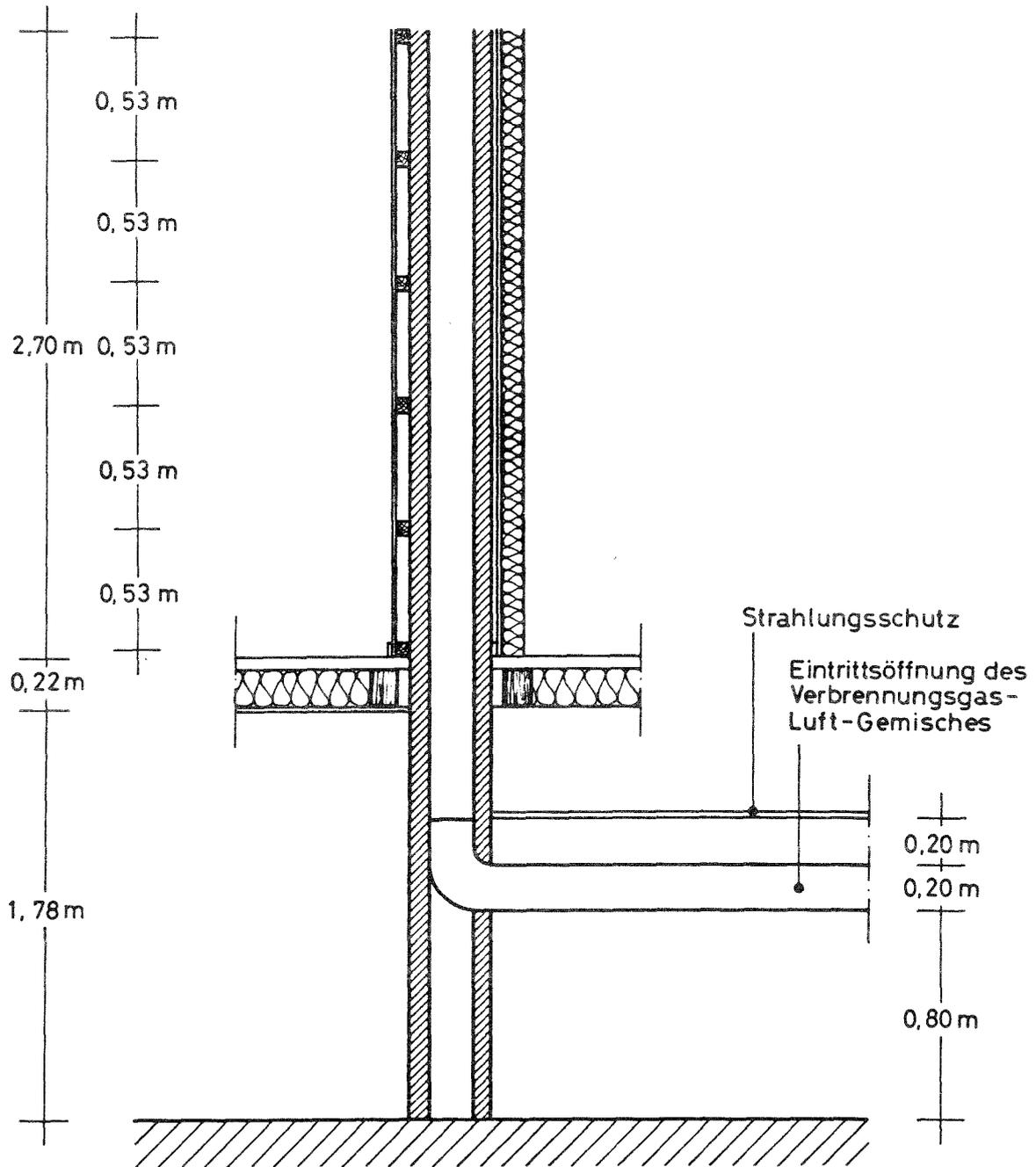
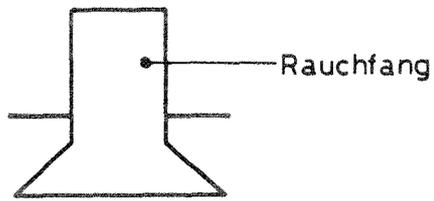
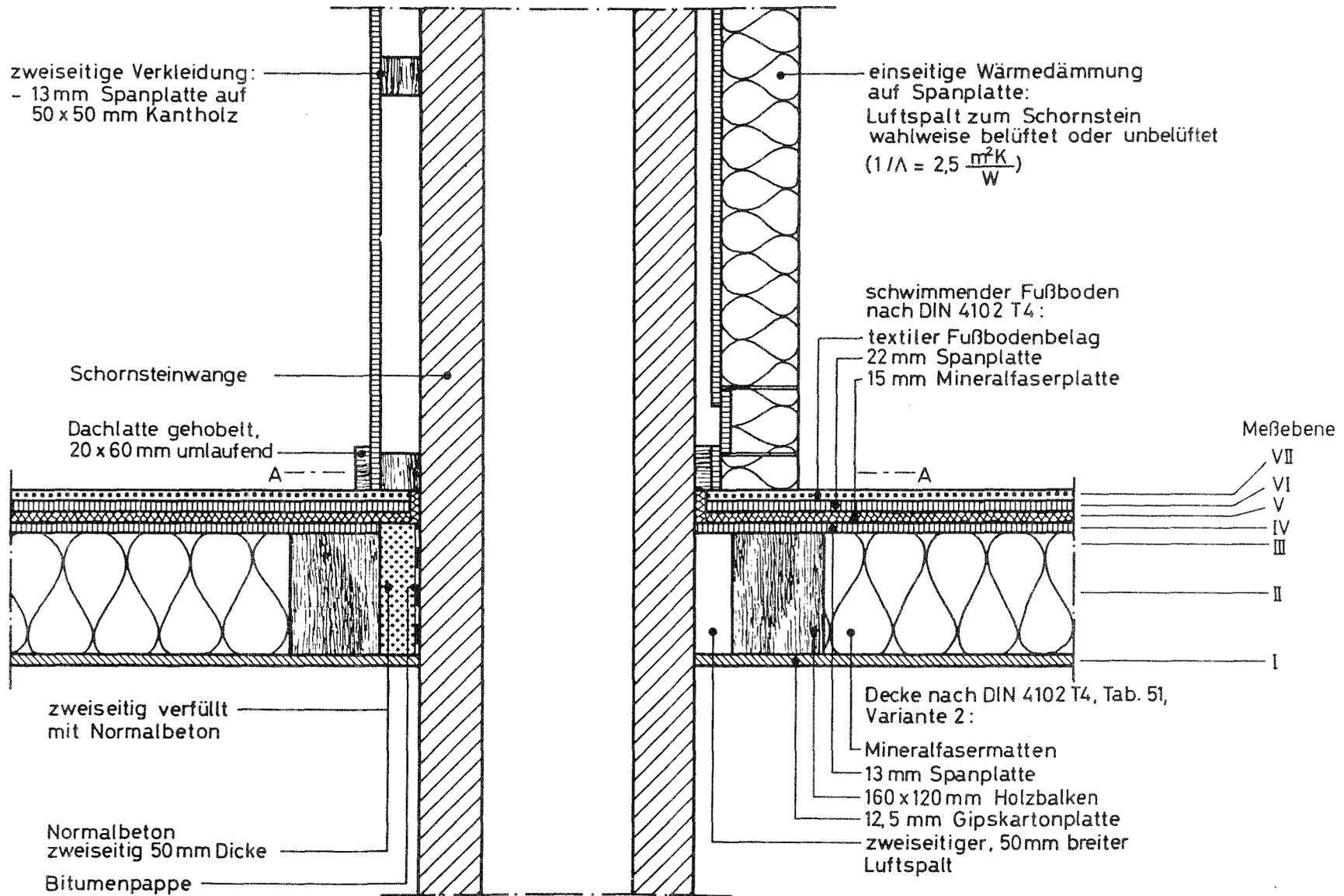


Bild 3: Darstellung eines schematischen Längsschnittes durch den Prüfschornstein mit Angabe der Höhenabmessungen.



**Bild 4:** Detaillierte Darstellung eines Längsschnittes durch den Prüfschornstein im Bereich der Deckendurchführung mit Angabe der verwendeten Materialien sowie deren Abmessungen und der Meßebenen.

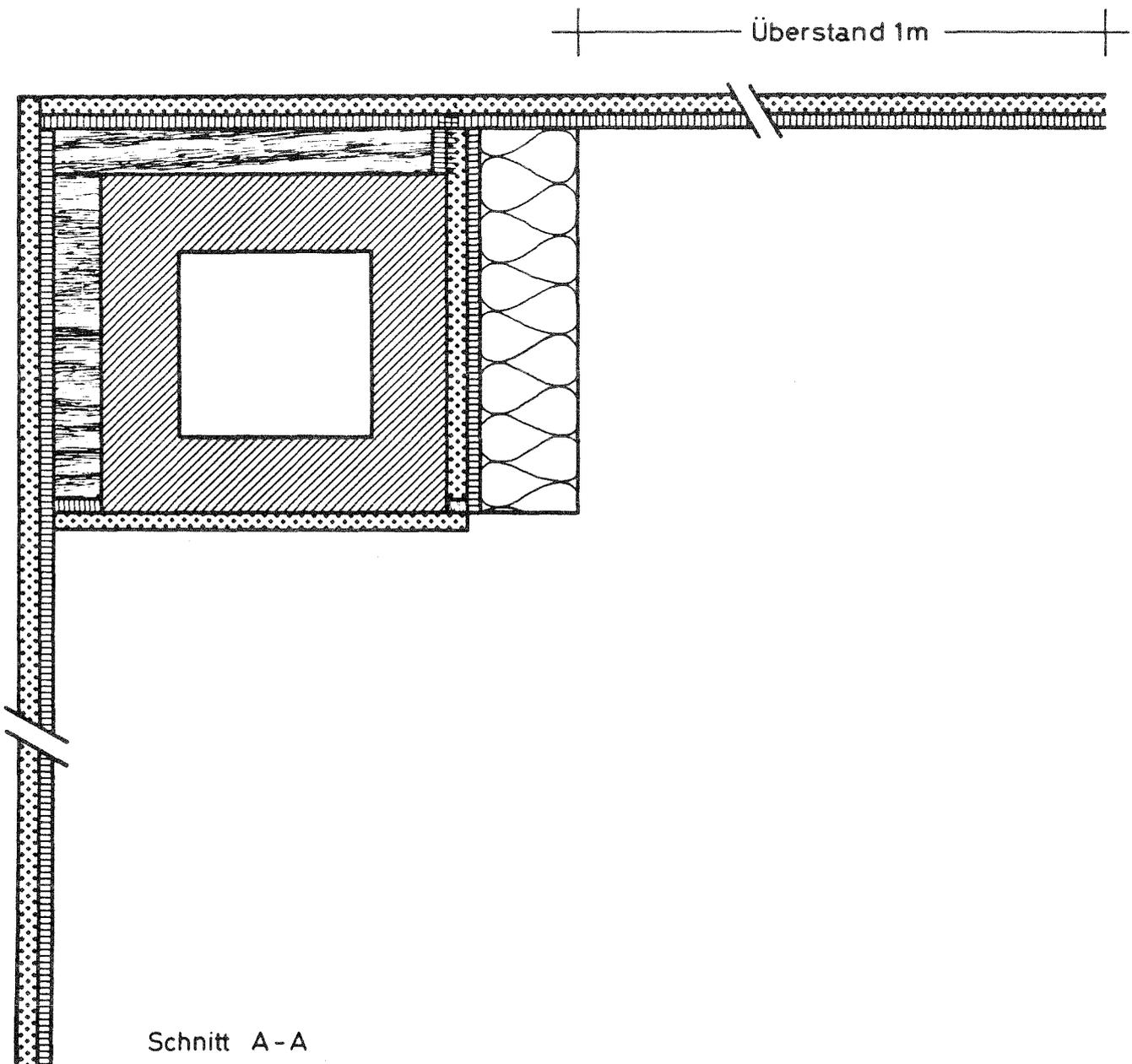


Bild 5: Darstellung des in Bild 4 eingetragenen Querschnittes A-A durch den Prüfschornstein.



Bild 6: Photographische Aufnahme des Versuchsstandes während des Aufbaus des Versuchsschornsteines 1. Das Photo zeigt den Bereich unterhalb der Holzbalkendecke mit Abgaseintrittsöffnung.

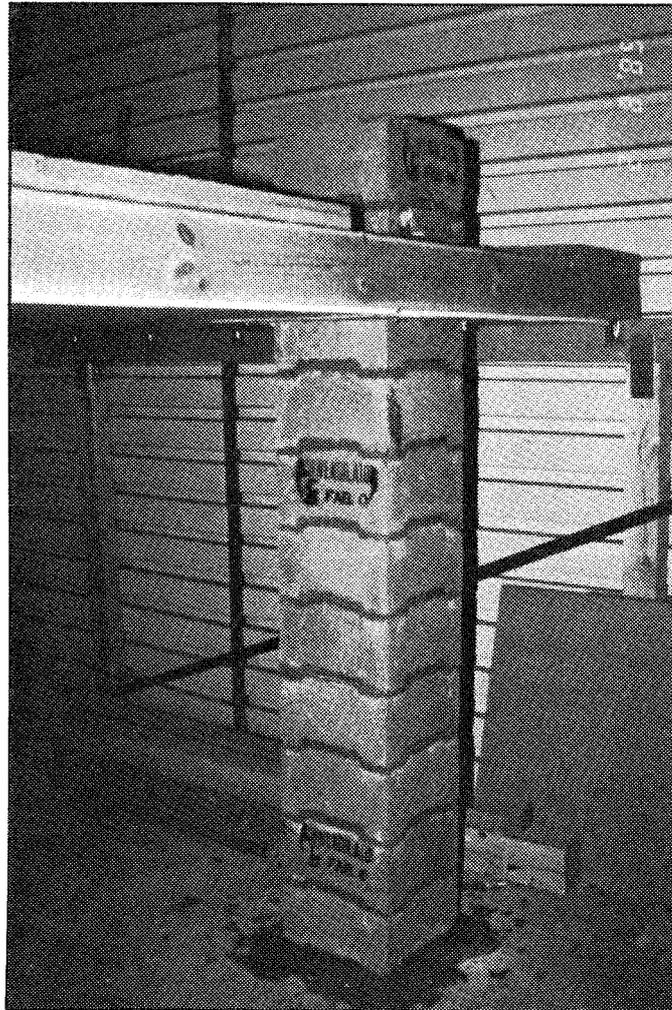


Bild 7: Photographische Aufnahme des Versuchsstandes während des Aufbaus des Versuchsschornsteines 1. Das Photo zeigt einen Schnitt durch die Holzbalkendecke mit Fußbodenaufbau.

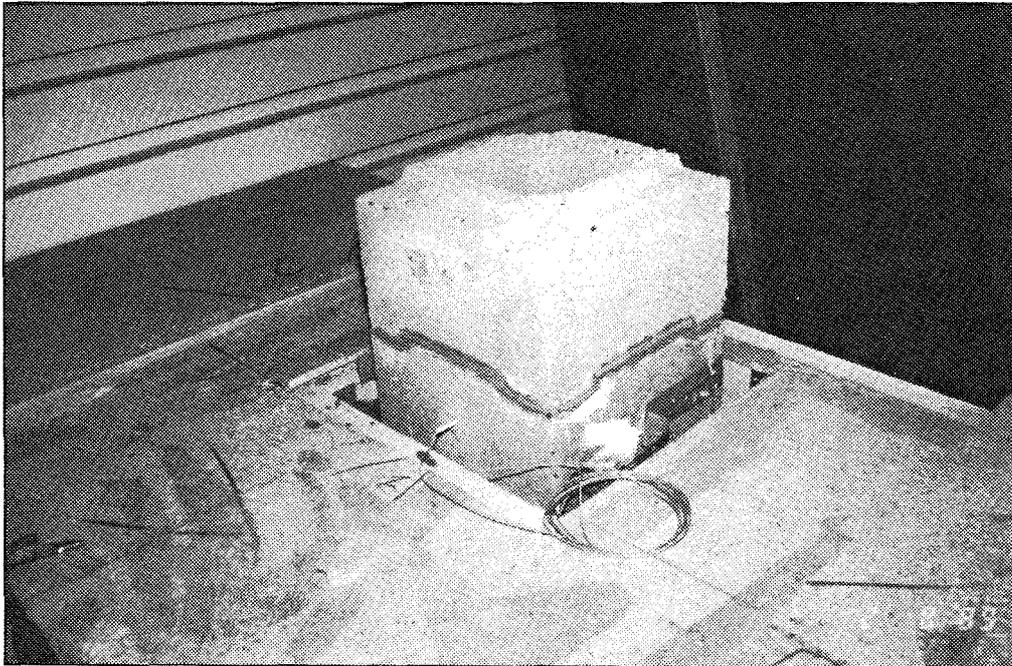


Bild 8: Photographische Aufnahme des Versuchsstandes während des Aufbaus des Versuchsschornsteins 1. Das Photo zeigt eine Ansicht auf die Deckendurchführung des Schornsteines.

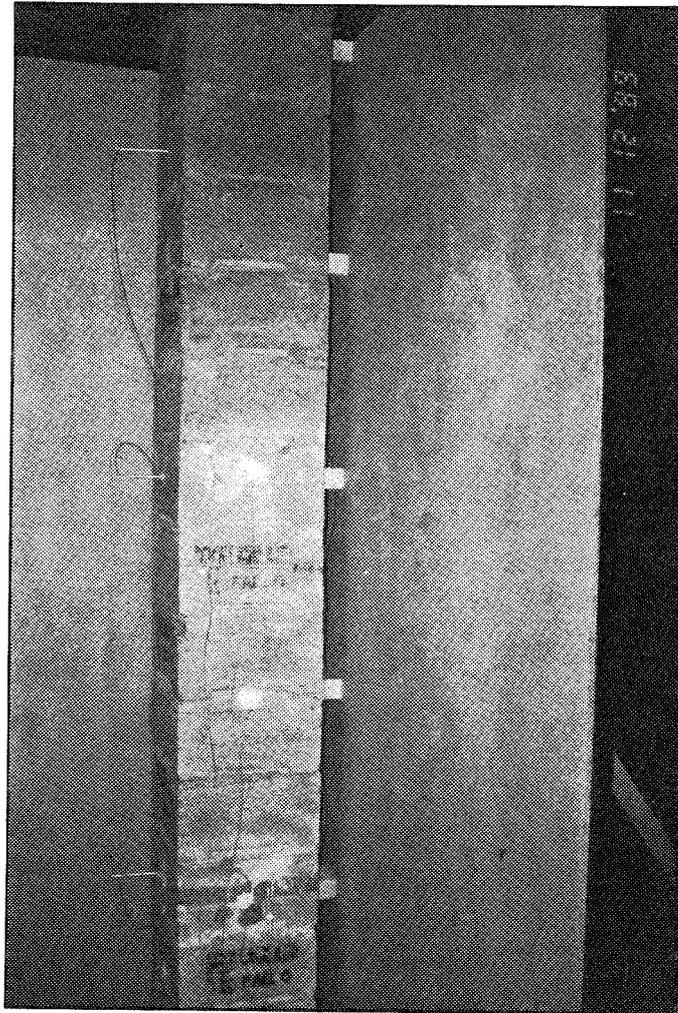


Bild 9: Photographische Aufnahme des Versuchsstandes während des Aufbaus der angrenzenden Bauteile am Versuchsschornstein 1. Man erkennt die streifenförmig anliegenden Kanthölzer mit den darauf befestigten Spanplatten.

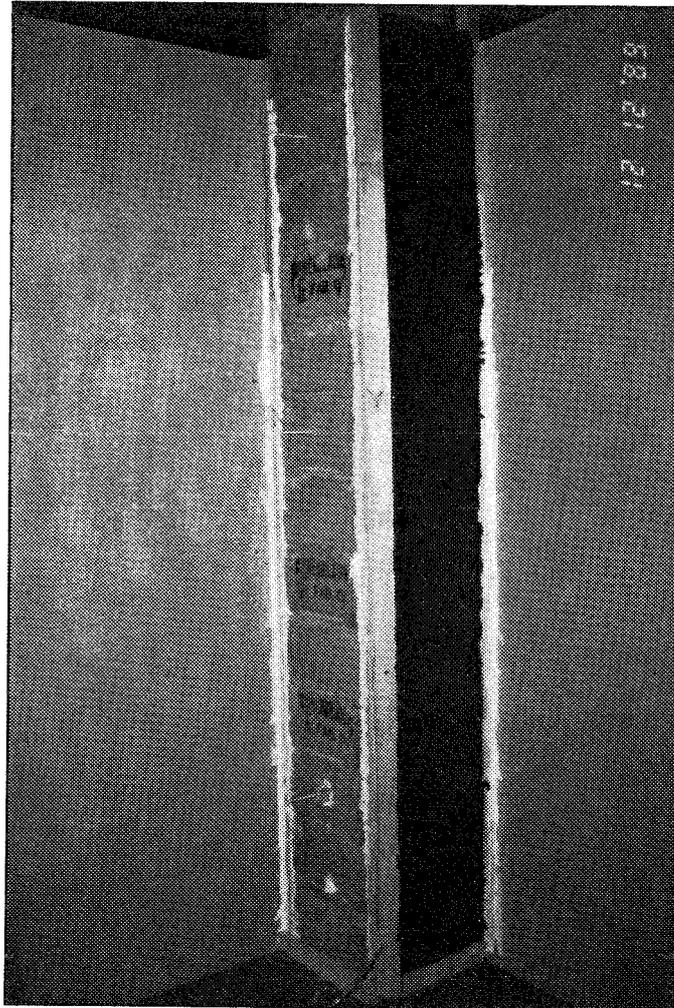
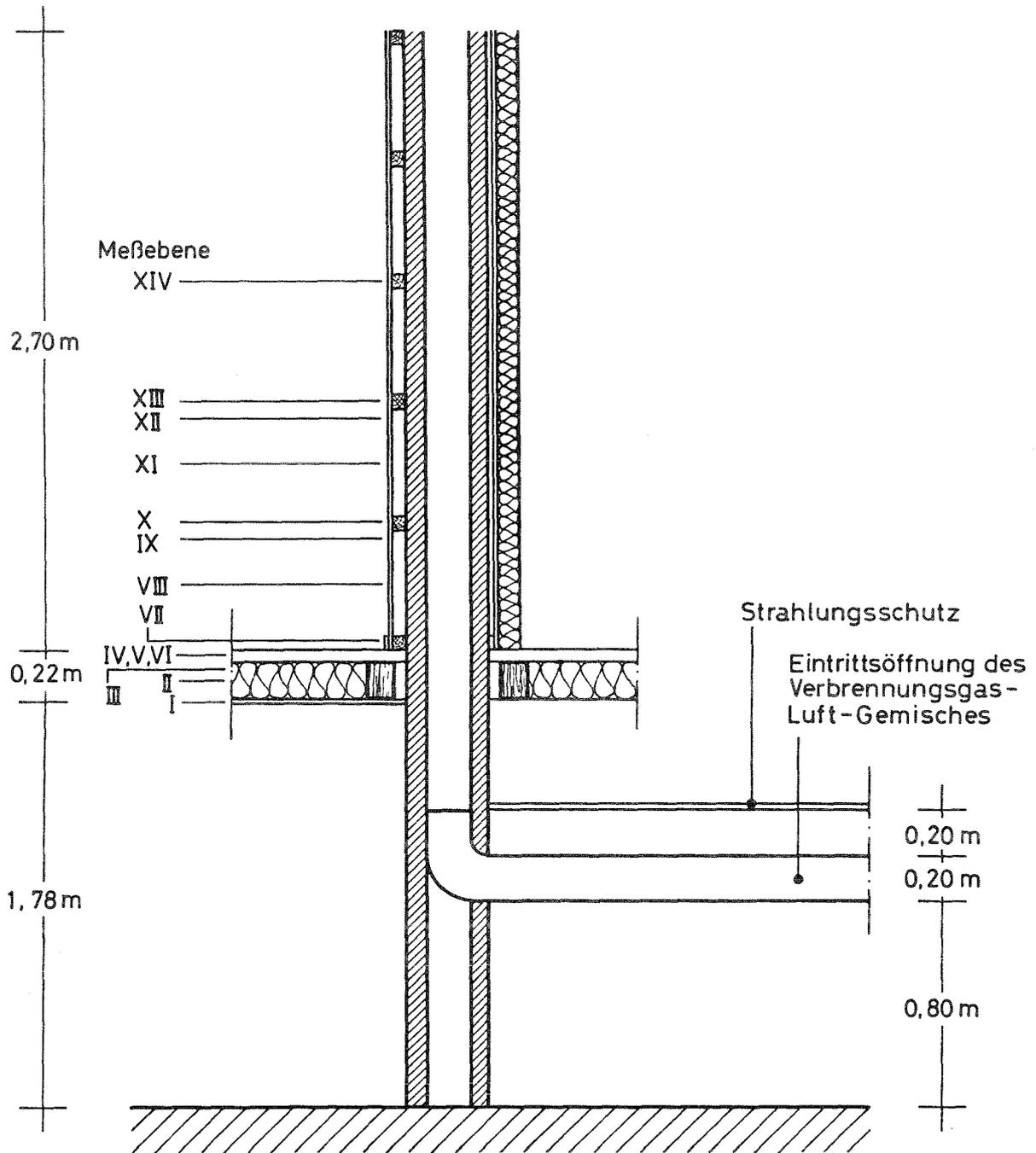
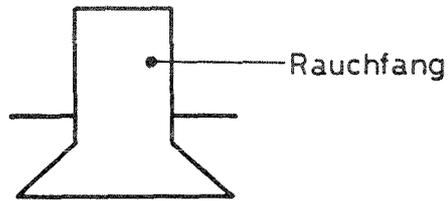


Bild 10: Photographische Aufnahme des Versuchsstandes während des Aufbaus der angrenzenden Bauteile am Versuchsschornstein 1. Man erkennt die Mineralfaserdämmplatten an der rechten Wange zur Simulation eines Kleiderschranks.



**Bild 11:** Schematische Darstellung der Lage der Meßebenen im Längsschnitt durch den Schornstein.

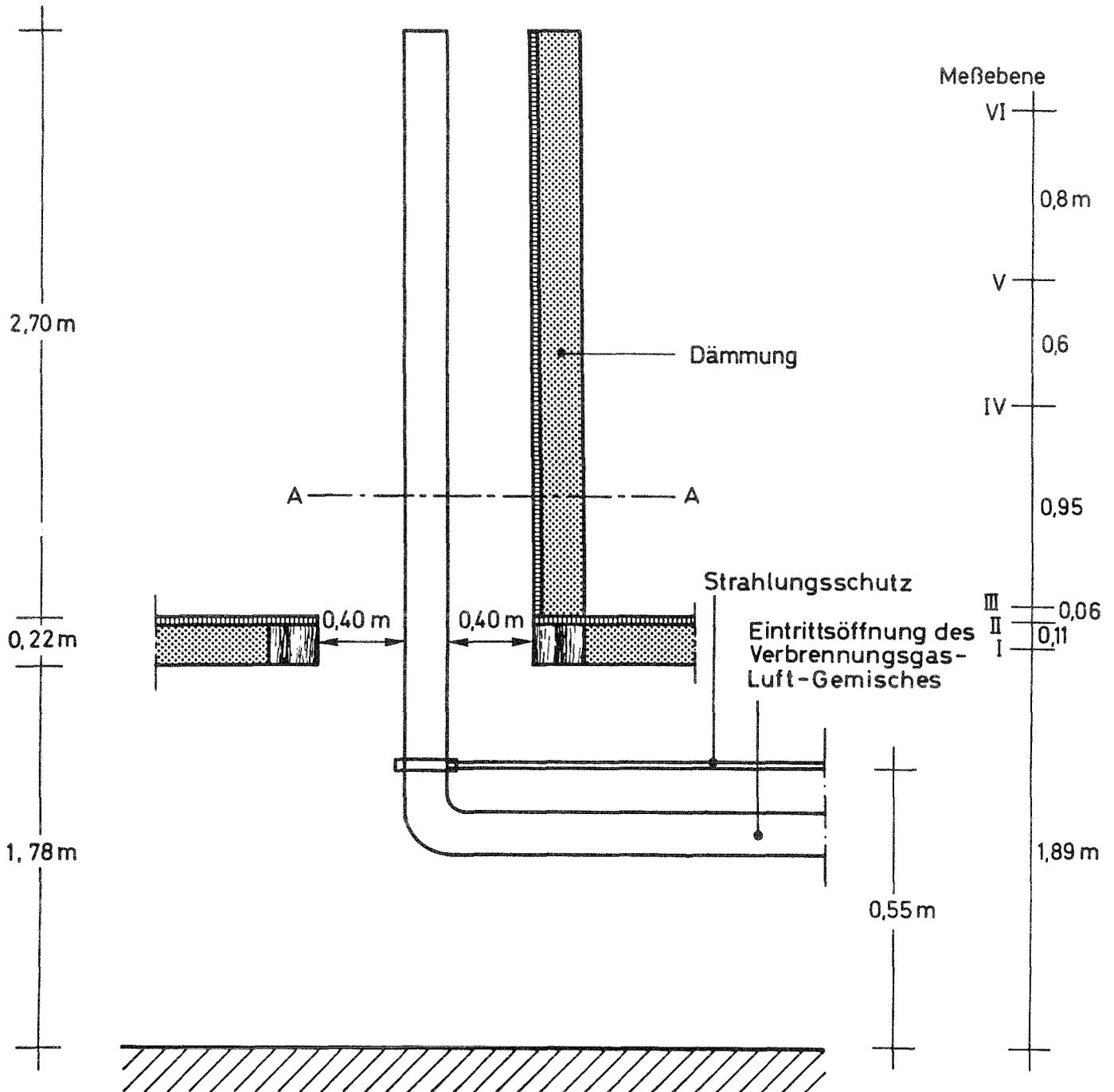
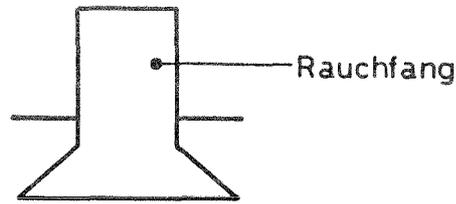


Bild 12: Darstellung eines schematischen Längsschnittes durch den Prüfschornstein mit Angabe der Höhenabmessungen und den Meßebenen für den zu untersuchenden Stahlschornstein.

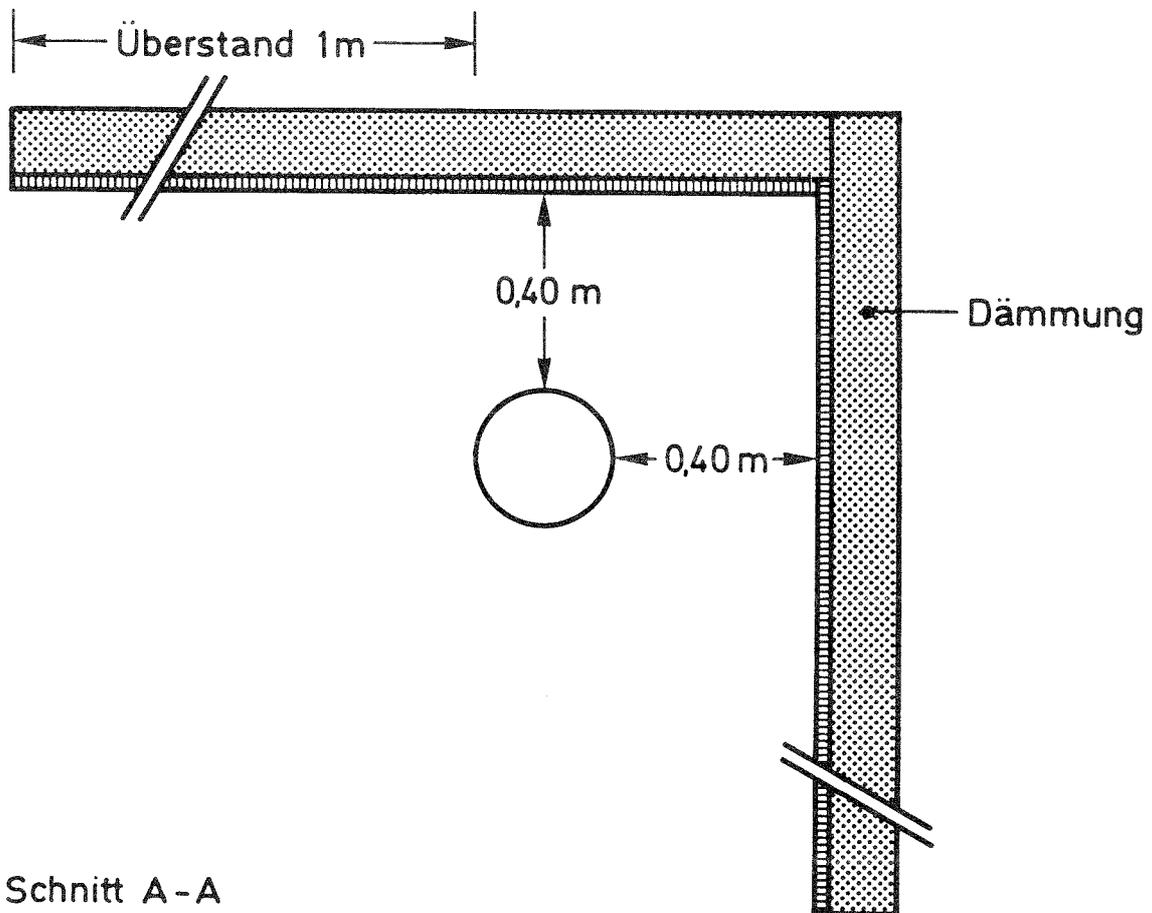


Bild 13: Darstellung des Querschnittes A-A gemäß Bild 12 des Versuchsstandes mit Stahlschornstein.

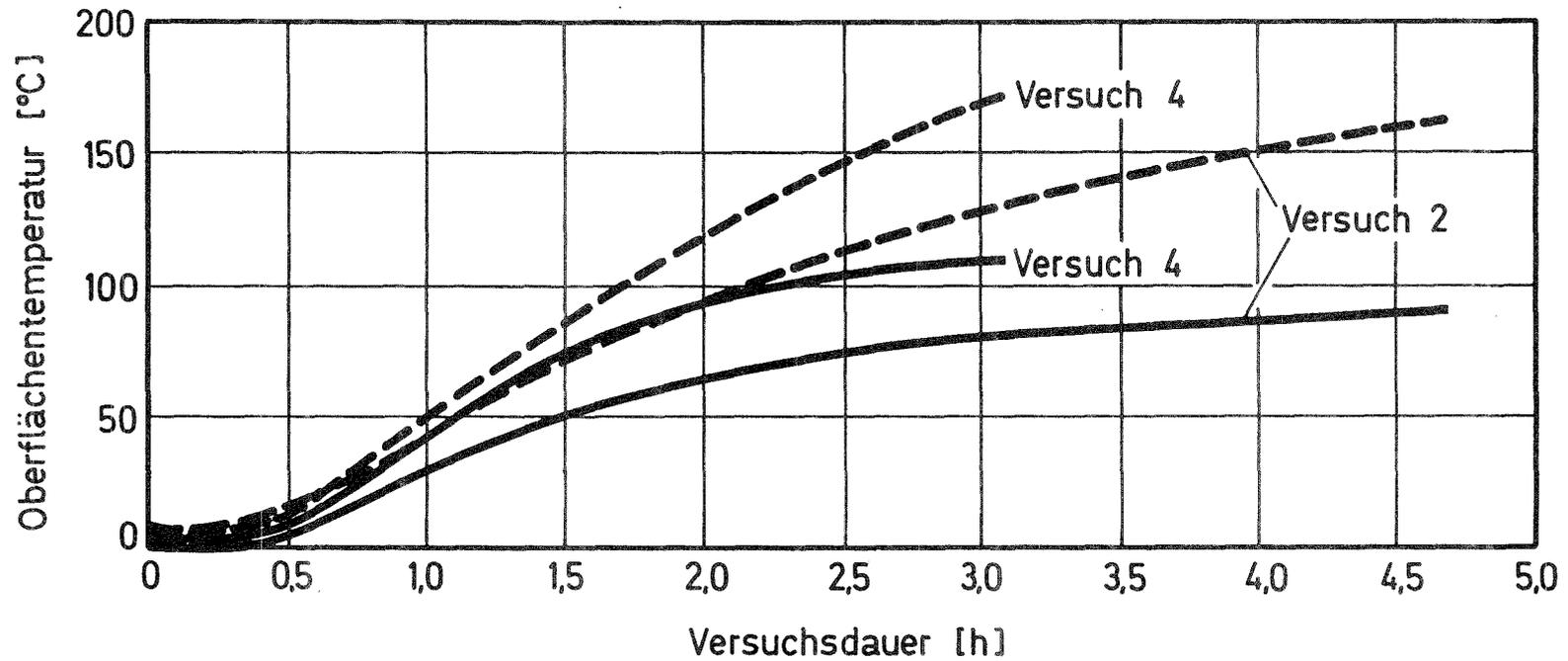


Bild 14: Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Oberflächentemperaturen im Meßpunkt 34 in Meßebene IV sowie des Meßpunktes 62 in Meßebene VIII für die Versuche 2 und 4 des Versuchsschornsteines 1.

----- Meßpunkt 32  
 ===== Meßpunkt 62

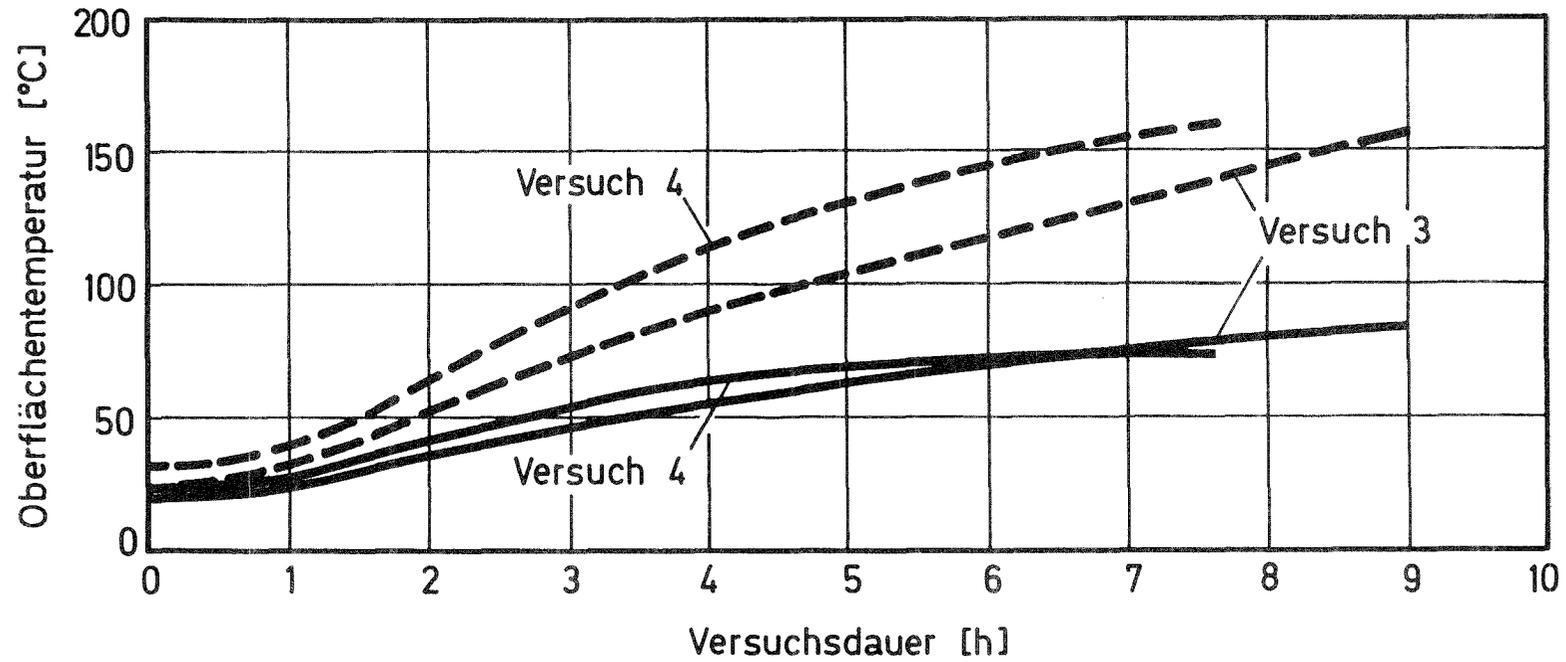
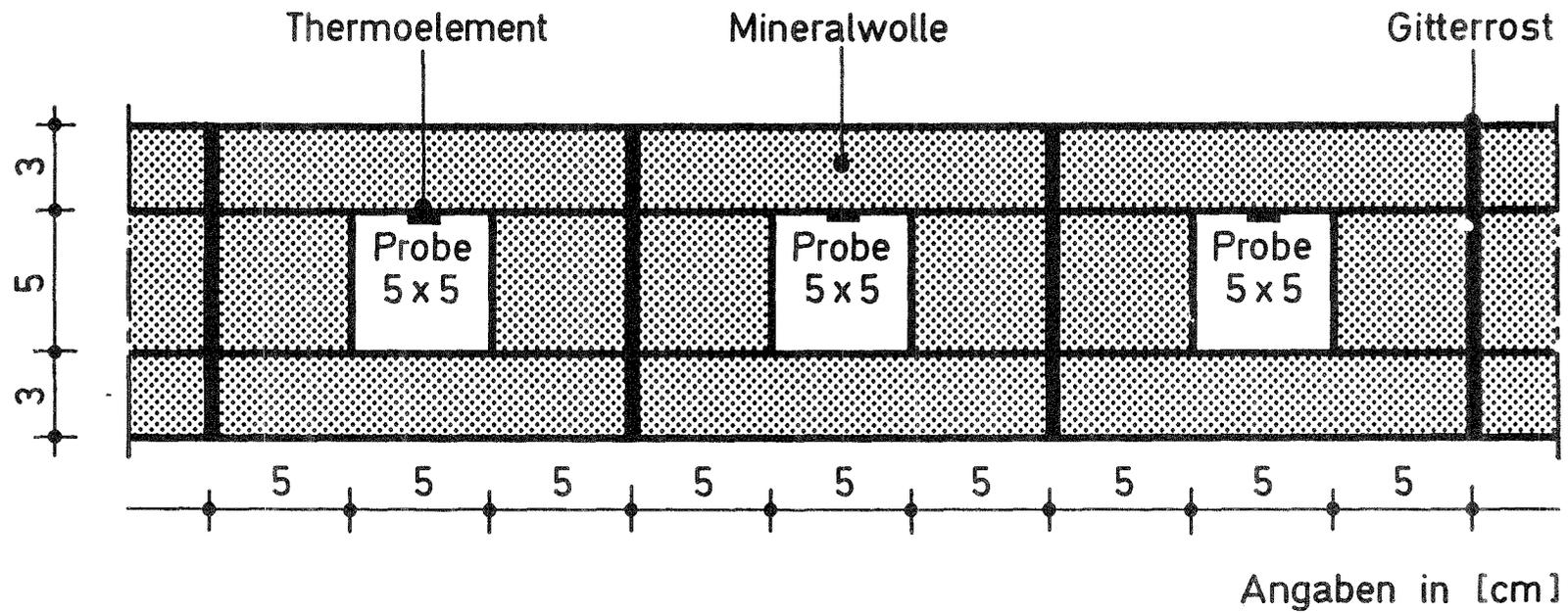


Bild 15: Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Oberflächentemperaturen im Meßpunkt 34 in Meßebene IV sowie des Meßpunktes 62 in Meßebene VIII für die Versuche 3 und 4 des Versuchsschornsteines 2.

----- Meßpunkt 32  
 ===== Meßpunkt 62



**Bild 16:** Schematische Darstellung der Probenanordnung im Trockenschrank. Durch Mineralwolle werden gegenseitige Beeinflussungen bei Probenentzündungen verhindert sowie Temperaturschwankungen des Trockenschrankes ausgeglichen.



Bild 17: Photographische Aufnahme der Proben vor Versuchsbeginn.

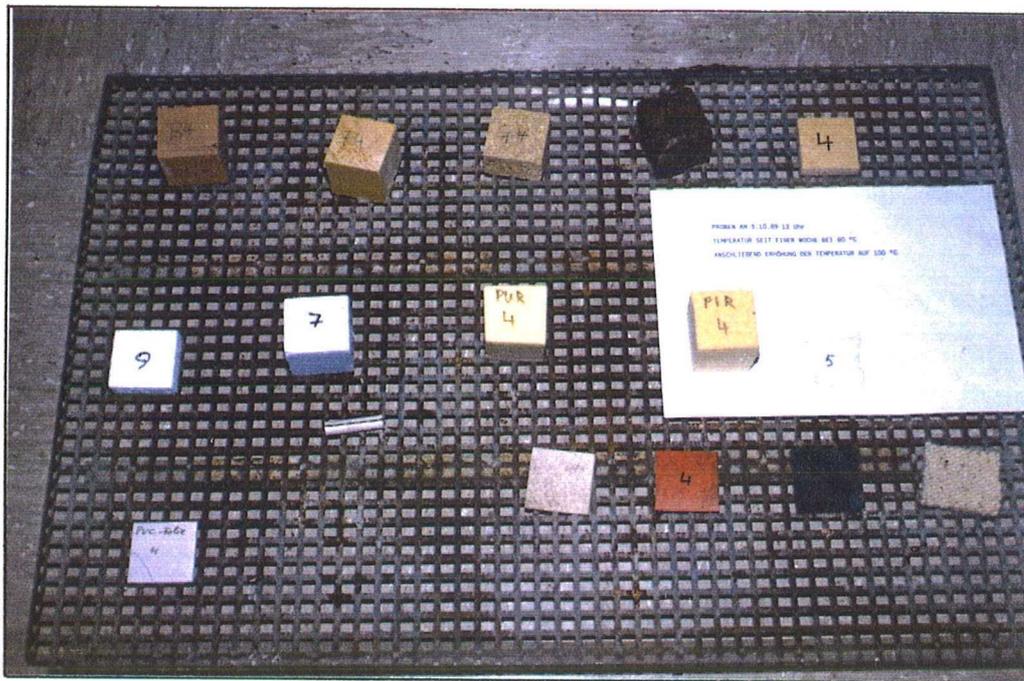


Bild 18: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben am Ende der 1. Woche bei der Temperaturstufe 80 °C.

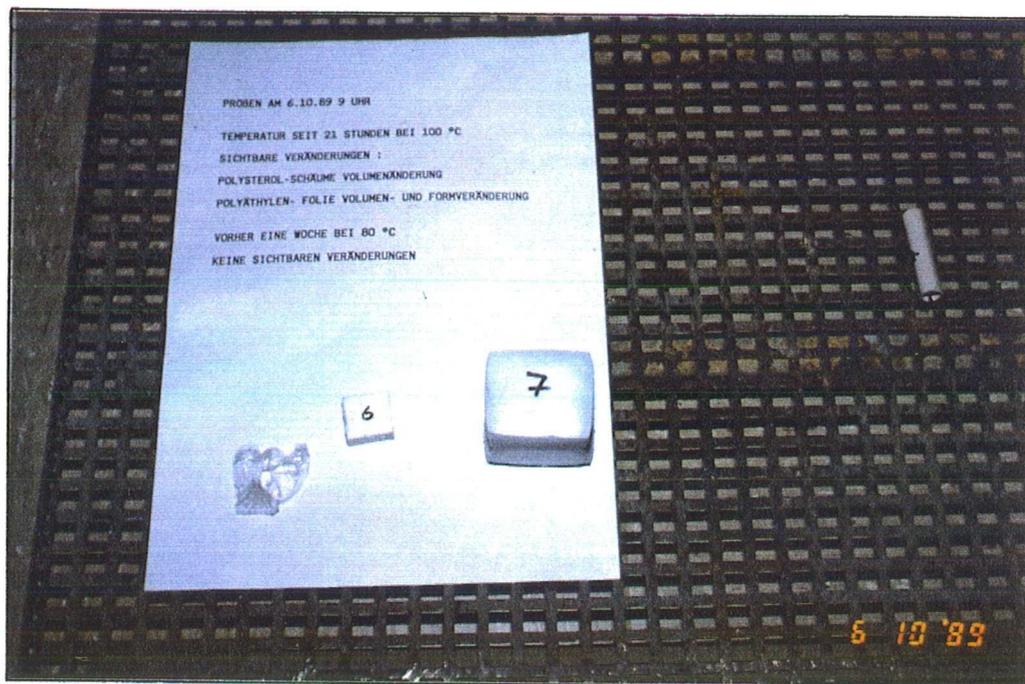


Bild 19: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben nach 21 Stunden bei der Temperaturstufe 100 °C.

Probe 5 : Polyäthylenfolie  
Probe 6 + 7: Polystyrol-Schäume

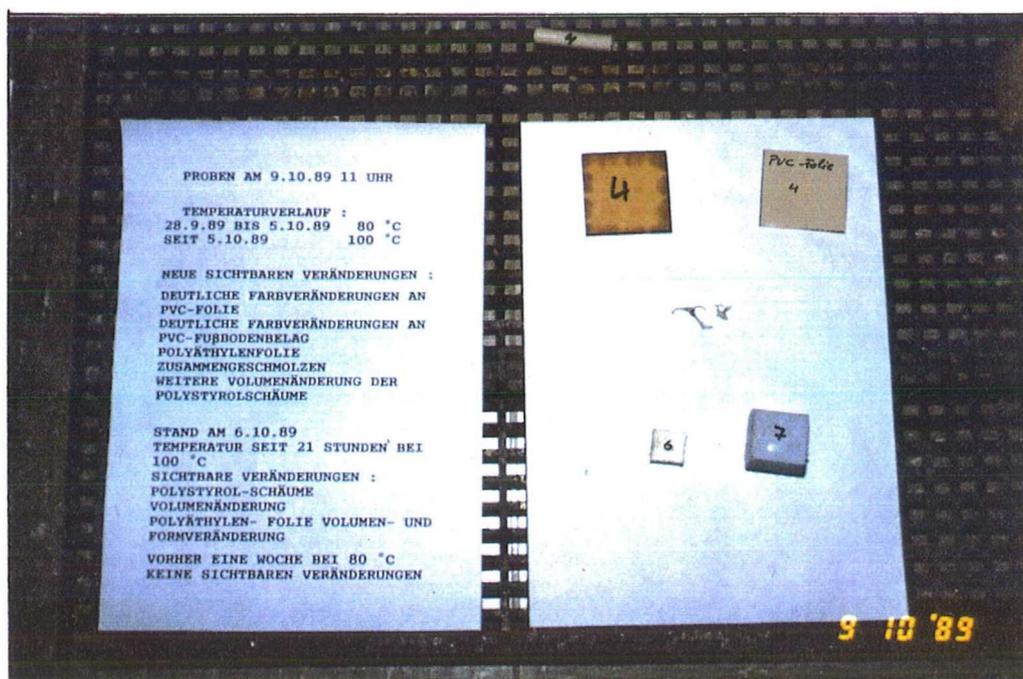


Bild 20: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben nach 5 Tagen bei der Temperaturstufe 100 °C.

Probe 4 : PVC-Fußbodenbelag, PVC-Folie  
 Probe 5 : Polyäthylenfolie  
 Probe 6 + 7: Polystyrol-Schäume

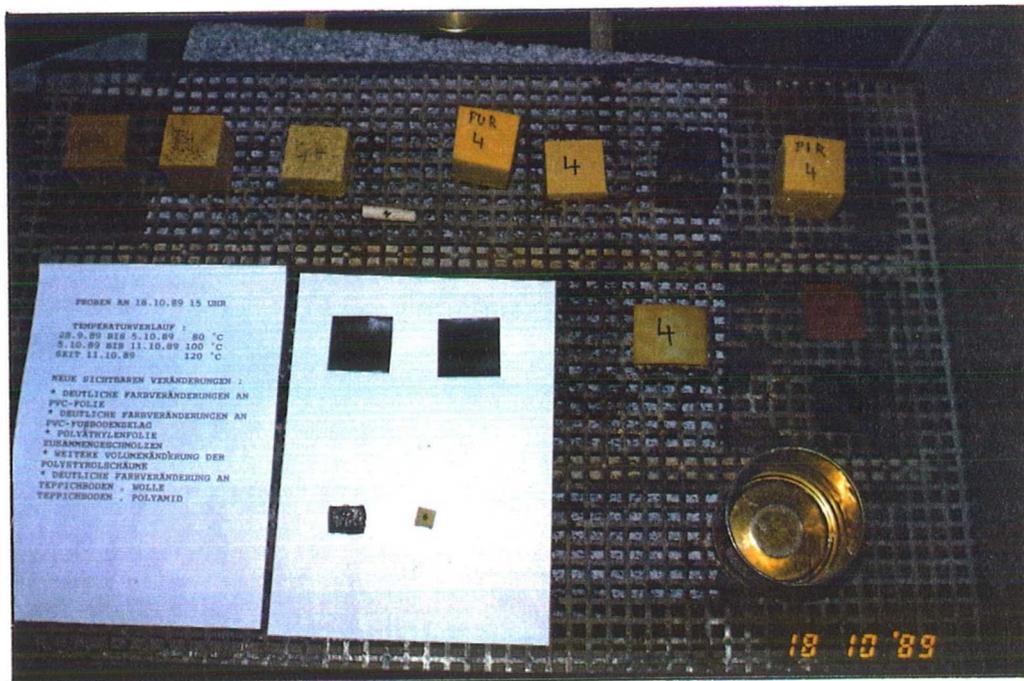


Bild 21: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben am Ende der 3. Woche bei der Temperaturstufe 120 °C.

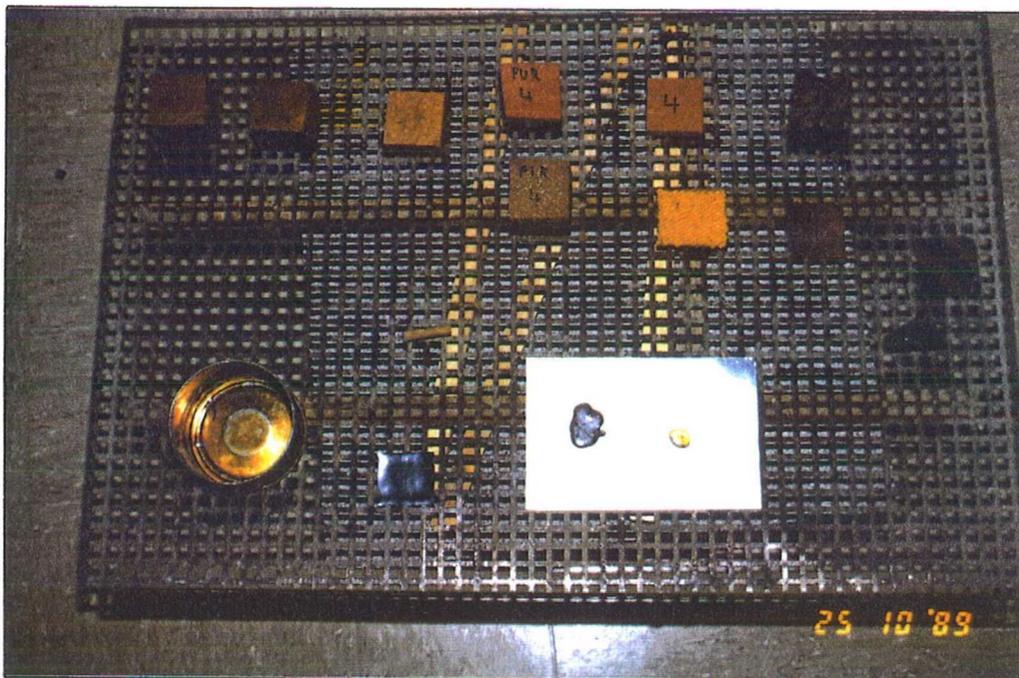


Bild 22: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben am Ende der 4. Woche bei der Temperaturstufe 140 °C.

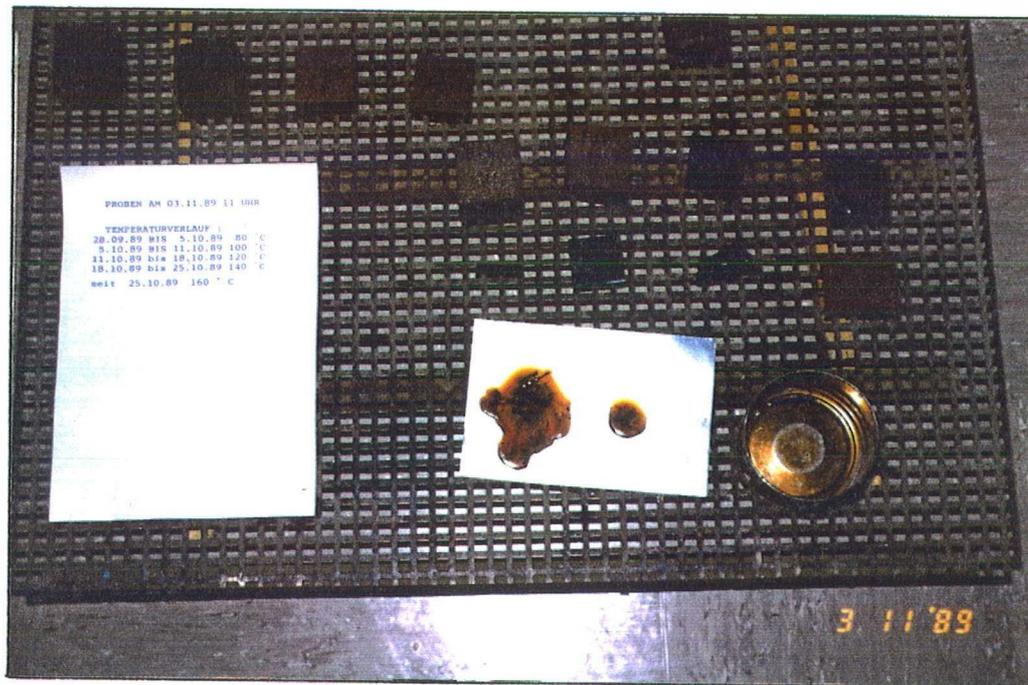


Bild 23: Photographische Aufnahme der Beobachtungsproben am Ende der 5. Woche bei der Temperaturstufe 160 °C.

Rapport bref du projet de recherche

**"EXAMINATION DES REGLES D'ECARTEMENT ENTRE CHEMINEES ET COMPOSANTS  
EN MATERIAUX INFLAMMABLES"**

(Référence no. IV 1-5-245/90)

1. Objet de recherche

Les cheminées ont la tâche d'évacuer des gaz brûlés d'un bâtiment, généralement sur toit, pour éviter la présence des gaz nocifs. Afin que les cheminées puissent remplir cette tâche, elles doivent satisfaire aux exigences diverses dont la plupart est formulée dans la norme allemande DIN 18 160. Une des plus importantes parmi ces exigences, c'est que les cheminées ne doivent mettre en danger ni la résistance au feu ni la stabilité d'un bâtiment. Pour garantir la protection contre l'incendie, des températures maximales admissibles pour les surfaces libres des cheminées étaient fixées, autant que pour les surfaces des composants avoisinants aux matériaux inflammables. Afin que les températures superficielles soient respectées, la norme DIN 18 160 prescrit des écartements minimaux entre les composants avoisinants et la superficie de la cheminée.

Le projet se divise en deux études partielles (A et B), dont les objets sont décrits par la suite:

- Partie A comportait la révision et l'évaluation des écartements minimaux fixés dans la norme DIN 18 160. A cet effet, un appareillage d'essai était conçu et établi qui permettait d'examiner les superficies extérieures de divers types de cheminées classifiés en catégories I, II, III et IV de résistivité thermique sous variation d'arrangement et d'écartement.
- Partie B s'occupait de la détermination des températures d'inflammation des matériaux de construction les plus courants qui étaient exposés de longue durée aux températures assez élevées, mais au-dessous de leurs températures d'inflammation. Sur le plan pratique, c'est une situation bien connue pour tous les matériaux de construction qui se trouvent près de ou même sur la surface extérieure d'une cheminée. Normalement, les températures d'inflammation ne sont connues que pour des matériaux qui étaient exposés aux températures élevées de courte durée seul.

## 2. Résultats expérimentaux

Par la suite, les résultats expérimentaux sont résumés:

- A l'exception de la cheminée classifiée en groupe III de résistivité thermique, toutes cheminées examinées satisfaisaient aux exigences à l'égard d'accroissement maximal admissible de température d'une superficie extérieure libre de cheminée.
- Le contrôle des cheminées des classes de résistivité thermique I à III a montré qu'un espace d'air intermédiaire continuellement bien ventilé de 2 cm suffit pour satisfaire aux prescriptions en égard aux températures superficielles des composants avoisinants.
- En cas de plafonds en bois ou d'autres composants n'avoisinant la cheminée qu'en lames, un espace d'air intermédiaire de 5 cm (sans ventilation) normalement n'est pas suffisant. Voici, la température superficielle résultante est fortement déterminée par type et construction de cheminée.
- S'il s'agit d'une cheminée d'une classe de résistivité thermique inférieure, des composants avoisinant la cheminée en lames sans écartement peuvent causer des températures superficielles qui dépassent de beaucoup les valeurs admissibles selon DIN 18 160.
- En cas de cheminée en acier pour exigences réduites, l'espace d'air intermédiaire bien ventilé de 40 cm prouvait d'être suffisant.
- Toutes les températures d'inflammation spontanée des matériaux examinés dépassaient la température maximale admissible (160 °C) en cas de formation de suie. De celà, la fixation de cette température maximale en égard à la prévention de risque d'incendie était confirmée.
- En cas des matériaux en bois et liège, la température d'auto-inflammation montait après ces matériaux étaient exposés de longue durée aux températures élevées au-dessous de leur même température d'auto-inflammation.
- Presque tous les matériaux restent constants à la température admissible de 85 °C. En cas des températures élevées, comme elles sont admissibles dans une phase de formation de suie, la plupart des matériaux change en couleur, forme et volume. Quelques matériaux comme bois, par exemple, commencent de carboniser bien au-dessous de l'auto-inflammation. Des matériaux en polystyrène expansible commencent de liquéfier à 160 °C, tandis que le polyéthylène se vaporise déjà à 120 °C.

Short Report on Research Project

**"EXAMINATION OF RULES FOR SPACING BETWEEN CHIMNEYS AND BUILDING ELEMENTS  
CONTAINING INFLAMMABLE MATERIALS"**

(Reference no. IV 1-5-245/90)

1. Aims of the project

Domestic chimneys are designed to draw off combustion gases from the building, mostly over the roof, in order to prevent detrimental action. To fulfil these conditions, chimneys have to meet a set of requirements which in essentials are stipulated in German standard DIN 18 160. One of the major requirements contained therein is to ensure that stacks must neither endanger a building's fire safety nor its stability. In order to ensure a building's fire safety, maximum permissible temperatures were fixed for free chimney surfaces and surfaces of adjacent building units made of inflammable materials. To further ensure that surface temperatures of adjoining building components will be observed according to the rules, minimum distances governing the spacing between adjacent building components and stack surfaces have also been laid down in DIN 18 160.

The present project comprised two subtasks (A and B) which were to

- (A) check and evaluate minimum spacing as stipulated in DIN 18 160. A testing stand was designed and set up which permitted different types of chimneys, assigned to thermal resistivity classes I, II, III and IV to be investigated. The external chimney surfaces were examined using variable test arrangements at different spacings;
  
- (B) determine the ignition temperatures of commonly used building materials having been exposed to higher temperatures just below the ignition temperature over a longer period of time, which is a common situation for building materials located close to or directly on external stack surfaces. Usually, ignition temperatures of building materials are known merely for materials that have been exposed to high temperatures for a short time only.

## 2. Test results

In the following, a short summary of the test results is given:

- Except for the test chimney of thermal resistivity class III, chimneys under test did not exceed the maximum permissible temperature increase required for external free chimney surfaces.
- Tests performed on chimneys of thermal resistivity classes I to III proved that a continuously and thoroughly vented 20 mm air gap is sufficient to meet the requirements regarding surface temperatures of adjacent building components.
- In case of wooden joist floors and similar components, only strips of which are bordering the chimney, it was found that an unventilated 50 mm air gap usually fails to meet the relevant requirements. In these cases, the resulting surface temperature strongly depends on the type of chimney and the type of construction.
- In stacks of lower thermal resistivity classes, building components that are bordering on the chimney in strips without spacing may cause surface temperatures which are far exceeding acceptable values according to DIN 18 160.
- In case of steel chimneys for reduced requirements, the well vented 400 mm space was found to be sufficient.
- All of the materials investigated were found to have autogenous-ignition temperatures exceeding the maximum permissible temperature of 160 °C for the case of soot formation; hence fixing this maximum temperature with regard to prevention of fire risk was confirmed.
- In wooden materials and cork, the autogenous-ignition temperature increased when these materials had been exposed to higher temperatures below their respective autogenous-ignition temperature for longer periods of time.
- Temperature stability could be proved for nearly all materials at the permissible temperature of 85 °C. At higher temperatures, which are allowed to occur during soot formation, most materials are undergoing changes in colour, form, and volume. Several materials, such as wood, are beginning to carbonize even far below the autogenous-ignition temperature. Materials made from polystyrene foams start to liquefy at 160 °C, while polyethylene vaporises already at 120 °C.