



Technische Universität München



Fakultät für Architektur

Forschungs- und Versuchslabor
Lehrstuhl für Gebäudetechnologie
und klimagerechtes Bauen
Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer

Postanschrift:
Forschungslabor für Haustechnik
Karl-Benz-Straße 15
85221 Dachau
Germany

Tel. +49.8131.333959.10
Fax +49.8131.333959.19

www.bk.ar.tum.de

Anerkannte Prüfstelle BAY17 nach LBO

30. Oktober 2014

Prüfbericht Nr. 3659
über die Prüfung einer
rechteckigen Entrauchungsleitung aus Stahlblech
zum Einsatz im zu entrauchenden Raum,
nach DIN 1366-9

Auftraggeber: Caverion Österreich GmbH
Bergerbräuhausstraße 33
A-5020 Salzburg
Auftrag vom: 16. April 2014
(SM0B010110259K3504001)

Inhalt des Prüfberichts:

Brandprüfung an einer rechteckigen Stahlblechleitung, durchgeführt nach EN 1363-1 in Verbindung mit EN 1366-9, zum Nachweis der Eignung als Entrauchungsleitung für den zu entrauchenden Rauchabschnitt.

Umfang des Prüfberichts:

31 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung..... 3

2 Verwendete Unterlagen und Informationen 5

3 Beschreibung der Probekörper..... 6

 3.1 Einzelteile der Prüfleitung 6

 3.1.1 Leitungsformstücke 6

 3.1.2 Kompensator 8

 3.1.3 Abzweige (im Brandraum)..... 9

 3.2 Aufbau der waagrechten Prüfleitung 10

 3.3 Zusätzliche Formstücke (Probekörper 2 bis 4) 12

 3.4 Baustoffe 16

4 Versuchsanordnung 17

 4.1 Prüfleitung (Probekörper 1)..... 17

 4.2 Zusatzformstücke (Probekörper 2 bis 4) 17

5 Versuchsdurchführung und -ergebnisse..... 19

 5.1 Prüfleitung (Probekörper 1)..... 19

 5.1.1 Prüfungen bei Umgebungstemperatur 19

 5.1.2 Brandversuch..... 20

 5.2 Zusatzformstücke (Probekörper 2 bis 4) 20

6 Einzelmessergebnisse des Brandversuchs 21

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Stückliste zum Weichstoffkompensator8

Tabelle 2: Kaltleckage der ganzen Prüfleitung (einschließlich Kompensator und Abzweigen) 19

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Eckfalz (schematisch)6

Abbildung 2: Kanalstütze6

Abbildung 3: Flanschprofil7

Abbildung 4: Eckwinkel7

Abbildung 5: Der verwendete Weichstoffkompensator8

Abbildung 6: Formstück Abzweig9

Abbildung 7: Flanschverbindung 10

Abbildung 8: Abhängung der Leitung 11

Abbildung 9: Probekörper 2: Kanalstück, mit Abhängewinkeln abgehängt 12

Abbildung 10: Probekörper 2: Details der Abhängung mit Abhängewinkeln 13

Abbildung 11: Probekörper 3: Kanalstück mit Lüftungsgittern..... 14

Abbildung 12: Probekörper 4: 90°-Bogen mit Leitblechen..... 15

Abbildung 13: Aufbau der Prüfleitung (Versuchsanordnung)..... 18

Abbildung 14: spez. Kaltleckage der ganzen Prüfleitung 19

1 Zusammenfassung

Prüfstelle:

Forschungs- und Versuchslabor des Lehrstuhls für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen der Technischen Universität München (kurz: Forschungslabor für Haustechnik);
Karl-Benz-Straße 15
85221 Dachau

Auftraggeber:

Caverion Österreich GmbH
Bergerbräuhausstraße 33
A-5020 Salzburg

Hersteller:

Caverion Österreich GmbH
Gewerbestraße 6
5671 Bruck/Glstr

Angewandte Prüfvorschriften

Es wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, Untersuchungen in Verbindung mit der DIN EN 1366-9 [2] mit einer Temperaturbeanspruchung von 600°C durchzuführen.

Bezeichnung der Probekörper:

- Probekörper 1: eine rechteckige Entrauchungsleitung mit den Abmessungen B × H = 1000 × 250 mm, die entsprechend o.g. Prüfvorschrift geprüft wurde.
- Probekörper 2 bis 4: drei zusätzliche Formstücke, die einer Brandbelastung von 600°C ausgesetzt wurden.

Durchgeführter Brandversuch:

am 27.05.2014.

Zusammenfassende Beurteilung:

Für die Beurteilung sind die Ergebnisse des Brandversuchs vom 27.05.2014 heranzuziehen.

Verwendung des Prüfberichtes:

Der Prüfbericht dient zum Nachweis der Eignung für die Beantragung einer CE-Zertifizierung nach Anhang ZA der EN 12101-7 [4], sowie als Grundlage zur Erstellung eines Klassifizierungsberichtes nach EN 13501-4 [3].

Besondere Hinweise:

Es wurden die vom Auftraggeber genannten Bezeichnungen für die Baustoffe und die Einzelteile verwendet und außer einer Inaugenscheinnahme und der Überprüfung von Maßangaben keine weiteren Prüfungen zu ihrer Identifizierung durchgeführt.

Dieser Prüfbericht beschreibt ausführlich das Montageverfahren, die Prüfbedingungen und die Ergebnisse, die mit den hier beschriebenen spezifischen Bauteilen erzielt wurden, nachdem diese nach den in den Prüfnormen dargestellten Verfahren geprüft wurden. Jede wesentliche Abweichung hinsichtlich Größe, konstruktiver Einzelheiten, Belastungen, Spannungszustände, Randbedingungen außer den Abweichungen, die im betreffenden Prüfverfahren für den direkten Anwendungsbereich zulässig sind, ist nicht durch diesen Prüfbericht abgedeckt.

Aufgrund der Eigenart der Prüfungen der Feuerwiderstandsdauer und der daraus folgenden Schwierigkeiten bei der Quantifizierung der Unsicherheit bei der Messung der Feuerwiderstandsdauer ist es nicht möglich, einen festgelegten Genauigkeitsgrad des Ergebnisses anzugeben.

Dachau/München, den 30. Oktober 2014

Dr. rer. nat. Horst Fark
(Leiter der Prüfstelle)



Dipl.-Ing. Univ. Josef Kuhn
(wissensch. Mitarbeiter)

2 Verwendete Unterlagen und Informationen

- [1] DIN EN 1363-1: Feuerwiderstandsprüfungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 1363-1: 2012
- [2] DIN EN 1366-9: Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 9: Entrauchungsleitungen für einen Einzelabschnitt; Deutsche Fassung EN 1366-9:2008;
- [3] DIN EN 13501-4: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 4: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen von Anlagen zur Rauchfreihaltung; Deutsche Fassung EN 13501-4:2007 +A 1 :2009
- [4] DIN EN 12101-7: Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 7: Entrauchungskanalstücke; Deutsche Fassung EN 12101-7:2011
- [5] Unterlagen und Angaben des Herstellers;

3 Beschreibung der Probekörper

Die Abbildung 13 zeigt den Aufbau der Prüfleitung innerhalb und außerhalb des Brandraumes.

Die zu prüfende Leitung wurde – bis auf die Abzweige im Brandraum – nach EN 1366-9 [2] aufgebaut.

Die Abzweige wurden eingebaut, um bei der Messung der Leckage bei Umgebungstemperatur die Dichtigkeit von Abzweigungen und Enddeckeln zu erfassen. Diese Abweichung von dem in [2] beschriebenen Prüfaufbau sowie Prüfablauf entspricht mehr der baulichen Praxis, als die beschriebene Vorgehensweise der Norm¹.

Die Abmessungen der Kanalsegmente, der Traversen und Abhängestangen wurden vom Auftraggeber festgelegt.

3.1 Einzelteile der Prüfleitung

3.1.1 Leitungsformstücke

Die Prüfleitung wurde aus geraden Formstücken aus verzinktem Stahlblech mit den Abmessungen 1000 mm × 250 mm (Breite × Höhe) mit einer Blechdicke von 1,1 mm hergestellt. Die Längsverbindung der Formstücke war als Eckfalz (siehe Abbildung 1) ausgebildet. Die maximale Formstücklänge betrug 1500 mm.

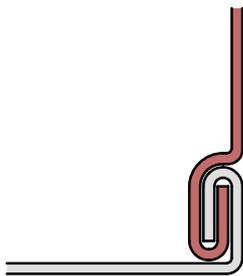


Abbildung 1: Eckfalz (schematisch)

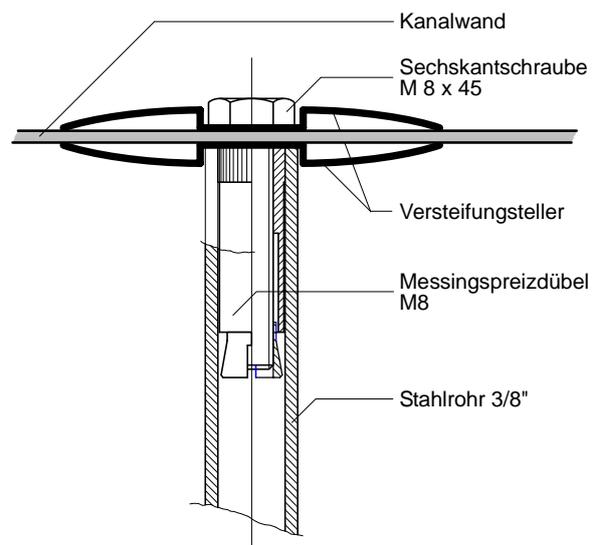


Abbildung 2: Kanalstütze

Im Innern waren die Leitungsteilstücke mit verzinkten Stahlrohren (mittelschweres Gewinderohr 3/8“, DIN EN 10255-M) abgestützt (Abbildung 2). Die Rohre waren mit Messing-Spreizdübeln (Gebhardt „EMBY-FIX“) und Sechskantschrauben M8 unter Zwischenlegung von Versteifungstellern (Gebhardt Nr. 313070010) befestigt. Der maximale Abstand von Stütze zu Stütze bzw. von Stütze zu Flansch betrug 500 mm, d.h. bei den 1500 mm bzw. 1325 mm langen, geraden Formstücken² waren zwei Stützen, bei dem kürzeren (800 mm langen) Formstück war eine Stütze angeordnet.

Die Flanschprofile (Typ S 30, Fabr. Gebhardt) sind in Abbildung 3 dargestellt. Sie waren auf die Leitung aufgeschoben und mittels Punktschweißung befestigt (Abstand der Schweißpunkte max.

¹ vgl. auch Abschnitt 6.3 und 7.1 der Norm: hiernach hat die Prüfleitung repräsentativ für die Praxis zu sein

² Länge der einzelnen Formstücke s. Abbildung 13

250 mm, mindestens 3 Schweißpunkte je Seite)³. Die Schweißpunkte waren mit einem Korrosionsschutz (Kaltverzinkung) versehen. Als Eckverbinder wurden Eckwinkel nach Abbildung 4 (Typ S 30/3) verwendet, die in die Flanschprofile eingeschoben wurden⁴. Im Eckbereich wurden die Leitungsformstücke mit einer Dichtmasse abgedichtet.

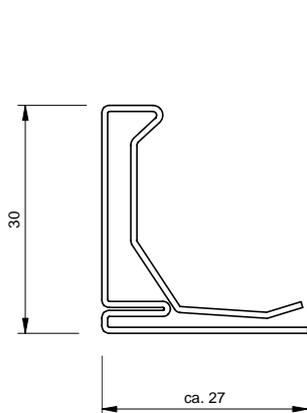


Abbildung 3: Flanschprofil

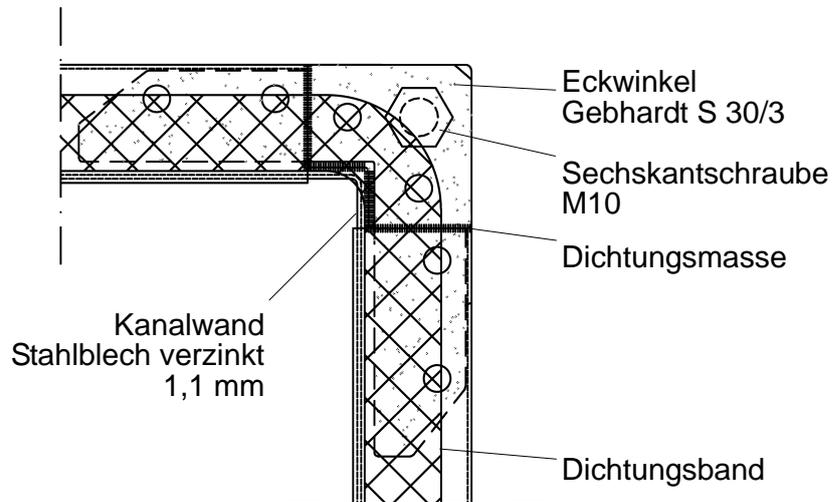


Abbildung 4: Eckwinkel

Als Dichtung zwischen den Flanschen wurde ein 10 mm breites und 6 mm dickes Keramikfaserband verwendet.

Die Ecken und die Längsfalze wurden mit einem elastischen Silikon-Dichtstoff abgedeckt.

³ Ausnahme: das 1325 mm lange Formstück, das aus dem Brandversuchsofen herausführte. Hier war der äußere Flansch (beim Lochblech, s. Abbildung 13) mit Stahlnieten (ca. \varnothing 4 mm) im Abstand von 80 mm befestigt (Formstück wurde im Zuge des Versuchsaufbaus gekürzt).

⁴ keine weitere Befestigung durch Verpressen, Punktschweißen oder Nieten.

3.1.2 Kompensator

In die Prüfleitung wurde ein Kompensator bestehend aus einem elastischen Stutzen (Fabr. „Duroflex“, Typ „EVS-600 HO ISO EN12101-7/EN1366-9“) und daran angebauten Kanalsegmenten eingebaut.

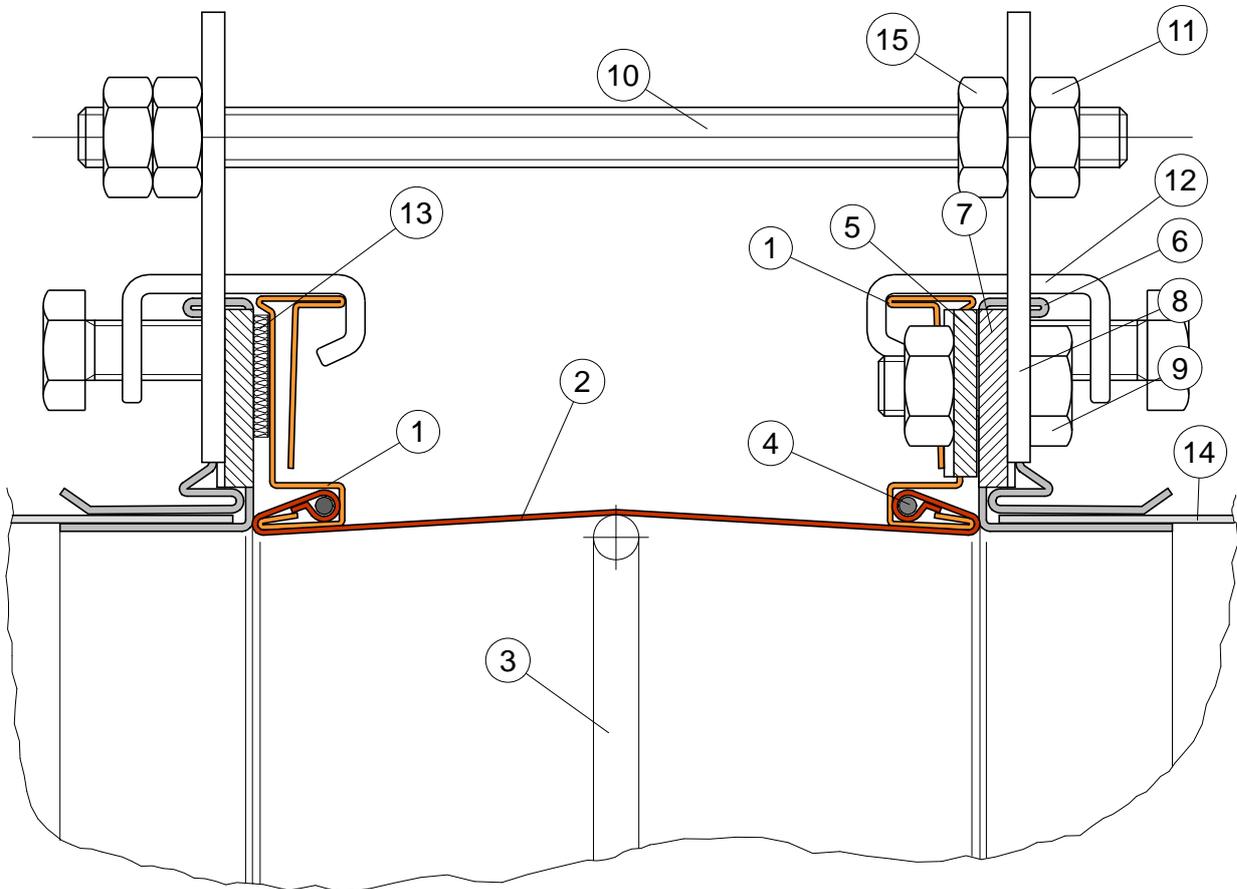


Abbildung 5: Der verwendete Weichstoffkompensator

Tabelle 1: Stückliste zum Weichstoffkompensator

Pos.	Bezeichnung	Material	Abmessung
1	Kompensator-Flanschprofil	Stahlblech, verzinkt	
2	Elastisches Gewebe		
3	Stützrahmen		
4	Spannseil		
5	Eckwinkel (für Pos. 1)	Stahl verzinkt	
6	Kanal-Flanschprofil	Stahlblech, verzinkt	s. Abschnitt 3.1.1
7	Eckwinkel (für Pos. 6)	Stahl, verzinkt	s. Abschnitt 3.1.1
8	Führungsprofil	Stahl, verzinkt	60 x 30 x 4
9	Sechskantschraube mit Mutter	Stahl, verzinkt	M 10
10	Gewindestange	Stahl, verzinkt	M 8
11	Sechskantmutter	Stahl, verzinkt	M 8
12	Verbindungsklemme mit Schraube	Stahl, verzinkt	s. Abschnitt 3.2
13	Dichtung	Keramikfaser	s. Abschnitt 3.2
14	Leitungswand	Stahlblech, verzinkt	1,1 dick
15	Gegenmutter	Stahl, verzinkt	M 8

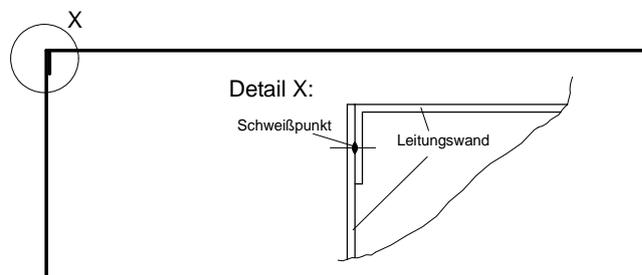
Der Kompensator besteht aus zwei Flansch-Rahmen und einem Gewebebalg aus Hochtemperatur-Schichtstoff (die technische Spezifikation ist bei der Prüfstelle hinterlegt). Diese Teile (Pos. 1 bis Pos. 5) stellen den eigentlichen Kompensator dar. Der Balg ist jeweils in den Flansch-Rahmen eingeklemmt.

Der Flansch-Rahmen des Kompensators und der Leitungsflansch werden in den Ecken mit Schrauben und Muttern M 10 und dazwischen mit Gewindeklemmen (mit Schrauben M8) verbunden⁵. An den vier Ecken sind Führungsprofile aus Stahl (Pos. 8) mit Bohrungen angeschraubt. Durch die Bohrungen führen Gewindestangen M 8, die an einer Seite an den Führungsprofilen befestigt sind und auf der anderen Seite eine Mutter mit Kontermutter aufweisen⁶.

Anmerkung: Der Weichstoffkompensator muss werksseitig gefertigt werden und ist der werkseitigen Produktionskontrolle zu unterziehen. Zur einfacheren bauseitigen Montage besteht der Weichstoffkompensator aus dem eigentlichen Weichstoffelement mit beidseitig angeschlossenen kurzem Kanalsegment. Damit ist er im Gesamten als Kanalsegment definiert.

3.1.3 Abzweige (im Brandraum)

Die im Brandraum angeordneten Abzweigstücke waren mittels Punktschweißung gefertigt (siehe Abbildung 6).



**Abbildung 6:
Formstück Abzweig**

Die Befestigung an der Prüfleitung erfolgte in der Weise, dass die Wandung der Abzweigstücke nach innen abgekantet wurde und – unter Einbringung einer Dichtmasse (wie oben genannt) – an der Prüfleitung angenietet wurde (siehe Detail X in Abbildung 13).

⁵ an den (1000 mm) langen Seiten 3 Klemmen und an der (250 mm) kurzen Seite keine Klemme.

⁶ um ein Herausrutschen der Gewindestange aus dem Führungsprofil zu verhindern.

3.2 Aufbau der waagrecnten Prüfleitung

Die Profilflansche wurden im Abstand von maximal 250 mm mit Kanalverbindungsklemmen (Gewindeklemme „plus“, Fabr. Gebhardt) aus verzinktem Stahl (siehe Abbildung 7) zusammengesammelt⁵ und in den Ecken mit Schrauben M 10 verschraubt (siehe Fotos).

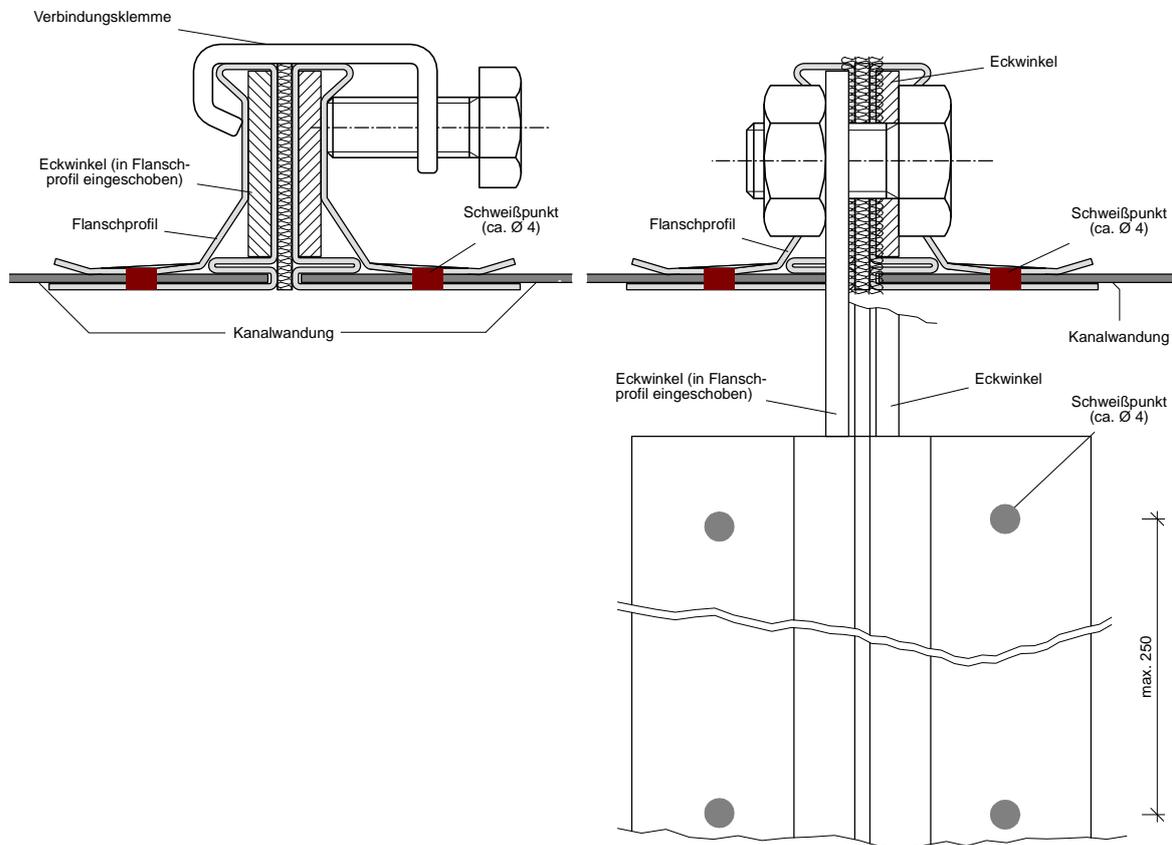


Abbildung 7: Flanschverbindung
(links: mit Verbindungsklemme, rechts: Eckbereich mit Schraube)

Zwischen den Flanschen lag der ca. 6 mm dicke und 10 mm breite Dichtungstreifen aus Silikatfaser-Dichtband.

Die Leitung wurde mit Gewindestangen M 8 und Quertraversen (Bezeichnung Montageschiene MS 41/52/2,5, Fabr. Sikla, Abmessungen $B \times H \times t = 41 \text{ mm} \times 52 \text{ mm} \times 2,5 \text{ mm}$ dick) abgehängt. Im Brandraum wurden die Gewindestangen durch die aufgelegte Porenbetondecke hindurchgeführt. Außerhalb des Brandversuchsofens waren die Gewindestangen an einem Stahlgestell befestigt. Die Anordnung der Abhängungen ist Abbildung 13 zu entnehmen. Der gemessene maximale Abstand zweier Abhänger im Brandraum betrug 1500 mm, bei einer maximalen Formstücklänge von 1500 mm. Der seitliche Abstand der Gewindestangen zur äußeren Leitungsoberfläche betrug max. 50 mm.

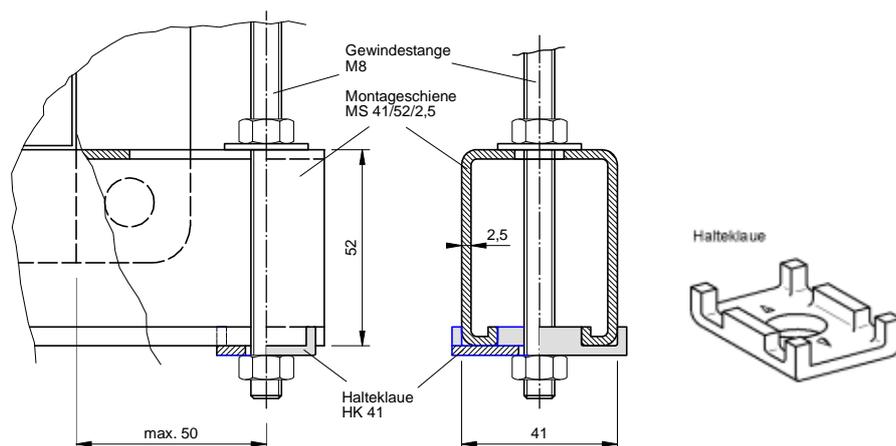


Abbildung 8: Abhängung der Leitung

Anmerkung: Die Muttern an den Gewindestangen waren bei der Prüfleitung nicht weiter gesichert. In der Praxis ist hier eine geeignete Sicherung zu fordern.

Die gesamte Prüfleitung ist in Abbildung 13 dargestellt.

3.3 Zusätzliche Formstücke (Probekörper 2 bis 4)

Die folgenden zusätzliche Leitungsformstücke wurden im Brandraum einer Brandbelastung von 600°C ausgesetzt (Abmessungen in Millimetern):

- Probekörper 2: eine waagrechte Entrauchungsleitung, Querschnitt 1200 mm x 455 mm, 2010 mm lang, bestehend aus zwei Formstücken je 255 mm lang und einem Formstück 1500 mm lang. Die beiden kurzen Formstücke waren durch Punktschweißung zusammengefügt, das lange Formstück mit Eckfalz wie oben beschrieben. Flansche mit Flanschprofilen und Eckwinkel wie oben beschrieben.
Dieser Probekörper wurde mit Abhängewinkeln und Gewindestangen im Brandraum abgehängt. Zusätzlich wurden in die Leitung Gewichte eingelegt, um einen Leitungsquerschnitt von 1250 mm x 1000 mm zu simulieren.
- Probekörper 3: eine waagrechte Entrauchungsleitung, Querschnitt 1000 mm x 200 mm, 1500 mm lang, mit vier Lüftungsgittern an der Oberseite
- Probekörper 4: ein Bogen mit zwei Leitblechen, Querschnitt 1000 mm x 1200 mm (Breite x Höhe). Die Seitenwände waren mittels Pittsburghfalz miteinander verbunden. Die Leitbleche waren mit Leitblechklammern („MEZ-Pilz“, Fabr. MEZ-Technik) befestigt.

Alle Blechteile bestanden aus verzinktem Stahlblech der Dicke 1,1 mm.

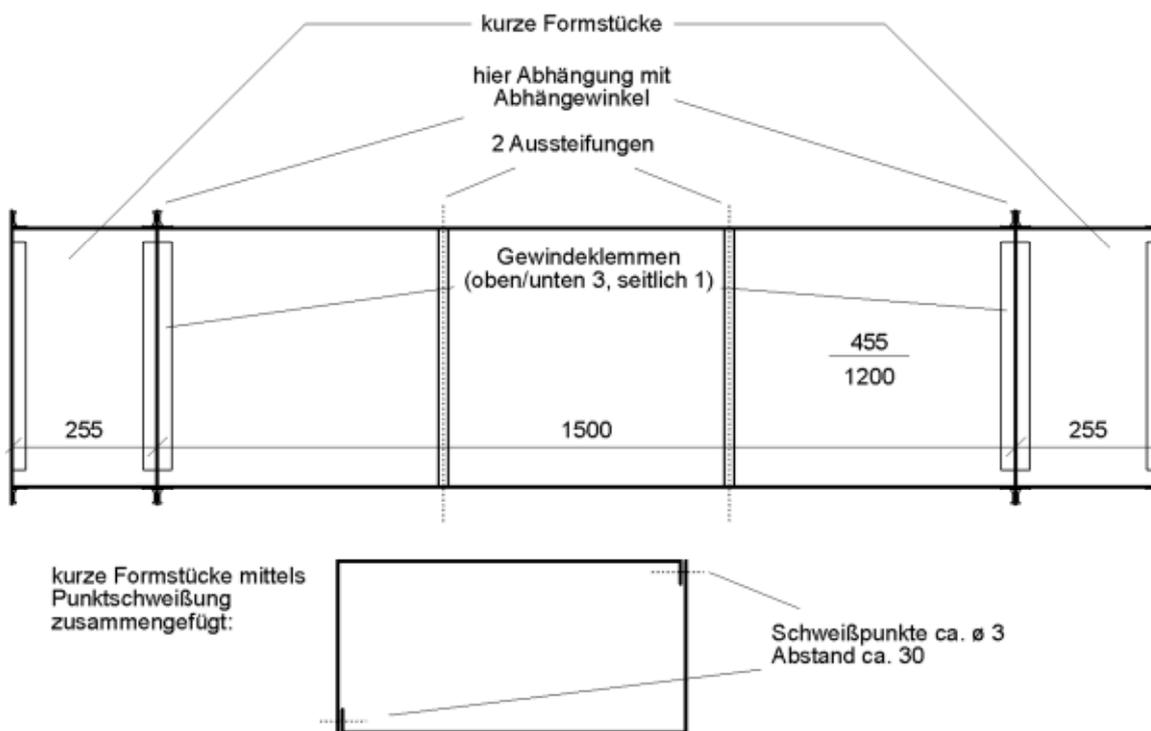


Abbildung 9: Probekörper 2: Kanalstück, mit Abhängewinkeln abgehängt und mit Gewichten beschwert

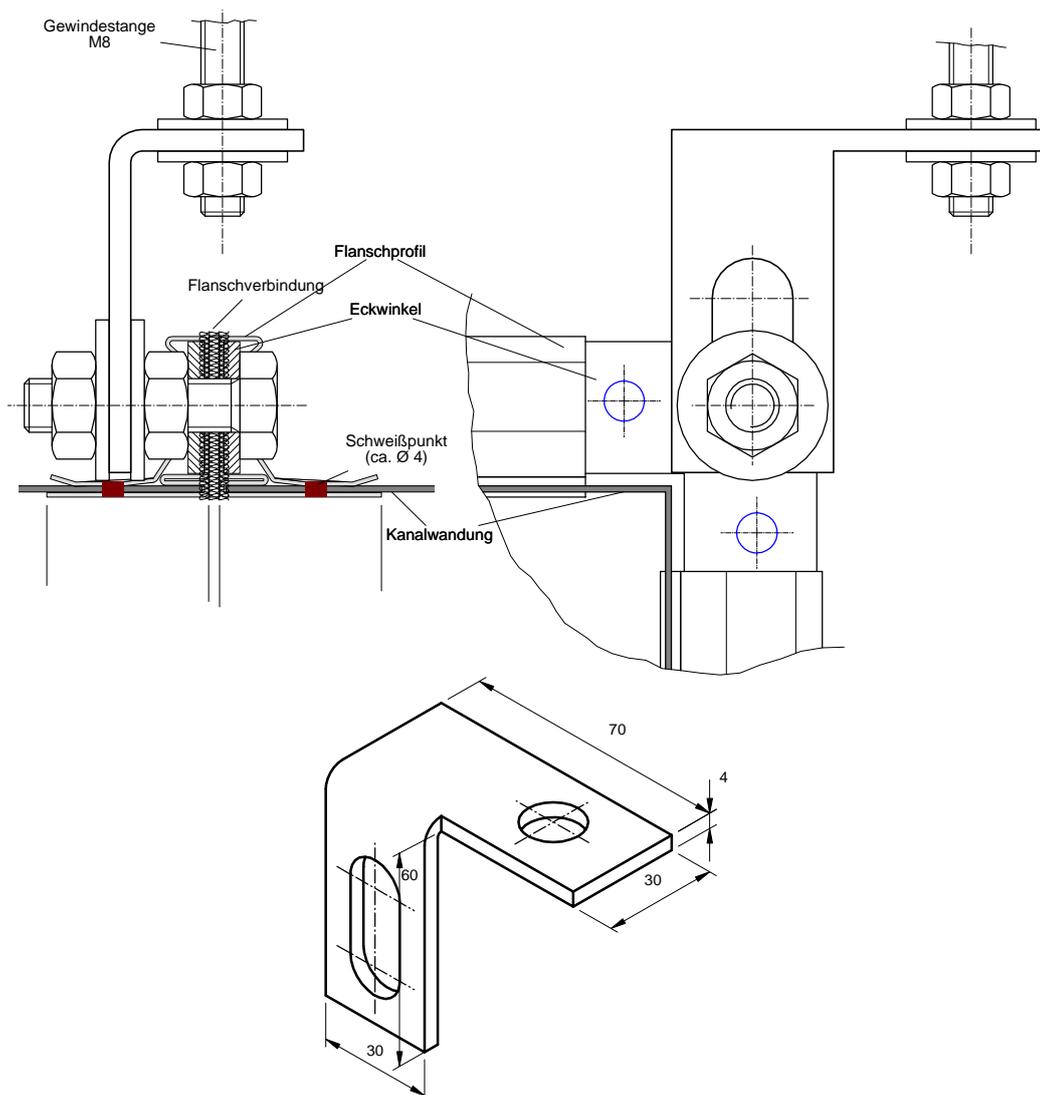


Abbildung 10: Probekörper 2: Details der Abhängung mit Abhängewinkeln

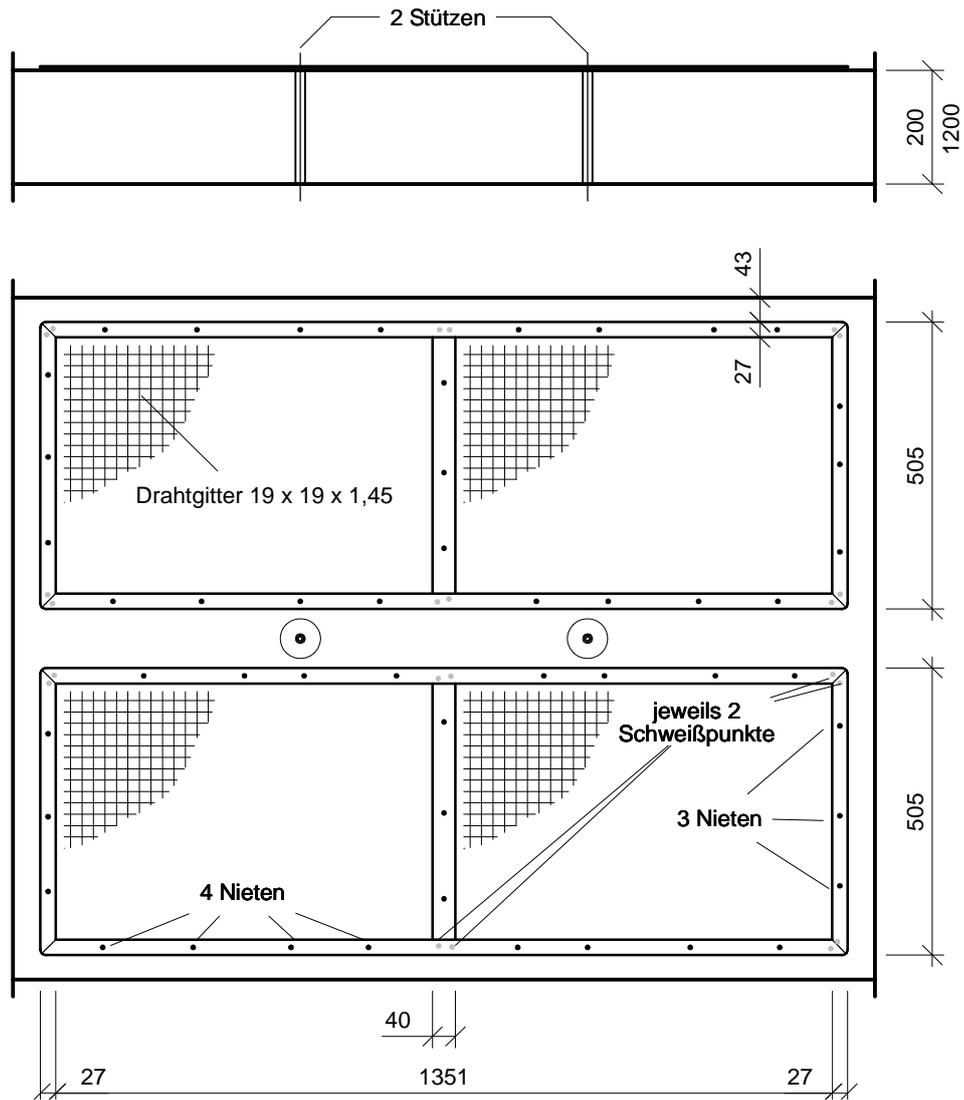


Abbildung 11: Probekörper 3: Kanalstück mit Lüftungsgittern

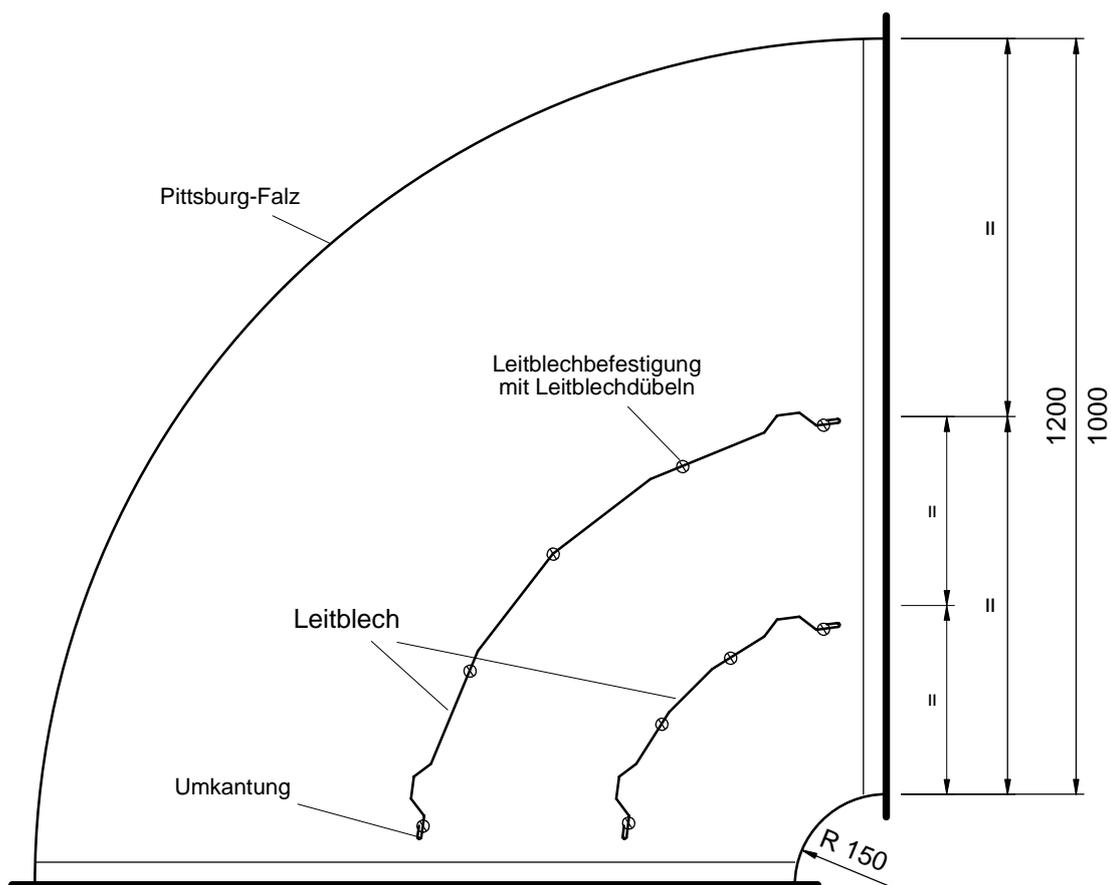


Abbildung 12: Probekörper 4: 90°-Bogen mit Leitblechen

3.4 Baustoffe

Alle Teile der Leitungen – bis auf geringe Mengen nachfolgend genannten Abdichtmaterials – bestehen aus Stahl, d.h. aus einem nichtbrennbaren Baustoff der Klasse A1-DIN 4102; Nachweis durch DIN 4102-4.

Die Flanschdichtung besteht lt. Hersteller aus einem einseitig selbstklebenden keramischen Vorlegeband der Firma „MEZ-Technik“ mit der Bezeichnung „MEZ-KER-TAPE Nr. 561/1“. Eine Baustoffklasse wurde nicht angegeben, ein Nachweis wurde nicht vorgelegt.

Die zur Abdichtung der Ecken verwendete Dichtmasse war lt. Hersteller eine Brandschutzsilikonmasse der Fa. Würth mit der Artikel-Nr. 08923141⁷. Der Auftraggeber hat erklärt, in Zukunft den Dichtstoff mit der Bezeichnung „epple 37“ der Fa. E. Epple & Co. GmbH zu verwenden. Eine Angabe der Baustoffklasse hierfür liegt nicht vor.

Auf Grund der geringen Mengen bestehen aber keine Bedenken hinsichtlich der Verwendung.

⁷ dieser Artikel ist lt. Internetauftritt der Fa. Würth ausgelaufen. Als Ersatz ist der Artikel Nr. 08923221 angegeben; dies ist allerdings kein Brandschutzartikel.

4 Versuchsordnung

4.1 Prüfleitung (Probekörper 1)

Die Brandraumgröße betrug 3,0 m × 3,0 m × 4,0 m (Breite × Höhe × Länge).

Die Leitung war am rückseitigen Ende des Ofens mit einem Deckel aus dem gleichen Material wie die Leitung verschlossen und an der Brandraumrückwand angeschraubt.

Die Leitung war von vier Seiten beflammt.

Die Brandraumstirnwand bestand im Bereich der Leitungsdurchführung aus einer 100 mm dicken Wand aus Porenbeton-Blocksteinen nach DIN 4165. Die Prüfleitung war mittels einer Mineralwollestopfung von umlaufend ca. 40 mm Dicke durch diese Porenbetonwand geführt.

An den Seitenwänden des Brandraums wurden vier Ölbrenner angeordnet. Zur Messung der Brandraumtemperatur waren sechs Platten-Thermometer nach DIN EN 1363-1 [1] (Messstellen 91 bis 96) in halber Höhe und 100 mm Abstand von der Leitung angeordnet.

Die Prüfleitung wurde sukzessive von der Ofenrückwand aus nach vorne gebaut.

Am Leitungsanfang im Brandraum wurden zwei kurze Abzweige mit Lüftungsgittern (Drahtgitter) an beiden Seiten der Leitung angebracht. Die lichte Öffnung der Abzweige betrug 150 mm × 400 mm. Für die Leckagemessung bei Umgebungstemperatur wurden die Gitter entfernt und statt dessen Enddeckel angebracht.

Außerhalb des Brandraums, ca. 250 mm von der Wand entfernt⁸, war ein Lochblech entsprechend DIN EN 1366-9 mit 324 Bohrungen von 10 mm Durchmesser eingebaut, mit dem bei Durchströmung ein Unterdruck im nachfolgenden Leitungsabschnitt aufgebaut wurde.

In dem Leitungsteilstück vom Lochblech bis zum Leitungsende war der Kompensator eingebaut.

Ca. 700 mm vor dem äußeren Leitungsende befand sich der Ansatzpunkt für die Kraftmessung, d.h. die Leitung war an dieser Position fest eingespannt (eingeklemmt). Die von der Leitung bzw. dem Kompensator ausgeübten Kräfte wurden mit Kraftmessdosen gemessen.

Am äußeren Ende der Prüfleitung war ein Enddeckel aus Stahlblech mit zwei Einlaufdüsen von 160 mm Durchmesser, mit deren Hilfe der Volumenstrom gemessen wurde, angebracht. Mit einem regelbaren Brandgasventilator wurde die Absaugung aus der Leitung vorgenommen.

Mit dieser Versuchsordnung wurde ein Unterdruck von 500 Pa im Leitungsinnern gegenüber Umgebung eingestellt.

Unmittelbar vor dem Lochblech war eine Sonde zur Messung des O₂-Gehalts der Rauchgase in die Leitung eingebaut. Eine weitere Sonde befand sich nach den Einlaufdüsen in der Absaugeleitung. Die Differenzmessung des Sauerstoffgehaltes zwischen den beiden Entnahmepositionen dienten mit der in DIN EN 1366-9 enthaltenen Formel zur Bestimmung der Leckage der Prüfleitung.

Einzelheiten sind den Abbildungen sowie den Fotos zu entnehmen.

4.2 Zusatzformstücke (Probekörper 2 bis 4)

Die Probekörper wurden in den Brandversuchsofen der Prüfstelle gelegt bzw. gehängt (Probekörper 2) und dort einer Brandbelastung von mindestens 600°C, 130 Minuten, ausgesetzt.

⁸ am Ende des dritten, 1325 mm langen Teilstücks

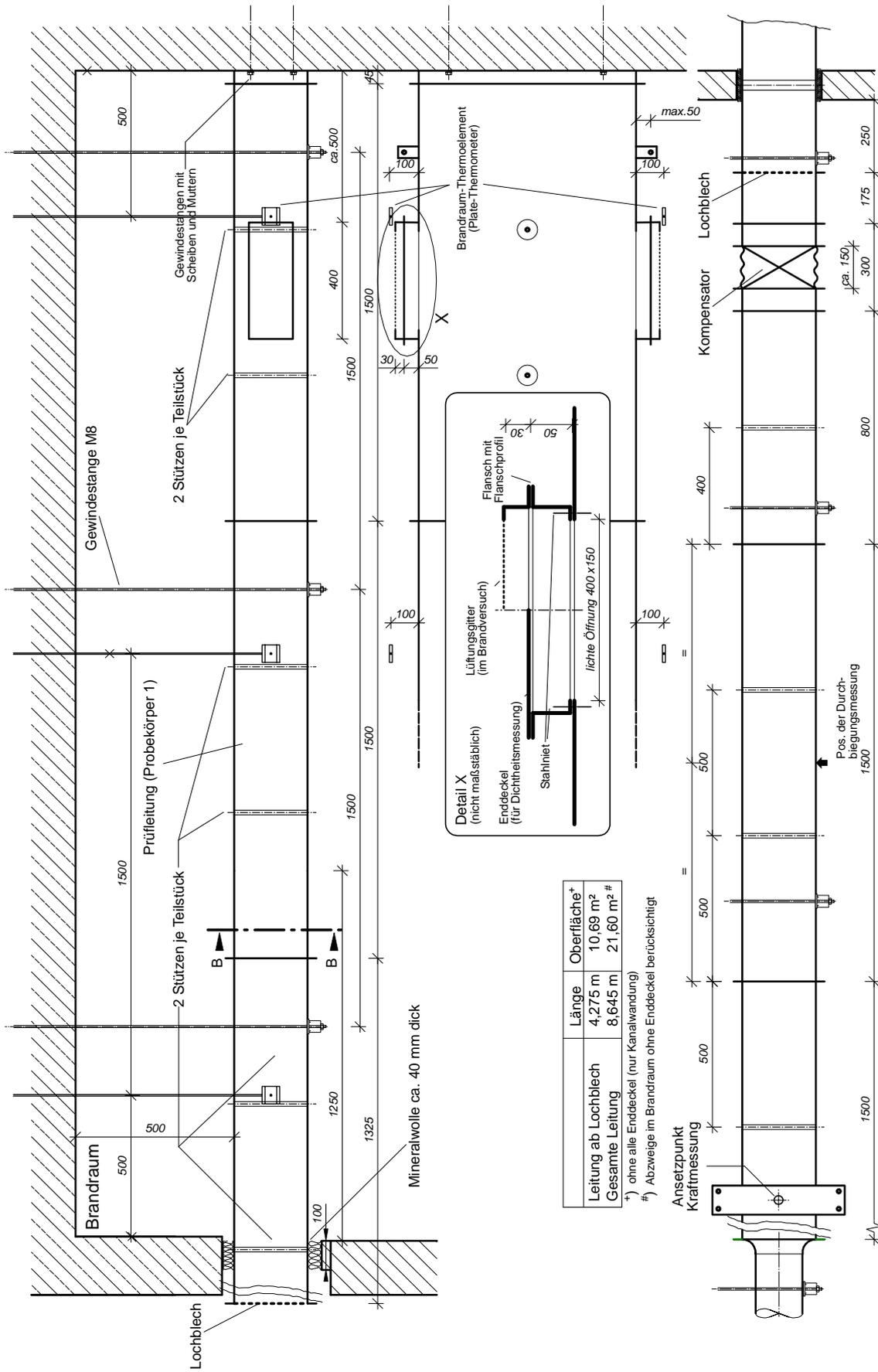


Abbildung 13: Aufbau der Prüfleitung; Kanalsegmente, Weichstoffkompensator und Kreuzstück

5 Versuchsdurchführung und -ergebnisse

5.1 Prüfleitung (Probekörper 1)

5.1.1 Prüfungen bei Umgebungstemperatur

Nach dem Aufbau der Leitung wurde an der geschlossenen Leitung (einschließlich Kompensator und Abzweigungen) die Kaltleckage gemessen. Dazu wurde am Leitungsende außerhalb des Brandraums eine Volumenstrommesseinrichtung und ein regelbarer Ventilator zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Leitung angeschlossen. An den Abzweigen im Brandraum wurden Enddeckel angebracht. Es wurde ein Unterdruck von bis zu 1500 Pa in der Leitung eingestellt und der dabei abgesaugte Volumenstrom gemessen (siehe nachfolgende Abbildung 14 und Tabelle 2). Erst anschließend an die Messung der Kaltleckage wurde der Versuchsaufbau wie oben beschrieben fortgesetzt (Anbringung der Einlaufdüsen, Entfernen der Enddeckel an den Abzweigen im Brandraum, usw.).

Die gemessene spezifische Leckage liegt unter dem Grenzwert von 10 m³/h/m².

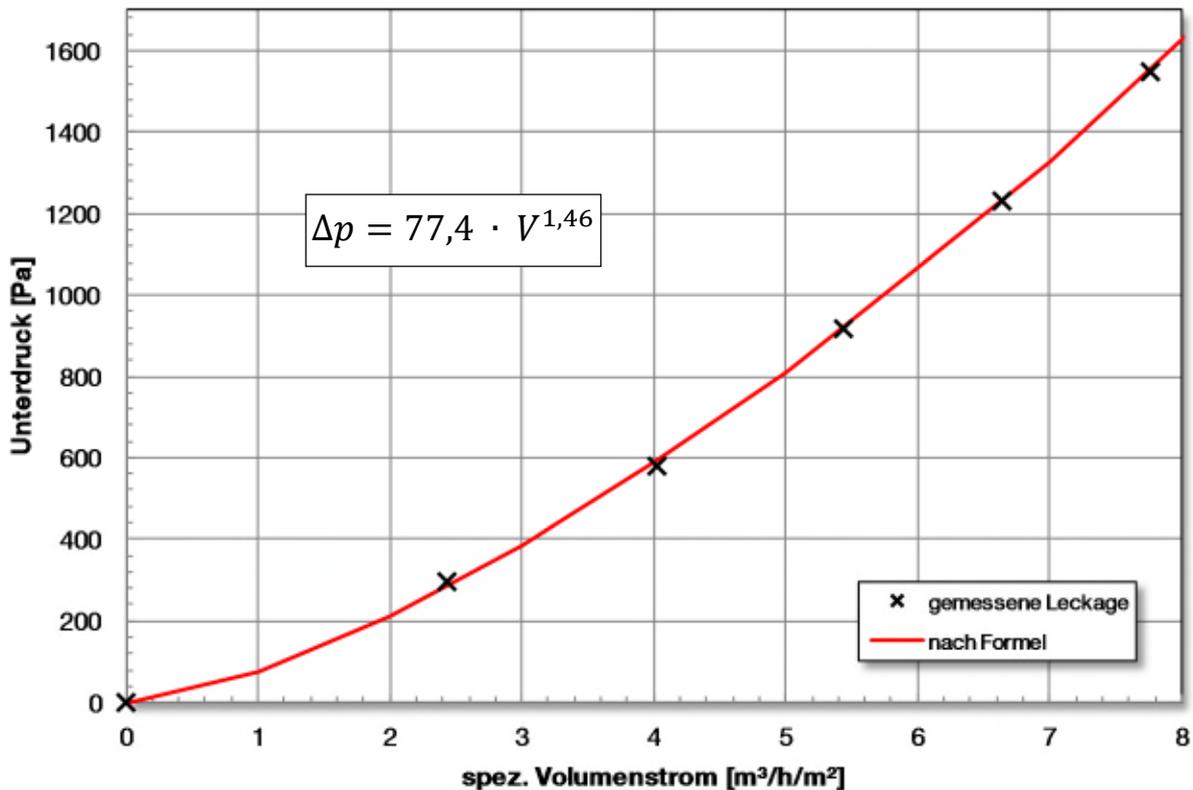


Abbildung 14: spez. Kaltleckage der ganzen Prüfleitung
(einschließlich Kompensator und Abzweigen)

Aus dem Exponenten der Approximationsfunktion lässt sich ablesen, dass eine überwiegend laminare Strömung vorliegt, dass also die Leckage durch sehr enge Spalten und Öffnungen erfolgte.

Tabelle 2: Kaltleckage der ganzen Prüfleitung (einschließlich Kompensator und Abzweigen)

Unterdruck [Pa]	0	296	579	918	1231	1548
Volumenstrom [m³/h]	0	52,5	86,9	117	143	168
spez. Leckage [m³/h/m²]	0	2,43	4,02	5,44	6,64	7,76

Erst anschließend an die Messung der Kaltleckage wurde der Versuchsaufbau wie oben beschrieben fortgesetzt (Anbringung der Einlaufdüsen, Entfernen der Enddeckel an den Abzweigen im Brandraum, usw.).

5.1.2 Brandversuch

Während des Brandversuchs wurde im Brandraum mittels der vier stufenlos regelbaren Ölbrenner die Temperatur anfangs entsprechend der Einheits-Temperatur-Zeitkurve nach EN 1363-1 erhöht und dann auf 600°C konstant gehalten und durch Regulierung der Rauchgasabführung ein Überdruck von ca. 15 Pa in Höhe der Leitungsmitte eingehalten. Die Rauchgase wurden in den vier Ecken des Brandraums am Boden abgezogen.

Vor dem Brandversuch wurde der Brandgasventilator so einreguliert, dass ein Unterdruck von 500 Pa im Leitungsabschnitt nach dem Lochblech herrschte. Dieser Unterdruck wurde während der Dauer des Brandversuchs eingehalten. Mit den beiden Einlaufdüsen am Leitungsende wurde der dabei erzielte Volumenstrom gemessen und daraus die Strömungsgeschwindigkeit in der Leitung errechnet.

Fortlaufend wurden Temperaturen, Drücke, Sauerstoffgehalt und Durchbiegung der Leitungsunterseite⁹ gemessen und aufgezeichnet. Alle Einzelmessergebnisse des Brandversuchs sowie die Beobachtungen während des Brandversuchs und danach sind in Abschnitt 6 zusammengestellt.

Die Brandversuchsdauer betrug ca. 140 Minuten.

Der spezifische Leckage-Volumenstrom lag während der ganzen Beurteilungsdauer¹⁰ unter dem zulässigen Grenzwert von 10 m³/h je m² innerer Oberfläche. Der Raumabschluss an der Wanddurchführung blieb erhalten. Die maximale Verringerung der lichten Höhe der Leitung betrug ca. 1,9 mm, das sind 0,8%. Wird eine ebenso große Einwölbung an der Leitungsoberseite angenommen, so liegt die Verminderung bei 1,6% (zulässig sind 10% nach EN 1366-9).

Beim Kompensator erfolgte ebenfalls keine unzulässige Verringerung der lichten Höhe (festgestellt durch Beobachtung). Während der Brandbeanspruchung wurde bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes der Kompensator symmetrisch zusammengedrückt. Der Kompensator hat die Dehnung der Leitung sofort kompensiert. Es trat dabei eine maximale Kraft von 200 N auf.

Die Leitung selbst ist weder im Brandraum noch außerhalb zusammengebrochen.

5.2 Zusatzformstücke (Probekörper 2 bis 4)

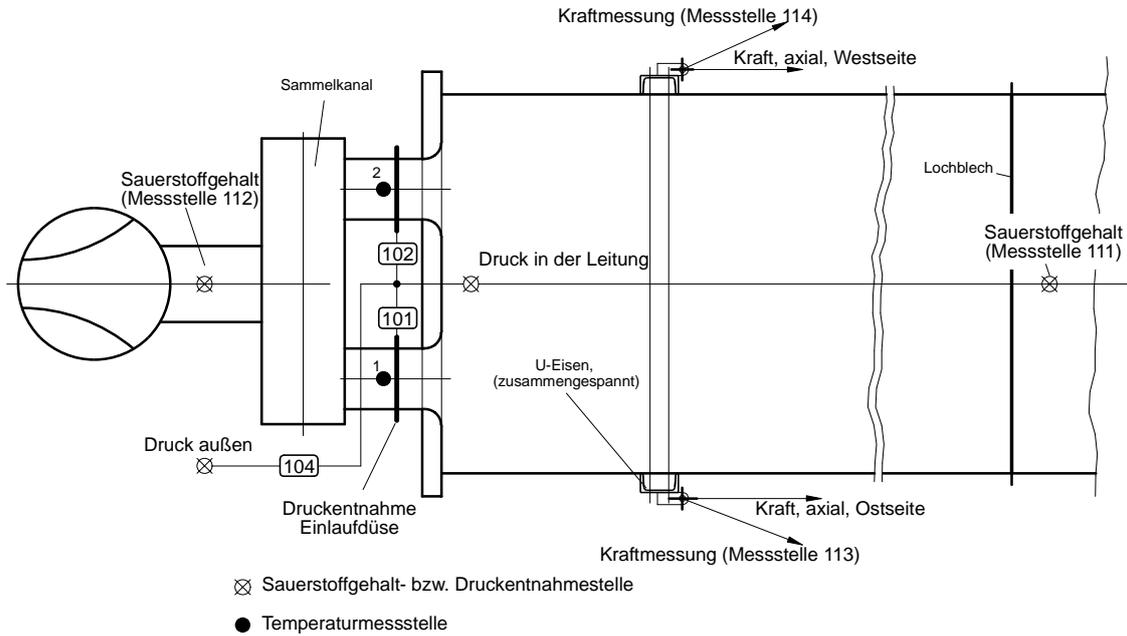
Nach dem Brandversuch wurde festgestellt, dass die mechanische Festigkeit der Formstücke erhalten geblieben war. Es hatten sich keine Falze geöffnet.

⁹ Die Messung einer eventuellen Durchbiegung an der Oberseite ist auf Grund der hohen Oberflächentemperaturen nicht möglich. Sie wurde lediglich visuell bewertet.

¹⁰ Die Berücksichtigung der Sauerstoffgehaltmessung, und damit die Leckagemessung, beginnt lt. EN 1366-9 [2] erst 15 Minuten nach Brandversuchsbeginn (vorher ist die Messung zu ungenau); hier Messung erst ab 29. Minute, wg. Meßproblem mit der Sauerstoffmessung.

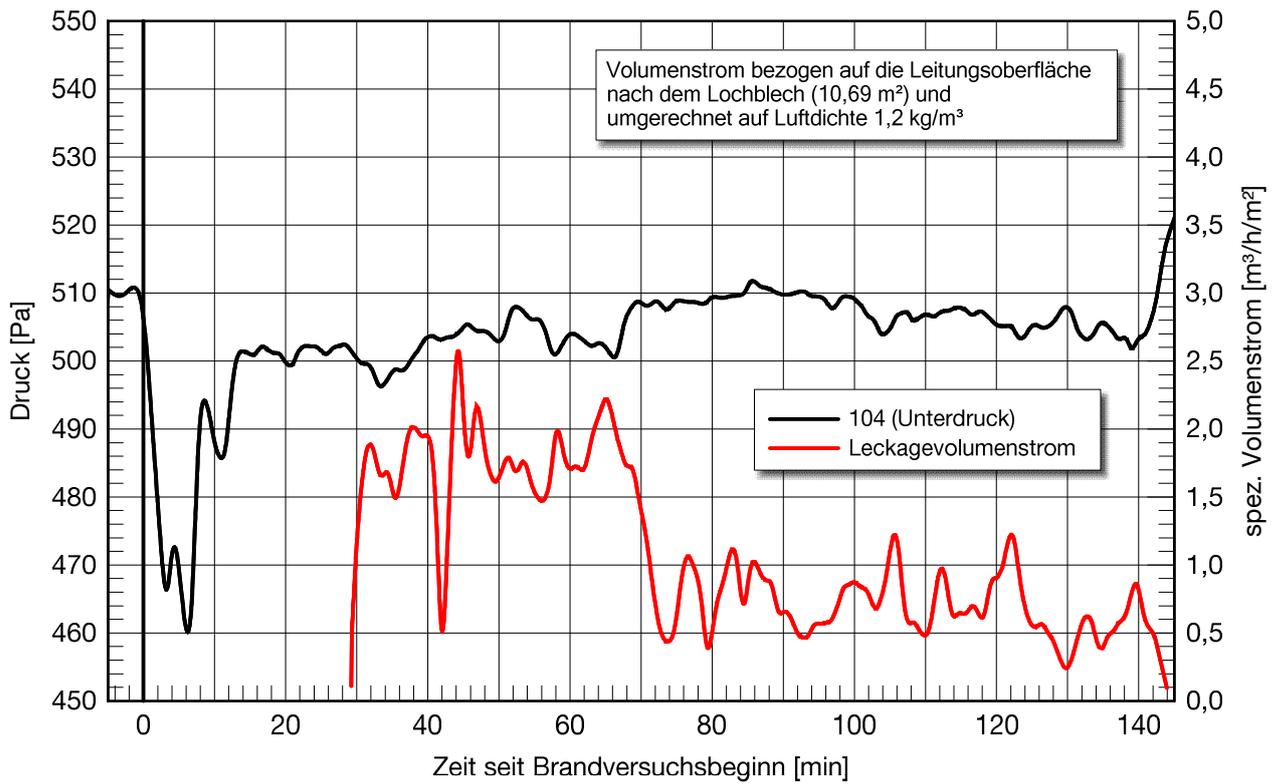
6 Einzelmessergebnisse des Brandversuchs

Anordnung der Messstellen beim Brandversuch:

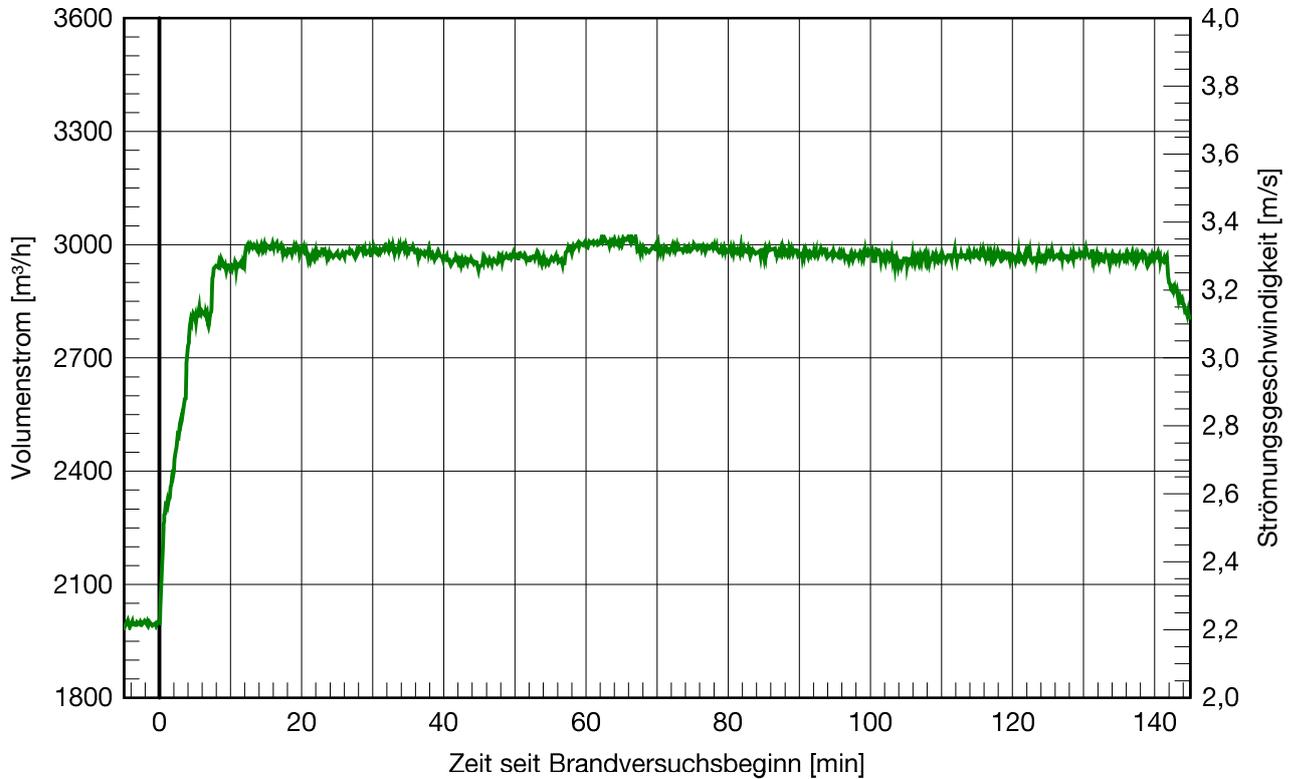


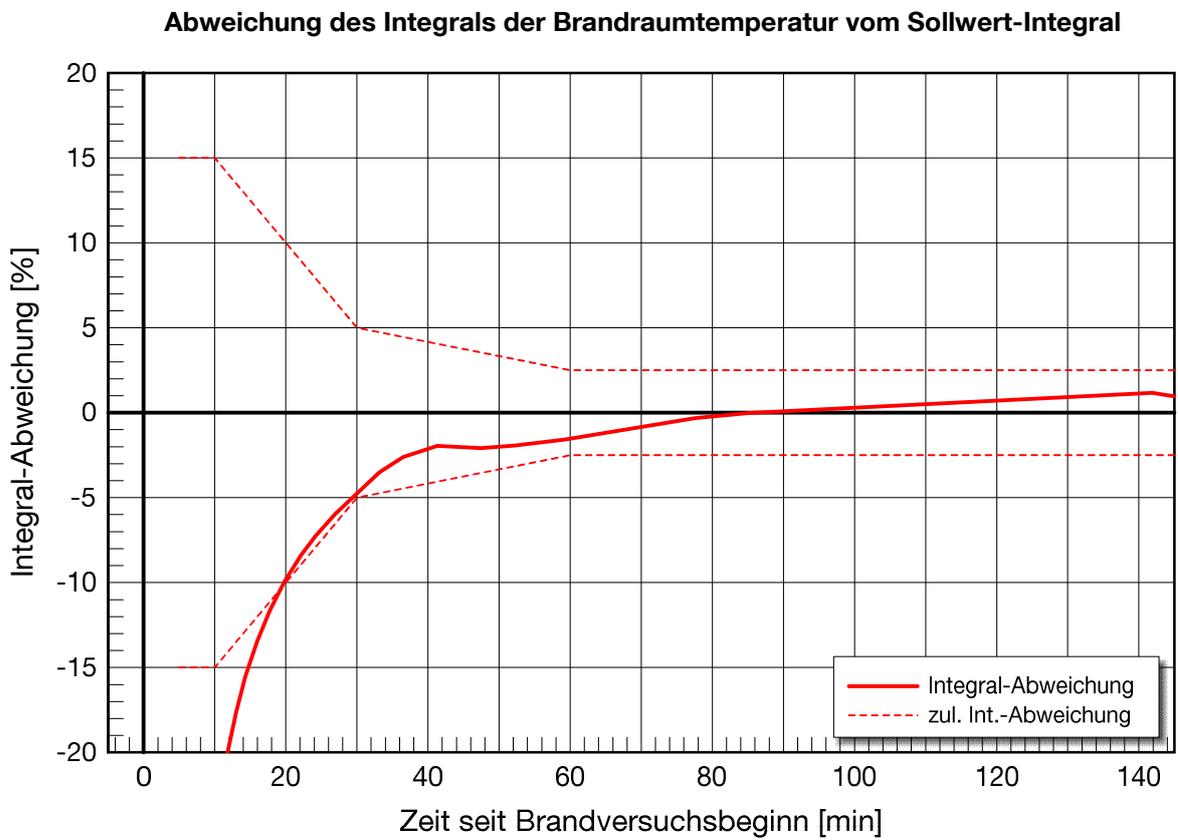
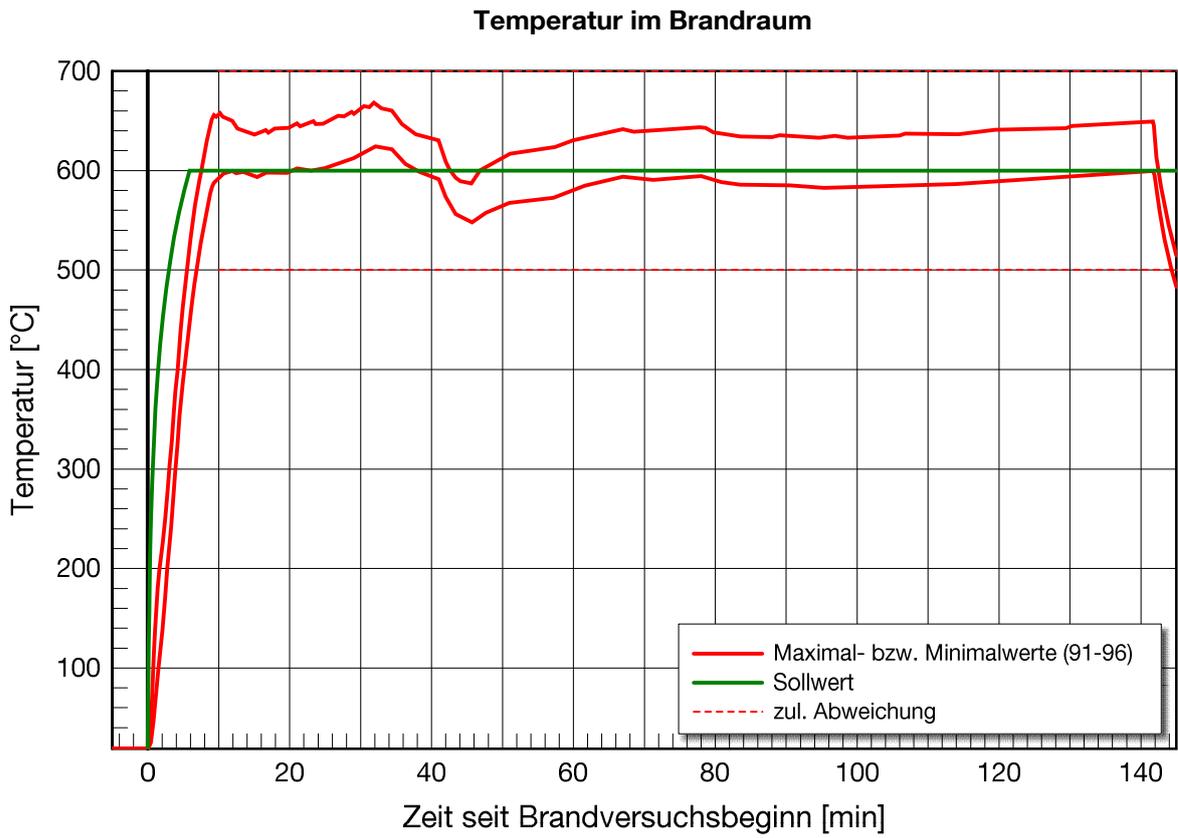
Messstelle	Anordnung
<i>Temperaturmessung:</i>	
1,2	in den Einlaufdüsen (Ost, West)
3	Umgebungstemperatur
91-96	im Brandraum, 100 mm neben der Leitung (Platten-Thermometer)
<i>Druckmessung:</i>	
100	Überdruck im Brandraum gegenüber Umgebung (gemessen in Mitte Leitungshöhe)
101,102	Wirkdruck in den Einlaufdüsen (Ost, West)
104	Unterdruck in der Leitung gegenüber Umgebung
<i>Sonstige Messungen:</i>	
111	O ₂ -Messung unmittelbar vor dem Lochblech
112	O ₂ -Messung im Sammelkanal am Ende der Prüfleitung
113,114	Kraftmessung an der Ost-/Westseite der Leitung
115 - 117	Verformung an der Leitungsunterseite (115 und 117 am Rand, 116 in der Mitte)

Unterdruck und Leckage

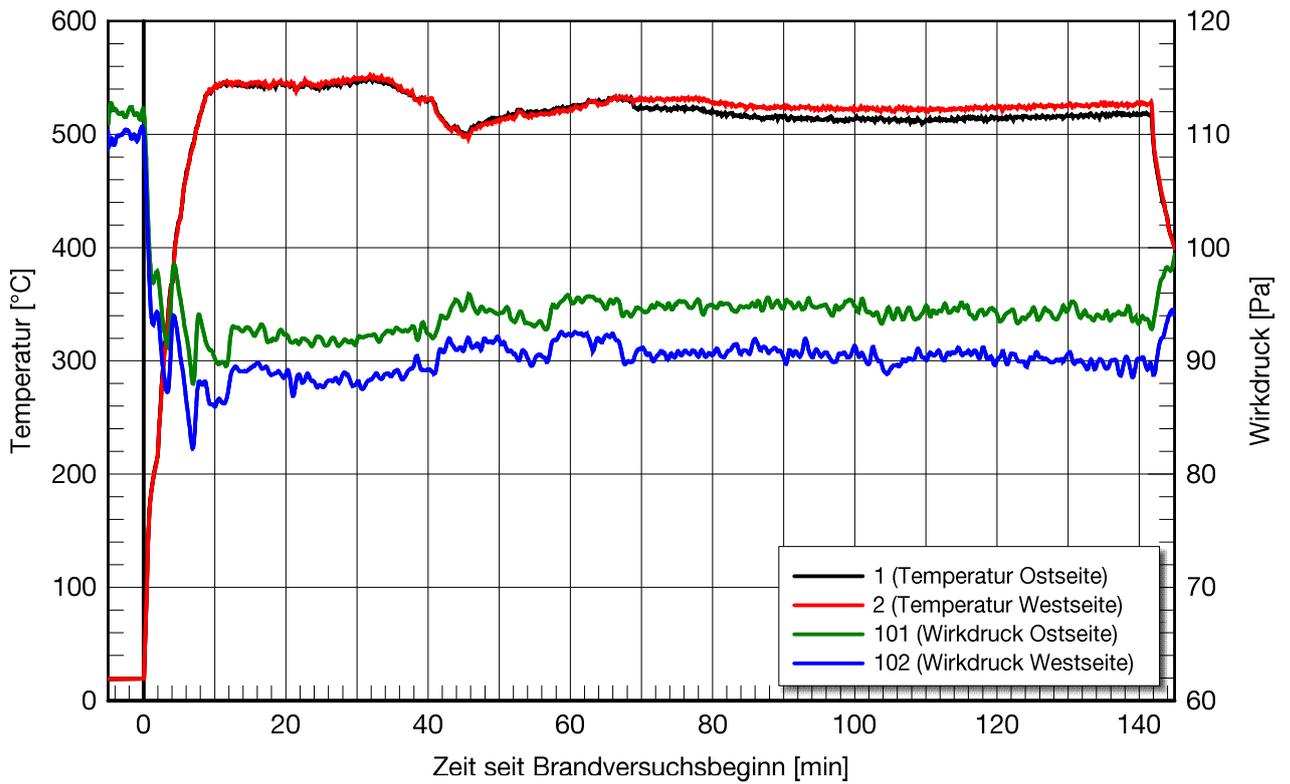


Volumenstrom und Strömungsgeschwindigkeit in der Leitung

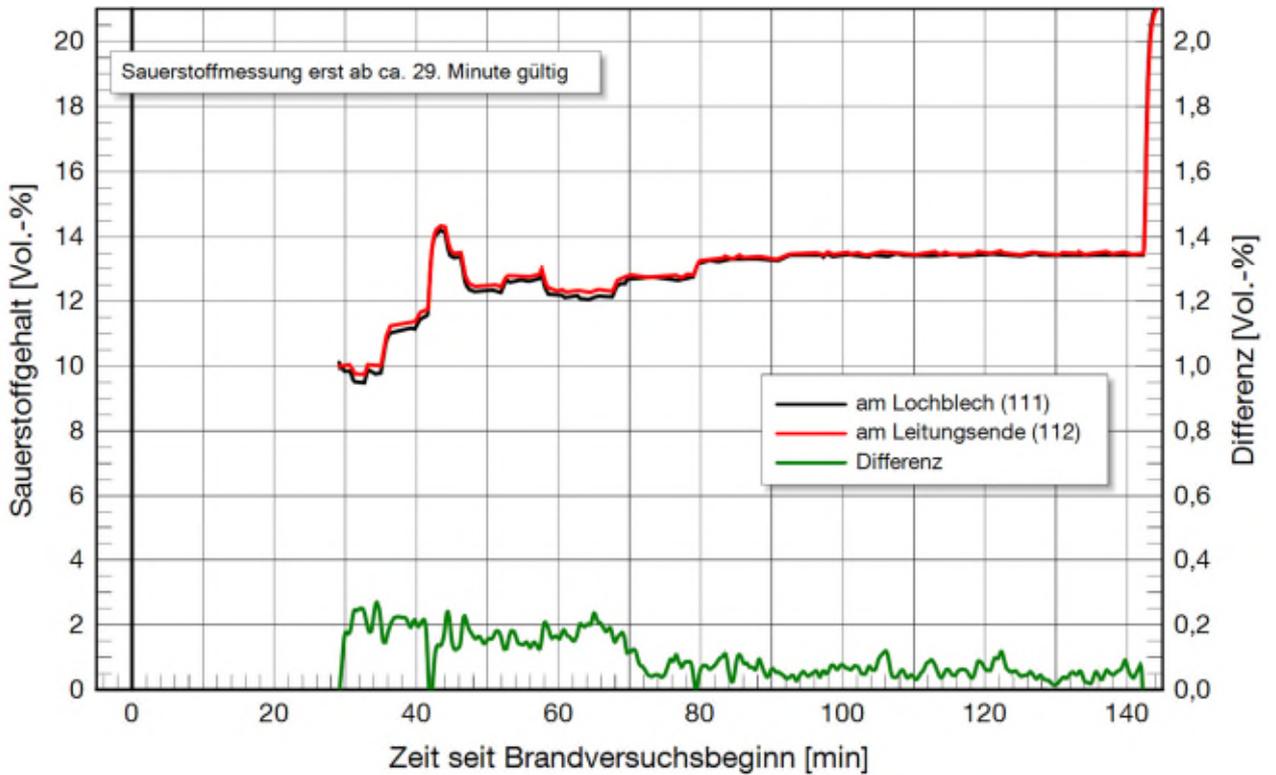


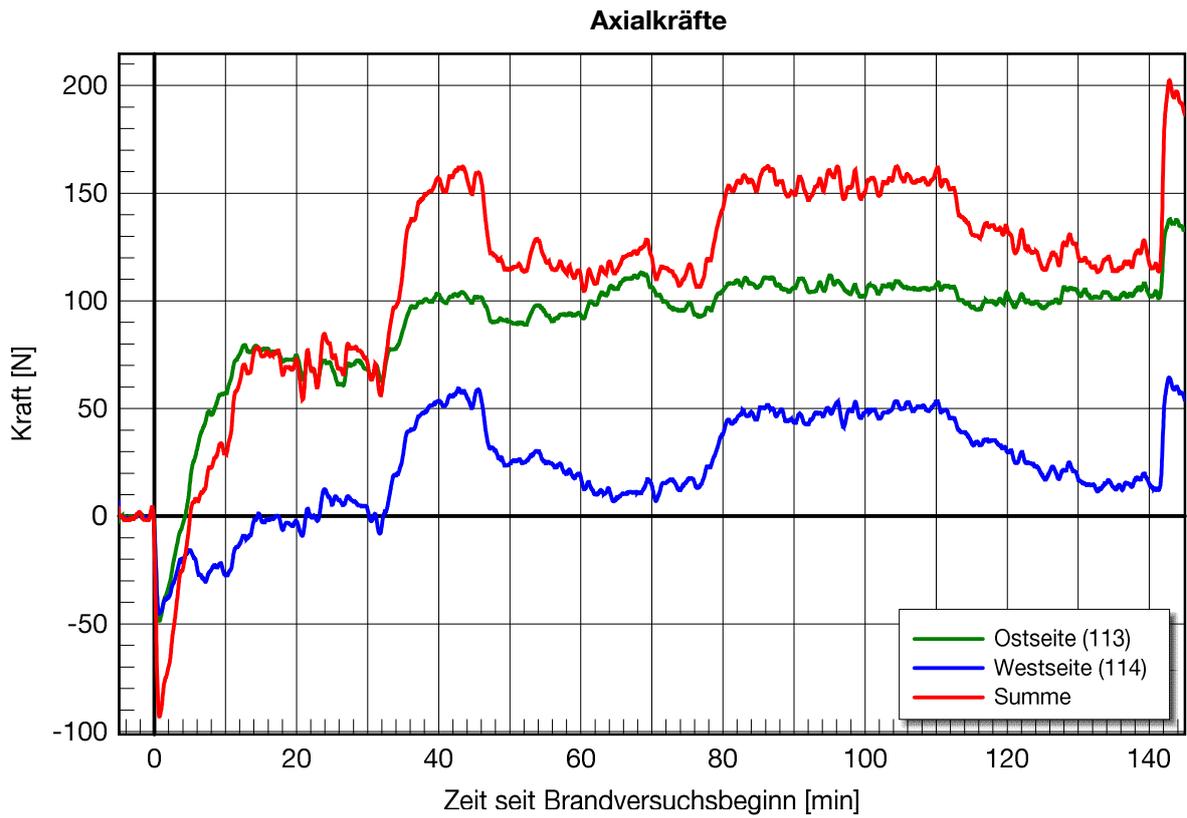


Temperatur und Wirkdruck in den Einlaufdüsen

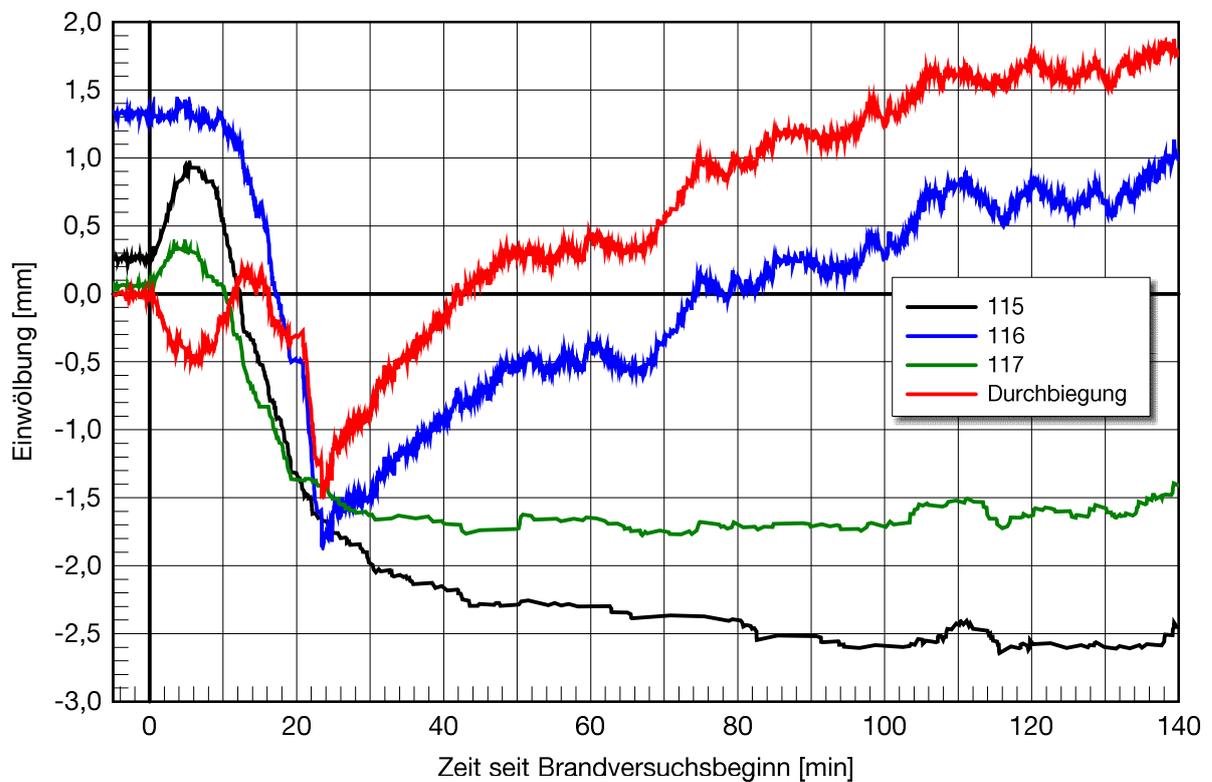


Sauerstoffgehalt am Lochblech und am Leitungsende, sowie Differenz daraus

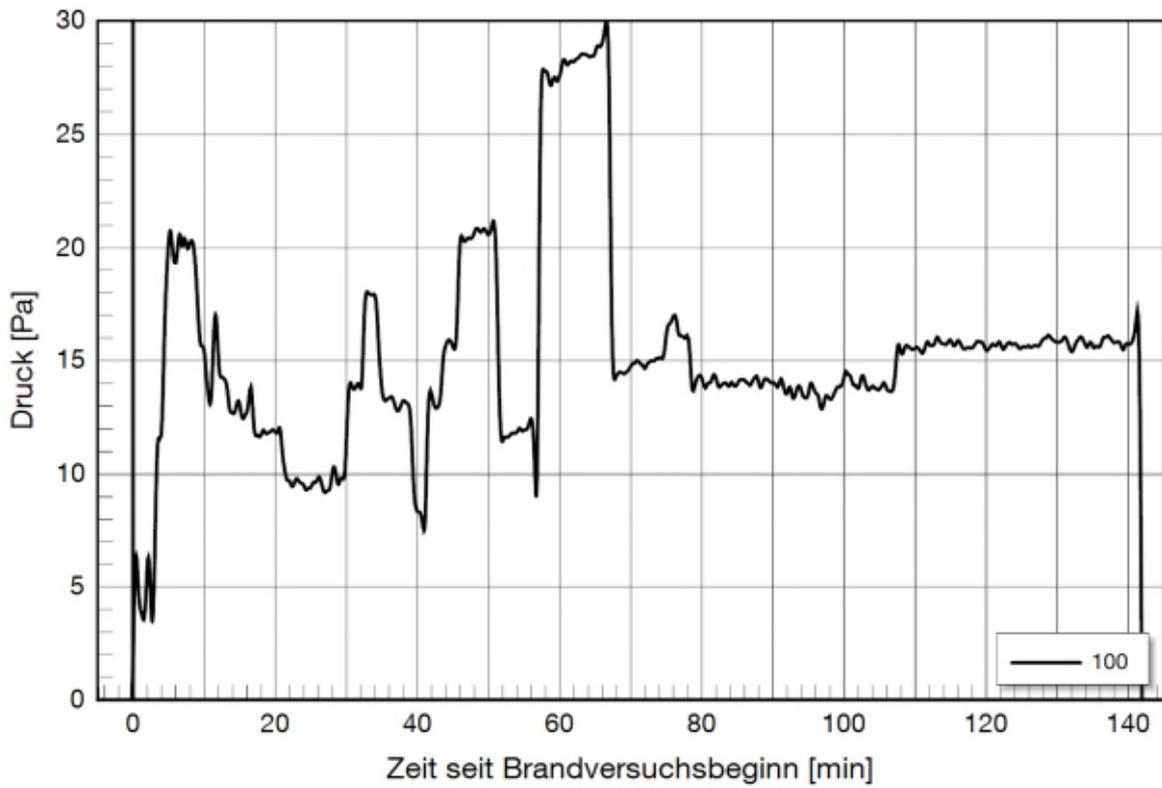




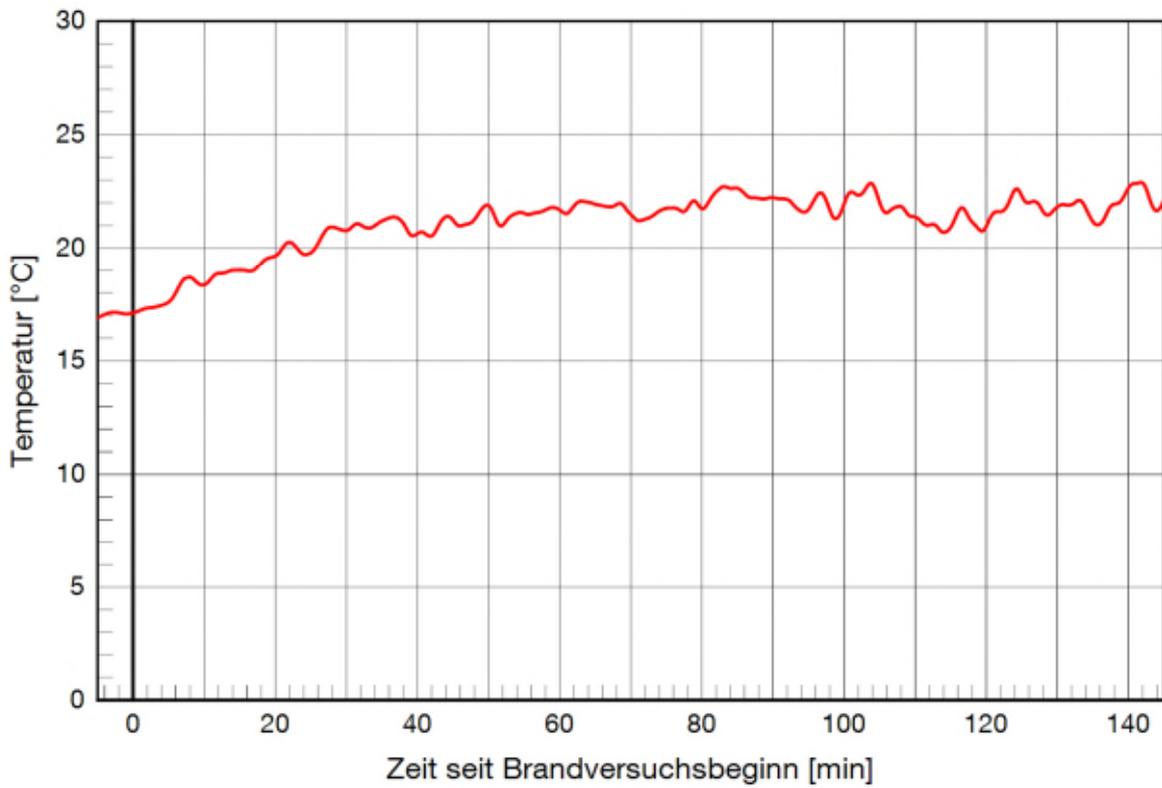
Positionsmessungen an drei Leitungspositionen sowie daraus berechnete Einwölbung der Leitungsunterseite
(positiv = konkav = Querschnittsverringering)



Überdruck im Brandraum



Umgebungstemperatur



Beobachtungen während des Brandversuchs

Zeit seit Brandversuchsbeginn	Beobachtung
< 0 min	Die Sauerstoffmesseinrichtung wird kalibriert
< 0 min	Der Absaugeventilator wird so einreguliert, dass im Leitungsabschnitt nach dem Lochblech ein Unterdruck von 500 Pa herrscht. Dabei entsteht eine Strömungsgeschwindigkeit in der Leitung von ca. 2,2 m/s
0 min	Start mit 4 Brennern
12 min	es wird festgestellt, dass die Sauerstoffmessung nicht funktioniert
29 min	Sauerstoffmessung ist jetzt in Ordnung
40 min	Brenner 3 abgeschaltet
100 min	Flanschabstand des Kompensators beträgt 90 mm
140 min	Abschalten der Brenner
>140 min	Die Sauerstoffmessung wird kalibriert

Beobachtungen nach dem Brandversuch

Die Beobachtungen sind den Fotos zu entnehmen.

Foto 1:

Blick auf die Unterseite der Leitung, nach dem Brandversuch.

IMG_0749.JPG



Foto 2:

Desgl.

IMG_0751.JPG



Foto 3:

Probekörper 2 im Brandraum, nach dem Brandversuch.

IMG_0756.JPG



Foto 4:

Probekörper 2, Detailansicht eines Abhängewinkels, nach dem Brandversuch.

IMG_0757.JPG



Foto 5:

Im Brandraum, Detailansicht eines Abzweigs mit Lüftungsgitter, nach dem Brandversuch.

IMG_0752.JPG



Foto 6:

Desgl., nach dem Abbau.

P1010032.JPG



Foto 7:

Eckabdichtung der Leitung, nach dem Brandversuch.

P1010030.JPG



Foto 8:

Der Kompensator nach dem Abbau.

P1010035.JPG



Foto 9:

Detailansicht des Formstücks mit Lüftungsgittern (Probekörper 3), nach dem Abbau.

P1010046.JPG



Foto 10:

Detailansicht des Krümmers mit
Leitblech (Probekörper 4), nach
dem Abbau.

P1010043.JPG

